

**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS**

Programa MBA de Mineração
Programa de Educação Continuada em Engenharia
Companhia Vale do Rio Doce

**Panorama da Ciência e Tecnologia, Pesquisa e
Desenvolvimento no Setor Mineral**

Nilce Alves Santos
Engenheira Química

Monografia apresentada à
Escola Politécnica da USP para
obtenção do título de
Especialista em Tratamento de
Minérios



**Belo Horizonte, MG, Brasil
Novembro, 2003**

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO	7
2.1	CIÊNCIA (VIEGAS, 1995)	7
2.2	TECNOLOGIA	7
2.2.1	<i>Relação entre ciência e tecnologia.....</i>	9
2.3	INOVAÇÃO	9
2.3.1	<i>Tecnologia e Inovação.....</i>	10
3	CARACTERÍSTICAS DO SETOR MINERAL.....	11
3.1	ESCOPO.....	11
3.2	IMPORTÂNCIA DO SETOR MINERAL.....	12
3.2.1	<i>Âmbito Geral</i>	12
3.2.2	<i>Importância Econômica</i>	14
3.3	POTENCIAL MINERAL.....	14
3.4	ESPECIFICIDADES DO SETOR MINERAL	15
3.5	SETOR MINERAL, CIÊNCIA E TECNOLOGIA.....	19
4	FORMAÇÃO PROFISSIONAL E CAPACITAÇÃO EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (P&D)	22
4.1	SITUAÇÃO GLOBAL (Mc DIVIT, 2002)	22
4.2	SITUAÇÃO BRASILEIRA	24
4.3	CAPACITAÇÃO EM P&D DAS INSTITUIÇÕES NÃO ACADÊMICAS.....	25
4.3.1	<i>Área governamental</i>	25
4.3.2	<i>Centros governamentais de pesquisa</i>	26
4.3.3	<i>Área empresarial:.....</i>	26
4.4	SITUAÇÃO DA CAPACITAÇÃO EM RECURSOS HUMANOS NAS INSTITUIÇÕES DE PESQUISA	26
5	INTEGRAÇÃO UNIVERSIDADE- EMPRESA	28
5.1	CONTEXTO GERAL (STAL,1999).....	28
5.2	CENTROS DE PESQUISA COOPERATIVA (STAL,1999).....	30
5.3	O PROGRAMA AUSTRALIANO.....	32
5.3.1	<i>Fatores de Sucesso</i>	35
5.4	AMIRA INTERNATIONAL.....	37
6	PERSPECTIVAS BRASILEIRAS.....	39
6.1	Os FUNDOS SETORIAIS	39
6.2	FUNDO MINERAL (MARINI, 2001).....	40

6.2.1	<i>Bases Estratégicas e Fundamentos Básicos para o Fundo Mineral</i>	45
6.3	A ADIMB.....	48
7	ATUAÇÃO DA COMPANHIA VALE DO RIO DOCE - CVRD	52
7.1	A CVRD.....	52
7.2	O PROJETO CARAJÁS E O DESENVOLVIMENTO REGIONAL	53
7.3	TECNOLOGIA, PESQUISA E DESENVOLVIMENTO NA CVRD.....	54
7.3.1	<i>Desenvolvimento Tecnológico.....</i>	55
7.3.2	<i>A estratégia adotada pela Tecnologia da CVRD.</i>	56
7.4	FORMAÇÃO E CAPACITAÇÃO DE PESSOAL	58
7.4.1	<i>Formação interna.....</i>	58
7.4.2	<i>Formação geral</i>	59
8	COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES	60

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 – O SETOR MINERAL E SUAS ETAPAS. (ADAPTADO DE VALE, 2001).....	11
FIGURA 3.2 – PREÇO DOS PRINCIPAIS COMMODITIES MINERAIS	16
FIGURA 3.3 – ESTIMATIVA DE DEMANDA PARA COBRE	16
FIGURA 3.4 – CARACTERÍSTICAS DOS EMPREENDIMENTOS MINERAIS E DEMANDAS GERADAS.....	18
FIGURA 7.1 – OPERAÇÕES CVRD.....	53

LISTA DE TABELAS

TABELA 6.1 - GARGALOS DE P&D E RH DO SETOR MINERAL BRASILEIRO E DESAFIOS A SEREM VENCIDOS (MARINI,2001)	42
--	----

LISTA DE SIGLAS

ADIMB – Associação para o Desenvolvimento da Indústria Mineral do Brasil

AMDEL - *Australian Mineral Development Laboratories*

AMIRA – *Australian Mineral Industries Research Association*

C&T – Ciência e Tecnologia

CRC - *Cooperative Research Centres Program*

CSIRO - *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization*

CTPetro - Plano Nacional de Ciência e Tecnologia do Setor de Petróleo e Gás Natural

CVRD – Companhia Vale do Rio Doce

DIPM (CVRD)– Departamento de Desenvolvimento de Projetos Minerais

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

FINEP – Agência Financiadora de Estudos e Projetos

FUA – Universidade Federal da Amazônia

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IWRI – *Ian Wark Research Institute*

JKMRC – *Julius Kruttschnitt Mineral Research Center*

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia

MME – Ministério das Minas e Energia

P&D - Pesquisa e Desenvolvimento

SNI – Sistema Nacional de Inovação

UERJ – Universidade Estadual do Rio de Janeiro

UFBA – Universidade Federal da Bahia

UFC – Universidade Federal do Ceará

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UFMT – Universidade Federal do Mato Grosso

UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto

UFPA – Universidade Federal do Pará
UFPE – Universidade Federal de Pernambuco
UFPR – Universidade Federal do Paraná
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
UnB – Universidade de Brasília
UNESP – Universidade Estadual Paulista – Júlio de Mesquita Filho
UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas
UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos
USP - Universidade de São Paulo

1 Introdução

Dentro de fóruns tecnológicos gerais, é muito comum escutar, na forma de lamento, que o Brasil é somente um exportador de bens naturais – particularmente minério e produtos agrícolas, de baixo valor agregado - e de que deveria, dentro de um plano estruturado de desenvolvimento de C&T, ter um foco em atividades tecnológicas de ponta.

Este tipo de afirmativa mostra uma percepção simplista e reflete a má imagem do setor mineral junto à sociedade, mesmo nas esferas mais esclarecidas, não somente em termos gerais, mas dentro da idéia distorcida e equivocada de que a mineração não envolve ciência e tecnologia. Esta má imagem é observada em todo o mundo e se reflete no pouco interesse e no nível de desenvolvimento de novos profissionais para a indústria: recentemente, muitos cursos de Engenharia de Minas tem sido fechados por falta de inscrições suficientes. Como consequência, a capacitação em P&D também se reduz.

Nos últimos anos, muito esforço vem sendo feito pelo setor mineral para mudar esta imagem, reverter os efeitos prejudiciais na capacitação profissional para indústria, ensino e pesquisa, bem como para aprimorar processos e avaliar formas de atuação condizentes com as necessidades ambientais e sociais.

De fato, as demandas por bens minerais seguem crescendo e o setor mineral precisa ampliar suas atividades continuamente, de forma cada vez mais eficaz. Neste quadro, em que a indústria necessita crescer, atender as demandas de produção, aprimorar-se em várias esferas e mudar sua imagem, profissionais capacitados são de extrema importância, tanto na atuação dentro da indústria, como no apoio em P&D. Esta necessidade contrapõe-se ao quadro atual de atratividade dos cursos de Engenharia de Minas e à pouca estruturação setorial em termos de P&D.

Assim, a reversão do atual quadro do setor mineral, particularmente no Brasil, deve passar por uma articulação estruturada entre Universidades – Empresas – Centros de Pesquisas, com apoio governamental.

O melhor exemplo de sucesso para este tipo de integração, em especial no setor de mineral, encontra-se, hoje, na Austrália. Com um sistema estruturado de desenvolvimento de estudos e projetos conjuntos Universidade – Empresa- Centros de Pesquisa, a Austrália tornou-se centro de referência mundial em termos de P&D na mineração, dispondendo de diversos centros de

pesquisa e boas universidades com cursos de Engenharia de Minas. Além disto, a conjuntura política australiana favoreceu o desenvolvimento de estruturas coordenadas, sob a forma de centros de pesquisas cooperativos; a indústria, por sua vez, apoiou as iniciativas e o conjunto tem gerado bons resultados para as empresas participantes e para o setor em geral.

Dentro deste contexto, esta monografia tem como objetivo:

- Apresentar informações para uma reflexão sobre o papel e a importância da ciência e tecnologia e da pesquisa e desenvolvimento dentro do setor mineral.
- Consolidar, em um documento, os principais estudos relativos ao setor em sua relação com a situação atual do desenvolvimento tecnológico do país.
- Situar a CVRD e sua atuação neste contexto.

O texto trata dos conceitos de Ciência e Tecnologia, as especificidades do setor mineral e a formação de seus profissionais, a integração Universidade-Empresa-Centros de Pesquisa, as iniciativas para aprimoramento do setor no País e a atuação da CVRD.

Em Anexo, são apresentados os principais centros de pesquisa e universidades atuantes no Setor Mineral no Brasil, Austrália e Estados Unidos.

2 Ciência, Tecnologia, Inovação

2.1 Ciência (Viegas, 1995)

No sentido mais amplo e genérico, ciência é o conhecimento das coisas por intermédio das causas. Esta é uma definição clássica, de sabor escolástico, mas fundada tanto na etimologia e na tradição das escolas como na realidade dos fatos.

A palavra ciência – *scientia*, no latim - prende-se ao grego *σχιζω* ou *κειω* que significam “separar”, “dividir”, “partir ao meio”. Este é o papel da ciência: por meio dela, a mente, separando a causa do efeito, percebe a relação entre os fenômenos. Desta forma, a mente ordena e organiza a realidade. Por ser uma relação de causa e efeito e sendo esta uma relação necessária, a ciência cumpre suas duas funções. Em primeiro lugar, a afirmação científica tem a capacidade de explicar, ou seja, de dizer porque ocorre determinado fenômeno. Em segundo lugar, a ciência tem poder de previsão, visto que, uma vez posta, a relação causal é necessária, ou seja, dadas as causas – conjunto de condições necessárias e suficientes – inexoravelmente ocorre o efeito. Neste sentido, ela distingue-se da constatação, que apenas percebe os fenômenos, não se preocupando em relacioná-los com uma causa.

À ciência, pode-se aplicar o mote *seja eterna enquanto dure*, pois, apesar de, pela própria formulação, estar sempre em situação de ser refutada e, portanto, ser provisória, precisa ser coerente, consistente e geral.

A ciência deve ser *coerente*, ou seja, não pode ser contraditória, pois, como expressão das relações causais da natureza, a possibilidade de causas contraditórias simplesmente destruiria a possibilidade de existência do objeto. A ciência deve ser *consistente*, isto é, enquanto não for refutada, pressupõe-se que a assertiva científica não esteja limitada no tempo presente, passado ou futuro. Aliás, esta é a função pragmática básica da ciência: a capacidade de prever. Sem esta capacidade a ciência se torna inútil, pois não mais poderia servir de orientação para o ser humano. Por fim, a terceira característica da ciência é a *generalidade*. A afirmação científica deve referir-se a todos os casos aos quais se aplica. Não há ciência do indivíduo. O objeto pode ser particular, mas o conhecimento deve ser geral.

2.2 Tecnologia

A palavra ‘*tecnologia*’ foi usada no século 17 para descrever um estudo sistemático das artes ou a terminologia de uma arte particular. Vem do grego ‘*tekhnologia*’ e do latim

‘*technologia*’, significando um tratamento sistemático. A raiz é a palavra grega ‘*tekhne*’ - uma arte ou um ofício. No início do século 18, uma definição característica da tecnologia era “*uma descrição das artes, especialmente a mecânica*” (1706). Foi principalmente no século 19 que a tecnologia veio significar *as artes práticas* - no sentido da habilidade de um ofício útil¹. Este era também o período do *tecnologista* - *aquele que é versado na tecnologia; quem estuda ou trata das artes e manufatura.* (OED - Dicionário Oxford de Inglês: 1859). O sentido recentemente especializado da *ciência* abriu caminho para uma distinção moderna mais familiar entre o conhecimento – ciência- e sua aplicação prática –tecnologia- dentro de um campo selecionado.

O termo “*técnica*” foi registrado somente em 1817, e definido pelo OED como “*a maneira da execução ou do desempenho artístico com relação aos detalhes formais ou práticos*” (à diferença do efeito geral, da expressão, do sentimento, etc.); *a parte mecânica ou formal de uma arte, especialmente de algumas das artes finas; também, habilidade nesta área; habilidade mecânica no trabalho artístico.* (usado mais geralmente na referência à pintura ou ao desempenho musical).

Em décadas passadas o termo *tecnologia* teve um significado muito específico, limitado e, por isto, livre de questionamentos. Aqueles que empregavam o termo expressavam sobre uma arte prática, o estudo das artes práticas ou as artes práticas coletivamente. Na literatura dos séculos 18 e 19, tais significados estavam claros e não constituíam ocasião para deliberação ou análise. A *tecnologia*, de fato, não era um termo importante nas descrições dessa parte do mundo atualmente chamado de tecnológico. A maioria das pessoas se referia diretamente às máquinas, ferramentas, fábricas, indústria, ofícios e à engenharia e não se preocupava com a *tecnologia* como um fenômeno distintivo.

No século 20, entretanto, a convenção lingüística mudou gradualmente. A *tecnologia* expandiu rapidamente em seus significados denotativo e conotativo. Atualmente, é muito comum no discurso ordinário e acadêmico associar a tecnologia a uma incrível diversidade de fenômenos - ferramentas, instrumentos, máquinas, organizações, métodos, técnicas, sistemas, e a totalidade de todos estes em nossa experiência. O deslocamento no significado de algo relativamente preciso, limitado e trivial para algo vago, extenso e relevante pode ser seguido com as definições no dicionário Webster. Na Segunda Edição do Webster Internacional (1909) a palavra é dita

¹ Arte [do latim *arte*] S.f. 1. Capacidade que tem o homem de por em prática uma idéia, valendo-se da faculdade de dominar a matéria.: *a arte de usar o fogo surgiu nos primórdios da civilização.*

significar “*a ciência industrial, a ciência ou o conhecimento sistemático das artes industriais, especialmente das manufaturas mais importantes*”. Na terceira edição do Webster Internacional (1961), a definição ampliou-se ainda mais: ‘*a totalidade dos meios empregados por um pessoa para prover-se dos objetos da cultura material*’. Neste aspecto, o conceito formal tornou-se excessivamente vago.

Embora ainda bastante amplo, o conceito de tecnologia elaborado por Ellul, também na década de 60, parece ser mais condizente com o pensamento atual: *a totalidade dos métodos racionalmente alcançados que apresentam eficiência máxima (para um dado estágio do desenvolvimento) em cada campo da atividade humana*. O acréscimo da expressão *eficiência máxima* agrega um sentido muito efetivo ao termo justamente por ressaltar uma busca que está no centro da cultura – e da necessidade - moderna.

2.2.1 Relação entre ciência e tecnologia

Indubitavelmente, existe uma relação entre ciência e tecnologia, na medida em que o conhecimento disponibilizado pela ciência é utilizado para geração de novas técnicas e métodos. Entretanto, esta relação não é linear, é interativa e, assim sendo, seria limitante considerar a tecnologia *somente* como ciência aplicada, embora em algumas áreas, isto seja verdadeiro.

A tecnologia é marcada por propósitos distintos, processos distintos, uma forma diferente de estabelecer conhecimento e uma relação particular com os contextos específicos de uma atividade. A mudança na esfera material é o propósito explícito da tecnologia, e não, como é o caso da ciência, o entendimento da natureza. Da mesma forma, as soluções tecnológicas não são certas ou erradas, verdadeiras ou falsas - como se espera das propostas científicas - porém mais ou menos efetivas, segundo diferentes pontos de vista - técnicos, econômicos, sociais. A tecnologia não é, necessariamente, consequência natural da ciência e tampouco a ciência tem por objetivo final a tecnologia. A tecnologia, para ser concretizada e efetiva, visa resolver um problema, atender uma demanda, e utilizará o conhecimento obtido pela ciência, se este for útil à solução do problema.

2.3 Inovação

Dos conceitos explorados, o de inovação é o mais facilmente expresso. Ainda assim, existem diversas definições de inovação na literatura especializada, sendo algumas mais detalhadas, específicas ou extensas que outras. Em todas elas, é fundamental a idéia de que a

inovação envolve a *aplicação de novos conceitos, processos ou produtos visando gerar ou agregar valor*. Basicamente, os enunciados diferem pelas noções decorrentes desta idéia, que podem ser vistas como respostas às seguintes questões: "o que exatamente caracteriza algo como 'novo'?" e "a que se destina o valor gerado ou acrescido?"

De modo geral, entende-se que este sentido de *novidade* pode advir de algo original e de impacto apenas em uma determinada área, esfera ou setor de atividade e, nesta concepção, o "novo" tem um caráter relativo, não necessitando ser absolutamente inédito em outros níveis. Assim, por exemplo, a robotização de uma atividade pode ser uma inovação em determinado setor da indústria, embora a utilização de robôs não seja algo absolutamente inédito.

O '*valor acrescido*' vincula-se a este âmbito da inovação. Dentro de um foco industrial/empresarial, este acréscimo vem sendo fortemente direcionado para garantir vantagens competitivas, marcadas por uma eficácia superior em relação aos concorrentes, seja em melhoria de qualidade, previsibilidade ou redução de custos, o que leva à incorporação deste acréscimo ao próprio valor da indústria/empresa.

2.3.1 *Tecnologia e Inovação*

Em tese, então, a tecnologia se destina a suprir necessidades e a inovação se destina a agregar valor. Entretanto, cada vez mais, tecnologia e inovação estão intrinsecamente ligadas: a primeira como processo, método e ferramenta para gerar a segunda. A tecnologia vem cada vez mais se destinando a gerar inovação, na medida em que a já citada busca pela máxima eficiência torna-se uma necessidade em si, de forte valor financeiro e econômico, dentro da sociedade moderna.

3 Características do Setor Mineral

3.1 Escopo

O objetivo da atividade mineira é a descoberta, a lavra e a concentração de minérios. Ou seja, as atividades executadas dentro da mineração consistem em:

- descobrir os recursos minerais existentes no subsolo
- trazer o bem mineral do subsolo até a superfície para, finalmente,
- colocar este bem mineral em condições de ser utilizado pelas indústrias metalúrgica, cerâmica ou química. (Chaves, 2002)

A figura 3.1 retrata o perfil sistêmico representativo da cadeia de atividades econômicas de consubstancia o Setor Mineral. A concepção diagramática da cadeia industrial segue o conceito de ciclo integrado de negócios e destaca suas principais etapas e subsetores fundamentais. A proposta tem caráter genérico e aproximativo, sem vínculo com situações específicas eventualmente observadas no aproveitamento de alguma substância em particular ou em nível da estrutura operacional de segmentos de mercado. (Vale 2001)

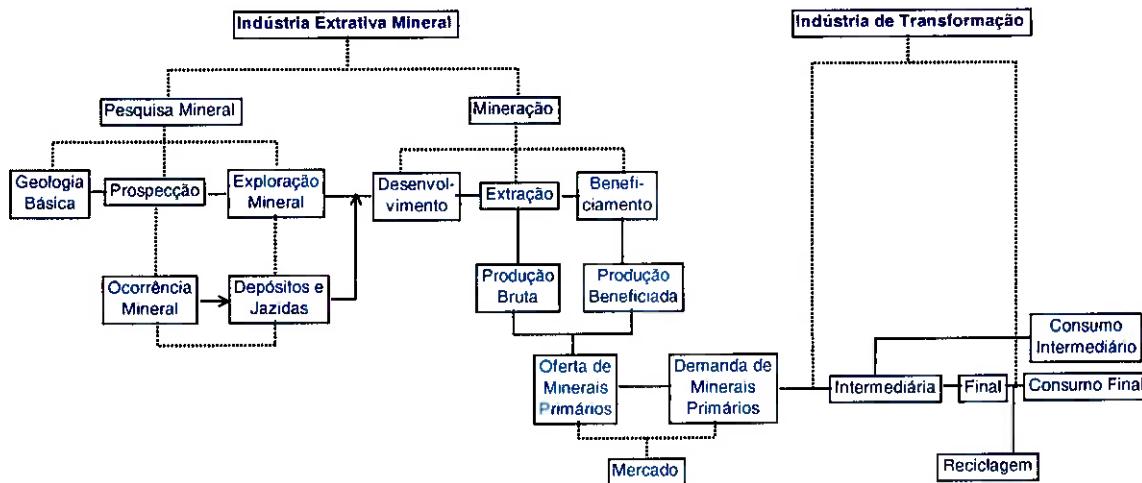


Figura 3.1 – O setor mineral e suas etapas. (Adaptado de VALE, 2001)

3.2 Importância do Setor Mineral

A mineração brasileira ainda não conseguiu se impor, junto à sociedade, como uma atividade industrial. A maioria da população – mesmo a parcela mais esclarecida e a própria imprensa – conserva idéias herdadas do passado, confundindo a indústria mineral com garimpagem ou associando diretamente suas atividades à degradação ambiental. Ademais, como os bens minerais são normalmente usados para elaboração de produtos intermediários e nem sempre são claramente visíveis nos objetos de uso cotidiano, a população tem pouca consciência do papel que eles desempenham na sua vida diária.

Os minerais estão presentes no cotidiano humano sob as mais variadas formas: nas construções, nos fertilizantes que garantem a produtividade da agricultura moderna; na estrutura e nas cores de boa parte dos utensílios e equipamentos usados no dia-a-dia. Quem, por exemplo, tem consciência de que as cores da tela de seu televisor de última geração só são possíveis porque o tubo de imagens é revestido de um composto obtido de um mineral de terras raras?

3.2.1 Âmbito Geral

As estatísticas revelam que cada cidadão brasileiro consome anualmente 264 kg de minério de ferro; cerca de 56 kg de aço, 2,68 kg de alumínio; 166 kg de cimento; 1,29 kg de cobre, 37 kg de fertilizantes (fósforo, enxofre e potássio); e mais cerca de 22 kg de outros metais, além de algumas toneladas de brita, areia, argila, etc. Tais valores, comparados com os de países desenvolvidos, estão em média defasados quase que na proporção de 1 para 10. Apenas a título de exemplo, o consumo anual de aço per capita nos EUA é da ordem de 440 kg por habitante; para o cobre, este valor é de 11,5. Cada habitante dos EUA consome anualmente 301,5kg de minerais usados em fertilizantes, isto é 714% a mais do que o consumo médio brasileiro.

Estes números, se não trazem novidades quanto às distâncias que nos separam dos países desenvolvidos, servem, por outro lado, para mostrar a relação direta entre o consumo de bens minerais e o estágio de desenvolvimento nacional. Consequentemente, a conclusão é de que o crescimento econômico implica diretamente em um maior consumo de bens minerais. As projeções otimistas de retomada de crescimento da economia escondem, sob o véu da inconsciência da importância dos minerais, um desafio a mais para o Brasil: garantir a disponibilidade dos recursos minerais que serão demandadas por uma sociedade afluente.

Além desta relação causal entre desenvolvimento econômico, qualidade de vida e consumo de bens minerais, há outros aspectos não menos relevantes na relação entre recursos minerais e sociedade.

O mais polêmico diz respeito aos impactos ambientais da atividade, comumente associada à destruição do meio ambiente, e, por isso, vista como antagônica aos objetivos do desenvolvimento sustentável. Esta visão é distorcida e ultrapassada, porém, é compreensível, considerando os excessos cometidos no passado, quando a extrema necessidade de bens minerais, somadas às deficiências tecnológicas e, sobretudo, à ausência quase absoluta de consciência e preocupações ambientais, condicionou o surgimento de um modelo de exploração mineral sem qualquer compromisso com o meio ambiente.

Atualmente, todavia, a situação é muito diferente. Todas as grandes empresas mineradoras já incorporaram ações para controle de impactos ambientais e recuperação de áreas utilizadas.

O segundo aspecto importante é o caráter pioneiro da indústria de bens minerais. Destaca-se a sua tradicional condição de desbravadora de fronteiras econômicas e geográficas, abrindo novos espaços para o avanço da civilização e das oportunidades econômicas.

Por isto, a mineração é reconhecida internacionalmente como atividade alavancadora do desenvolvimento. Não é sem razão que a mineração é a atividade que regista talvez a maior contribuição para o desenvolvimento econômico de muitas das principais nações desenvolvidas no mundo, sendo os melhores exemplos disto, o Canadá, a Austrália e os Estados Unidos.

No Brasil, este papel já se evidencia desde os períodos iniciais da história do país, quando a mineração de diamantes e, principalmente de ouro, revolucionou a sociedade colonial, propiciando o surgimento de uma burguesia nacional, intermediária entre os grandes proprietários rurais e os escravos. Mais recentemente, essa característica é constatada no impulso desenvolvimentista experimentado por vastas áreas da Amazônia Oriental e do Centro Oeste.

No esforço visando a esperada retomada do crescimento econômico brasileiro e na busca do desenvolvimento social, a mineração tem, indubitavelmente, um papel fundamental a desempenhar. Embora se reconheça que, na maioria dos casos, os empreendimentos minerais sejam intensivos em capital, também se reconhece a inigualável capacidade que a mineração possui de alavancar o desenvolvimento, na medida em que proporciona a interiorização da população, cria demandas por infra-estrutura e serviços, induz a instalação de indústrias

seqüenciais de transformação e de bens de capital, gerando empregos e renda e reduzindo as disparidades regionais.

3.2.2 Importância Econômica

Nas últimas décadas, as exportações de minérios (83% ferro), além de cobrirem o déficit da conta petróleo no comércio exterior, deram ao país um superávit no comércio de bens minerais da ordem de um bilhão de dólares por ano.

O valor global dos produtos derivados da indústria de transformação de bens minerais brasileiros atingiu cerca de 46 bilhões, correspondendo a 8,3% do Produto Interno Bruto, PIB, o que demonstra ter a mineração uma forte ação multiplicadora e indutora da verticalização industrial.

O montante do valor exportado pelo setor mineral brasileiro, incluindo os segmentos primário, semi-manufaturado, manufaturado e compostos químicos, foi de US\$10 bilhões em 1999 e de 12 bilhões em 2000, representando 21 e 22% respectivamente do total das exportações brasileiras.

O IBGE estima que o setor mineral gera 230 mil empregos diretos e da ordem de 5 milhões de empregos indiretos.

3.3 Potencial mineral

País de proporções continentais, o Brasil hospeda, em seus mais de 8,5 milhões de km², uma grande diversidade de terrenos e formações geológicas que lhe conferem o status de possuir um dos maiores potenciais minerais do mundo. Esta característica, internacionalmente conhecida, é de certa forma demonstrada na importância e na variedade da produção mineral brasileira, que tem grande destaque internacional: o Brasil é um dos principais produtores de minerais do mundo e registra oficialmente a produção de 83 substâncias minerais diferentes.

Os terrenos mais antigos, ou pré-cambrianos, que representam cerca de 42% do território nacional, têm grande potencialidade para a ocorrência de jazidas de minerais metálicos, entre os quais se destacam ferro, manganês, estanho, níquel, cobre, platinóides, cromo, cobalto, chumbo, zinco, e ouro, além de gemas e diversos minerais industriais.

As áreas de formação geológica mais recente, que englobam principalmente as chamadas bacias sedimentares, além dos minerais metálicos – com destaque para bauxita – são

potencialmente favoráveis à existência de depósitos de ágata, ametista, fertilizantes, materiais de construção, diamante, minerais industriais – destacando-se o caulim – e minerais energéticos (carvão, turfa, etc).

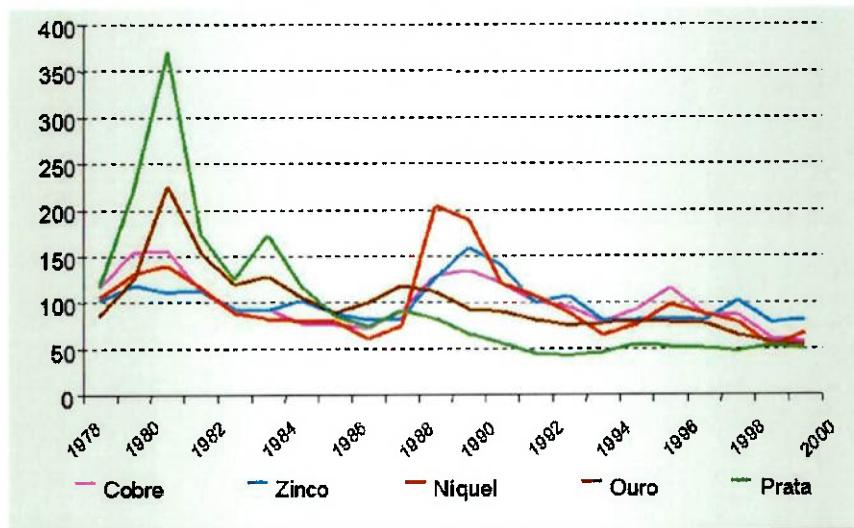
Considerando este potencial e a importância da atividade de mineração, os investimentos em exploração mineral, pesquisa e desenvolvimento e implantação de novos projetos são fundamentais não apenas para o setor, mas também para o desenvolvimento nacional.

3.4 Especificidades do Setor Mineral

A principal característica dos recursos minerais é a não renovabilidade física, a qual representa um condicionante de vital importância para a sobrevivência da empresa de mineração. Na medida em que sua existência dependa do aproveitamento da jazida, em seu planejamento estratégico deverão constar políticas que lhe permitam desvincular sua sobrevivência da exaustão da mina ou, pelo menos, ampliar sua vida útil.

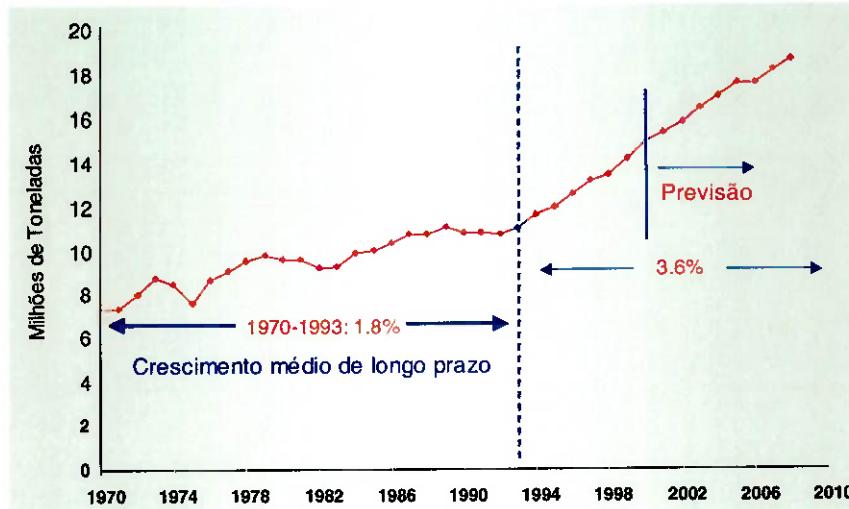
Sob a ótica pública, a não renovabilidade impõe que, em paralelo à problemática do suprimento, os recursos minerais sejam aproveitados o mais eficientemente possível. Disto resulta uma *constante necessidade de aprimoramento tecnológico do beneficiamento mineral, visando a máxima recuperação dos bens explorados com redução de consumo hídrico e energético*.

Quanto ao mercado, em oposição ao quadro de escassez de recursos e complexidade operacional, a *demand*a é crescente. Entretanto, *preço dos commodities minerais vem decrescendo nitidamente numa perspectiva de longo prazo*, enquanto apresenta significativa volatilidade em curtos períodos. A figura 3.2 apresenta a tendência de queda no preço dos principais commodities minerais e a figura 3.3 mostra a estimativa de crescimento na demanda de cobre para os próximos anos.



100 = média dos preços reais (base ano 2000) entre 1979 e 2000 para cada commodity

Figura 3.2 – Preço dos principais commodities minerais



Fonte: CRU International

Figura 3.3 – Estimativa de demanda para cobre

Em um projeto industrial, a localização do empreendimento é uma decisão eminentemente econômica. Contrariamente, esta flexibilidade não é encontrada em *projetos de mineração*, que devem se localizar próximo à jazida. A depender deste local, a abertura da mina irá demandar investimentos adicionais para o suprimento de serviços e facilidades requeridos, tais como energia, vias de escoamento, educação, saúde, moradia. Na medida em que devam suportar esta infra-estrutura, muitos projetos não se viabilizam e, mesmo quando são viáveis,

requerem investimentos mais elevados o que aumenta a escala mínima de produção, exigindo reservas minerais maiores e demandando maiores níveis de alavancagem financeira.

Além disto, cada depósito mineral tem características extremamente individualizadas, independentemente de semelhanças geológicas, topográficas, ou de proximidade geográfica. Como consequência, *cada nova jazida exige um processo de lavra e um processo de beneficiamento desenvolvido especialmente para ela*. Em outras palavras: é impossível adotar, sem uma análise detida, soluções técnicas usadas com sucesso em outros lugares. (Chaves,1997)

Ainda dentro de uma percepção de recursos naturais, *os empreendimentos devem prever, controlar e atuar minimizando e compensando os impactos ambientais* desde a concepção do projeto até as etapas de restauração da flora e fauna após o fechamento do complexo mina/usina.

Este conjunto de características conduz a um *longo prazo de maturação de novos projetos*. Considerando os altos níveis de investimento necessários, é fundamental reduzir os riscos do empreendimento. Para isto, entre a descoberta de um depósito mineral e a implantação da mina/usina são gastos entre 7 e 10 anos de estudos de desenvolvimento e de viabilidade, se não há impedimentos de ordem técnica e o projeto é considerado viável nas diversas as etapas de estudo. Caso haja necessidade de evoluções técnicas expressivas, este prazo pode se estender bem mais. Este é um fator que contribui para a *dependência de pesquisas tecnológicas* e para a elevação dos investimentos totais.

É longo também o prazo de recuperação destes investimentos. Ainda em relação ao tempo, deve-se ressaltar que *a vida útil de um projeto é limitada pela exaustão das reservas minerais*.

Há nítida concentração do negócio em grandes conglomerados, sendo frequentes os processos de compra e fusões de empresas. As grandes corporações mantêm unidades e investem na expansão de negócios em diversas partes do mundo, o que confere um caráter globalizado ao setor.

A necessidade de elevados investimentos reforça a *pressão dos investidores por taxas de retorno altas*, compatíveis com outros negócios de mesmo porte. A figura 3.4 sumaria estes fatores e suas demandas.

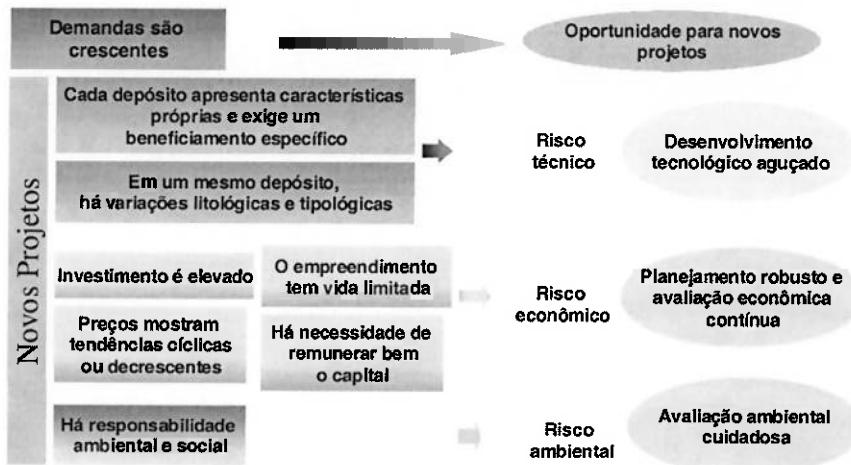


Figura 3.4 – Características dos empreendimentos minerais e demandas geradas

Todos estes fatores estão interrelacionados, influenciando direta e/ou indiretamente as condições econômicas, financeiras, tecnológicas, legais e políticas que afetam o setor. Com base nestas considerações, a *pesquisa mineral*, (aqui abarcando as atividades de levantamentos geológicos básicos, prospecção e exploração mineral, associados a avaliações de processo, engenharia e análise de negócios) representa a primeira e mais estratégica das etapas que compõem o processo de suprimento de bens minerais. Este é um processo dinâmico, que sumariamente pode ser caracterizado pela conversão de recursos geológicos desconhecidos em reservas minerais que, posteriormente, são transformadas em produtos de origem mineral.

Na pesquisa mineral, o enfoque empresarial é fundamentado, basicamente, pelo confronto entre custos e probabilidade de sucesso. Os levantamentos básicos representam, acima de tudo, a geração de conhecimento, o que se configura como de fundamental importância para a maximização da produtividade do capital aplicado nas demais fases da pesquisa mineral. Adicionalmente, os benefícios do conhecimento gerado não são apropriados exclusivamente pelo setor mineral, sendo fundamentais para outras atividades, tais como: planejamento regional, agricultura, levantamento de recursos naturais, recursos hidrográficos, etc.

Deste modo, a evolução tecnológica tem um papel fundamental na manutenção do setor de forma viável dentro de um contexto exigente em suas demandas. Os riscos no desenvolvimento de novos projetos minerais devem ser minimizados ao máximo, o que exige equipes multidisciplinares preparadas e qualificadas, bem como a utilização de técnicas e métodos aprimorados desde a fase de exploração inicial. Os processos desenvolvidos devem considerar todas as demandas e conter soluções técnicas que sejam viáveis econômica e

socialmente, dentro do conceito de desenvolvimento sustentável. O aprimoramento das operações existentes, pela inserção de novos métodos ou equipamentos, também requer conhecimentos específicos.

3.5 Setor mineral, ciência e tecnologia

As inovações tecnológicas podem ser evolutivas ou revolucionárias, as primeiras sendo as mais comuns. Na parte de beneficiamento mineral, por exemplo, o expressivo aumento no tamanho, características e eficiência dos moinhos e células de flotação correspondem a uma inovação evolutiva, bem como os analisadores on-line e softwares de simulação e controle. Tipicamente, estas inovações aprimoram a eficácia do processo com riscos mínimos (ou mesmo sem acrescentar riscos) à operação. Inovações revolucionárias, por outro lado, quase sempre incluem riscos elevados, e a primeira instalação a utilizá-las deve ser extraordinariamente cautelosa, garantindo a execução de estudos de avaliação e confirmação. Um exemplo de inovação revolucionária é uma mudança de processo, como foi a utilização de extração por solventes/eletrorrecuperação para concentração de minerais cobre oxidado, na década de 60, ou como é hoje a utilização de processo hidrometalúrgico para obtenção de cobre metálico a partir de concentrados de minerais de cobre sulfetado.

Existem quatro rotas comuns para o desenvolvimento de tecnologias inovativas:

- Uma empresa ou centro de pesquisa desenvolve uma solução para um problema específico, tipicamente um depósito mineral que é difícil de tratar;
- Uma empresa desenvolve uma nova abordagem para um problema geral da indústria;
- Um inventor ou fornecedor desenvolve uma solução para um problema do setor;
- Uma tecnologia nova é desenvolvida e procura-se aplicá-la dentro do setor.

Na mineração, existem diversos exemplos de sucesso das três primeiras rotas, mas a última costuma falhar. Particularmente para o setor mineral, o processo de desenvolvimento tecnológico é bastante focalizado na solução de problemas e, embora utilize, em maior ou menor grau, conceitos de ordem fundamental, em vários casos, o conhecimento aprofundado do fenômeno é somente obtido *a posteriori*, ou seja, a ciência atende a uma demanda de conhecimento de ordem tecnológica.

Uma comparação com outros tipos de tecnologia é bastante útil. Os *lasers* são talvez o melhor exemplo. Observados pela primeira vez em 1960, vieram não de estudos ópticos, mas de trabalhos para fazer moléculas vibrarem em ressonância com um campo magnético. Vinte anos depois, chegavam ao consumidor comum na forma de *compact discs*. Hoje, são aplicados amplamente na medicina, engenharia e entretenimento, entre outras áreas. A biotecnologia foi ainda mais rápida em sua aplicação. Estes casos configuram um caráter tecnológico que corresponde à aplicação do conhecimento científico.

No beneficiamento mineral, a flotação é um exemplo clássico de tecnologia desenvolvida sem conhecimento prévio do fenômeno. Tendo surgido no início do século passado, até hoje muito esforço científico tem sido dispensado para compreender, controlar e simular o fenômeno. Certamente, o arcabouço de conhecimento gerado é muito útil no aprimoramento das técnicas, porém, o que se observa é que grandes ganhos nesta operação são obtidos por experiências práticas, que posteriormente serão explicadas de modo científico.

Estas constatações absolutamente não intentam gerar juízo de valor comparativo entre ciência e tecnologia. Ao contrário, é importante ressaltar que uma visão de que a tecnologia é independente do conhecimento básico leva a equívocos sérios dentro da condução da C&T no setor, e isto se reflete inclusive na operação de minas e usinas. As melhorias tecnológicas inseridas em um processo não podem abstrair do conhecimento científico do fenômeno. Em outras palavras, o fato de uma determinada abordagem ter (ou não) funcionado não pode excluir a necessidade de responder à pergunta “Por quê?”. Assim, os profissionais que atuam nas companhias mineradoras devem conhecer a fundamentação existente na natureza da jazida, na estrutura dos equipamentos, dos circuitos, nas formas e métodos de controle.

Um bom exemplo para isto são os chamados sistemas especialistas de controle. Estes softwares são utilizados para controlar e otimizar as condições de determinadas operações unitárias e, tipicamente, consistem de sistemas de lógica *fuzzy* e/ou de redes neurais. Para funcionarem, estes sistemas precisam ter regras de controle definidas, por exemplo – *se o minério apresentar teor de ferro acima de 30%, aumente a condição de processo X em Y %*. Ou, de outra forma, os sistemas precisam ser treinados – submetidos a vários dias de operação, com condições distintas e obtendo produtos diversos, de tal modo a *aprender* como o processo funciona e a partir daí, estabelecer as condições. Muito bem, para que esta tecnologia seja efetiva, é necessário que os profissionais conheçam, primeiramente, como o minério pode variar,

quais são as possibilidades de alteração a serem feitas no circuito e que impacto isto pode ter no produto, além, claro, de conhecer como o software funciona. A partir de então, o sistema pode ser ajustado e utilizado. Além disto, na medida do uso, é necessário que haja um acompanhamento do controle, para que as eventuais melhorias proporcionadas pela utilização do programa possam gerar novos conhecimentos, num ciclo de melhoria contínua do processo.

Também cabe ressaltar que, por ser atividade primária, a mineração está diretamente ligada à natureza, cujas variações expressivas são difícil controle. A partir de um minério absolutamente variável em suas características, é necessário produzir concentrados bastante homogêneos em suas características. O conhecimento da geologia, do minério, das operações, das necessidades para os produtos, requer uma equipe multidisciplinar de profissionais altamente capacitada e o suporte de P&D dentro do setor.

4 Formação Profissional e Capacitação em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)

4.1 Situação Global (*Mc Dirit, 2002*)

A indústria mineral necessita de uma formação contínua de profissionais aptos para o mercado de trabalho e para o desenvolvimento de atividades de P&D. Inicialmente, deve-se reconhecer que como o desenvolvimento mineral tem se tornado mais complexo e técnico, o treinamento dos profissionais da indústria mineral deve ser ajustado para acompanhar este desenvolvimento.

A situação varia de país para país, mas a tendência é clara. Na maioria dos países industriais onde a mineração não é mais a indústria dominante (Inglaterra e Japão, por exemplo), a Engenharia de Minas como um campo discreto está em declínio. Em muitos casos, esta área tem se tornado uma opção da engenharia civil ou parte de um programa de engenharia ambiental ou de engenharia de recursos. No Japão, onde 20 anos atrás havia departamentos de Engenharia de Minas em muitas das principais universidades, a Mineração é agora lecionada em uma série de cursos em departamentos de engenharia ambiental. Esta tendência é mais notável na Europa e América do Norte, onde as escolas de Minas, antes relativamente comuns, agora são uma raridade. Na última década, o número de programas de Engenharia de Minas na Inglaterra caiu de 10 para 3 e, nos últimos cinco anos, os programas nos Estados Unidos reduziram de 27 para 22, com novas reduções previstas.

Considere-se o que ocorre em algumas das boas Escolas de Minas dos Estados Unidos. Na Henry Krumb School of Mines na Universidade de Columbia, a primeira a ser estabelecida nos EUA, a Engenharia de Minas é agora ensinada sob o título de Engenharia Ambiental e da Terra (*Earth and Environmental Engineering*), com um número muito limitado de inscrições. Na Universidade do Estado da Pensilvânia, a Engenharia de Minas é ensinada no Departamento de Energia e Engenharia Geo Ambiental.

Recentemente, a Royal School of Mines em Londres tornou-se parte da *T.H. Huxley School of Environment, Earth Science and Engineering*, mas esta mudança não salvou o programa. Em agosto de 2001, a *Huxley School* foi fechada devido à baixa procura.

Na Escola de Minas de Paris, a pesquisa em minerais continua a ser conduzida em alguns programas especiais, mas os cursos de graduação são limitados e a mineração é tratada em uma

série de programas de pós-graduação de um ano, muitos dos quais incluem considerações ambientais.

A situação na Europa Oriental e na China é bastante diferente, as universidades continuam a se devotar à indústria mineral e as inscrições para o curso de Engenharia de Minas não é problema expressivo. Por exemplo, a Universidade Nacional de Mineração da Ucrânia tem departamentos separados para lavra subterrânea, tratamento mineral, sondagem, pesquisa mineral, geologia, equipamentos de mineração e ecologia. A escola conta com 1825 estudantes de graduação e 83 em pós-graduação e há seis candidatos para cada vaga no curso.

Um ponto que afeta o número de estudantes inscritos em um determinado curso é a prática de muitas universidades de alocar um número específico de vagas em cada área – tantas em Medicina, tantas em Direito, tantas em Engenharia Mineral. Isto tem implicações quando a demanda por vagas em uma determinada área excede, em muito, o número de vagas disponível, mas há uma menor concorrência em outras áreas. Como exemplo, na Indonésia, muitos dos estudantes que se inscrevem em Engenharia de Minas teriam preferido cursar Engenharia Civil ou Farmácia. Entretanto, como muitas matérias do currículo mínimo da Engenharia recebem crédito total em outras áreas, os estudantes se inscrevem nos cursos de Minas com a intenção de mudar tão logo haja vaga em seu campo preferido. O mesmo acontece em algumas universidades da Ásia e da América Latina, incluindo o Brasil.

Em termos gerais, este pouco interesse pela mineração está fortemente relacionado a uma imagem negativa do setor mineral. No caso da educação em Engenharia de Minas, isto é fundamental, já que os futuros engenheiros deverão ser recrutados entre jovens estudantes de 17-18 anos, que estão escolhendo suas carreiras.

Nos últimos 15 anos, essa problemática da imagem do setor mineral junto à sociedade recebeu pressão considerável a partir da dimensão atribuída à vertente ambiental e, mais recentemente, com a absorção das diretrizes de maior amplitude que qualificam o conceito de desenvolvimento sustentável. Deste modo, as grandes empresas do setor tem realizado esforços expressivos para mudança de imagem, o que inclui patrocínios culturais, exposições em museus, visitas às usinas abertas ao público, publicidade e propaganda, entre outras atividades.

4.2 Situação Brasileira

A maior parte das atividades de P&D no setor mineral em execução no país com o apoio do MCT concentra-se nas Universidades / Centros de Pesquisa. Em geral, apresentam íntima relação com os cursos de pós-graduação nas áreas afins. Desta forma, a capacitação nacional atual em P&D é diretamente proporcional ao número de cursos de graduação e de áreas de concentração em pós-graduação, além do número de institutos/centros de pesquisa nas diferentes subáreas do Setor Mineral.

Existem no país, 20 cursos de graduação em geologia (UFMG, UFOP, USP, UFBA, UFRJ, UNISINOS, UNICAMP, UNESP, USP, FUA, UNB, UFRGS, UFPE, UFC, UFRN, UFPR, UFRJ, UERJ, UFPA, UFMT) e três em geofísica, os quais, além de formarem 400 a 500 graduandos por ano, desenvolvem projetos de P&D em temas de Geologia de Suporte à exploração e de Avaliação de Depósitos Minerais, de Meio Ambiente na Mineração e de Economia Mineral. Sete cursos de Engenharia de Minas operam no país (UFMG, UFOP, USP, UFBA, UFPE, UFRGS, UFPB) e atuam em P&D nas subáreas de Lavra, Beneficiamento Mineral, e Meio Ambiente em Mineração. Seis são as instituições que possuem cursos de graduação e realizam pesquisas em Metalurgia Extrativa e Meio Ambiente a ela associado (PUC/RJ, UFRJ, UFMG, UFRGS, USP e UFOP).

Deste quadro geral, constata-se que existem no Brasil 35 cursos de graduação em subáreas do Setor Mineral, dos quais 23 formam geólogos e geofísicos e desenvolvem P&D em Geologia de Suporte à Exploração Mineral e em Avaliação de Depósitos Minerais, Meio Ambiente e Economia Mineral e atividades associadas; e 13 cursos de Engenharia de Minas e Engenharia Metalúrgica com atividades em P&D em Lavra, Beneficiamento, Metalurgia Extrativa e Meio Ambiente.

São, porém, as instituições com cursos de pós-graduação que detêm a maior capacidade de P&D no Brasil, já que as atividades de pesquisa desenvolvem-se, em geral, através de dissertações de mestrado e teses de doutorado. Atualmente, dezoito instituições (UFMG, UFOP, USP, UFBA, UFRJ, UNISINOS, UNICAMP, UNESP, USP, FUA, UNB, UFRGS, UFPE, UFC, INPE, UFPR, UERJ, UFPA) oferecem mestrado em 26 áreas de concentração e doutorado em 18 áreas de concentração vinculadas a Geologia de Suporte à Exploração e à Avaliação de Distritos Mineiros, incluindo Geofísica. Duas universidades (UFMG e UFRGS) possuem mestrado e doutorado em Engenharia de Minas e Metalurgia (Lavra, Beneficiamento, Metalurgia Extrativa e Meio Ambiente). Uma universidade (USP) possui mestrado e doutorado em

Engenharia de Minas (Lavra, Beneficiamento, Meio Ambiente e Economia Mineral) Duas universidades (UFOP e UFPB) possuem mestrado em Engenharia de Minas (Lavra e Beneficiamento). São três as instituições nacionais com mestrado e doutorado apenas em Metalurgia Extrativa (UFRJ, PUC/RJ, USP) e duas com mestrado e doutorado em Economia Mineral e afins (UNICAMP, UFRJ).

Ao todo, o país possui mestrado em 37 áreas de concentração relacionadas ao Setor Mineral e doutorado em 29. Destas, respectivamente, 26 mestrados e 18 doutorados referem-se às subáreas de Geologia de Suporte à Exploração Mineral e de Avaliação de Distritos Mineiros.

Atuam em caráter permanente nas instituições acadêmicas com cursos e atividades de pesquisa no Setor Mineral cerca de 450 docentes doutores, o que dá bem a dimensão da capacitação técnico científica adquirida pela comunidade acadêmica do país, em conjunto, no setor.

Entre mestrandos e doutorandos, quase dois milhares de pós-graduandos realizam pesquisas em temas genericamente relacionados ao Setor Mineral. Os temas de teses e dissertações desses pós-graduandos representam a essência das atividades de pesquisa de cunho mais aprofundado em vigência nas instituições acadêmicas de geociências e tecnologia mineral.

No que se refere à pós-graduação e à produção técnico-científica, a área de Lavra apresenta um quadro preocupante. Apenas USP, UFOP e UFPB possuem áreas de concentração em Lavra; na UFRGS, a Lavra é uma subárea de Tecnologia Mineral.

As empresas de mineração de grande porte têm procurado o apoio de consultoria internacional para resolver os desafios mais complexos de lavra.

4.3 Capacitação em P&D das instituições não acadêmicas

4.3.1 Área governamental

Na área governamental não acadêmica, poucas são as instituições com atuação em pesquisa técnico-científicas em Exploração Mineral e afins. A CPRM/SGB e o IBGE concentram suas ações em levantamentos básicos e só subsidiariamente em P&D. No contexto estadual, a situação é mais grave, limitando-se a ações isoladas e de pouco significado de algumas secretarias estaduais de mineração e outras instituições.

4.3.2 Centros governamentais de pesquisa

Estes realizam a maior parte das atividades amplamente divulgadas de P&D na área de Tecnologia Mineral. Dentre estes, destacam-se: Centro de Tecnologia Mineral – CETEM (Rio de Janeiro), Fundação Centro de Tecnologia – CETEC (Minas Gerais), Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento – CEPEB (Bahia), Fundação de Ciência e Tecnologia – CIENTEC (Rio Grande do Sul).

4.3.3 Área empresarial:

As atividades de pesquisa técnico-científicas e de desenvolvimento realizadas no âmbito das empresas privadas do setor mineral, na maior parte dos casos, classificam-se como de tecnologia industrial, cujos resultados são considerados como vantagem competitiva própria e não são repassados às demais empresas ou instituições do ramo.

4.4 Situação da Capacitação em Recursos Humanos nas Instituições de Pesquisa

A estagnação do setor mineral brasileiro no final dos anos 80 e na década de 90 conduziu a um quadro bastante negativo na capacitação de pessoal. O Plano Plurianual para o Desenvolvimento do Setor Mineral, elaborado pelo DNPM em 1994, observou o seguinte quadro geral neste período:

- Significativo desmantelamento das equipes de profissionais em órgãos/instituições governamentais e de empresas;
- Grande número de profissionais que abandonaram suas atividades no setor mineral;
- Carência de técnicos e pesquisadores dedicados exclusivamente a projetos de P&D nas universidades;
- Formação de geólogos e engenheiros generalistas e carência de oferta de cursos de capacitação continuada de pessoal nas diferentes subáreas;
- Oferta de cursos de pós-graduação com disciplinas e enfoques em grande parte inadequados para atender às necessidades do setor produtivo;
- Desconhecimento e consequente reduzida utilização por parte das empresas das oportunidades oferecidas pelos programas de governo.

O retorno dos investimentos em exploração e desenvolvimento de novos projetos no final da década de 90, principalmente pela CVRD nas jazidas de não ferrosos em Carajás, tem gerado um movimento de reversão neste quadro, em particular no que se refere aos dois primeiros itens.

Em relação à formação acadêmica e P&D nas universidades, muito ainda precisa ser feito. Dentro do setor mineral, a melhoria na capacitação de RH deverá passar necessariamente, por uma maior integração Universidade-Empresa-Centros de Pesquisa.

5 Integração Universidade- Empresa

5.1 Contexto Geral (STAL, 1999)

A relação entre as atividades acadêmicas e a produção industrial vem sendo objeto de debates e de políticas governamentais específicas em grande parte dos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Os elos entre as atividades de pesquisa e a produção industrial já se tornavam evidentes desde o final do século passado, quando as empresas mais dinâmicas deixaram progressivamente de assentar sua base de inovações exclusivamente nos conhecimentos práticos do pessoal envolvido diretamente nas atividades de produção.

Já a partir de 1870 a indústria química passou a organizar sua atividade inventiva em estruturas complexas de Pesquisa e Desenvolvimento, organizadas em estruturas relativamente independentes da área de produção. A lógica da atividade de busca tecnológica, crescentemente assentada em conhecimentos científicos - num processo de retroalimentação entre ciência e tecnologia -, impunha uma estrutura organizacional diferenciada que pudesse desenvolver suas atividades de modo não restrito aos requerimentos de curto prazo da produção industrial. Na medida em que as empresas passam a estruturar uma área especificamente voltada para inovações, para o aperfeiçoamento de produtos e processos e para a absorção de novos conhecimentos científicos e tecnológicos, lançava-se, institucionalmente, uma base de interação sistemática entre ciência, tecnologia e produção.

Os departamentos de pesquisa e desenvolvimento, estruturados em firmas multidivisionais, constituíam, assim, tanto o locus da realização endógena de atividades de P&D radicais e incrementais quanto a base de interação com o aparato institucional de C&T, sejam as universidades, institutos públicos ou privados de pesquisa ou outras instituições congêneres.

Este modelo generalizou-se no conjunto dos setores baseados nas ciências e intensivos em escala, tais como eletro-eletrônica, automobilística, farmacêutica, entre outras. Em outros setores, cujas inovações são incorporadas na compra de insumos ou equipamentos e/ou na transferência de tecnologia, como é o caso da atividade agro-industrial, a organização da atividade tecnológica ocorreu de modo diferenciado, sendo fortemente dependente dos laços estabelecidos com os fornecedores de insumos e de tecnologia.

Em todo caso, a partir de formas organizacionais diferenciadas, desde o final do século passado, estruturaram-se diversos meios de articulação entre o processo de produção científica, o desenvolvimento tecnológico e a produção industrial.

Ao longo do século 20, este processo consolidou-se e, de certa forma, legitimou o apoio governamental à atividade universitária e de pesquisa. Fortalecia-se a concepção que ficou conhecida como o modelo linear do progresso técnico. Haveria um caminho linear que iria desde a geração de conhecimento científico original, passando pelo desenvolvimento de novos produtos e processos, até o seu lançamento nos mercados nacionais. Esta concepção passa a ser questionada a partir de evidências crescentes que apontavam para a complexidade do processo de desenvolvimento tecnológico e, sobretudo, para a crescente importância das inovações incrementais e dos processos de difusão *vis à vis* as inovações radicais (assentadas em novos conhecimentos científicos). Em particular, o processo de desenvolvimento acelerado do Japão e das economias do Leste Asiático mostrava que os laços entre ciência e desenvolvimento tecnológico poderiam se dar de distintas formas, dependendo das características peculiares dos SNI, notadamente no que se refere ao estágio de desenvolvimento histórico e às características tecnológicas das indústrias locais.

Nos anos 90, novas questões são colocadas que diferenciam, em muito, o contexto tanto no âmbito das empresas quanto da academia. Em primeiro lugar, consolidam-se os processos de desenvolvimento dos novos paradigmas tecnológicos e organizacionais. As ligações mais diretas entre a criação de conhecimento científico e a produção industrial, que caracterizam os momentos de nascimento dos novos paradigmas tecnológicos, deixam de criar expectativas tão promissoras relacionadas ao surgimento de novos atores a partir das universidades. As inovações incrementais ao longo de trajetórias tecnológicas já assentadas tornam-se predominantes, evidenciando o peso decisivo do ator-chave no processo inovativo: as empresas, sobretudo as com porte para competir e estabelecer redes com pequenas e médias empresas de tecnologia e com instituições acadêmicas e de P&D.

Em segundo lugar, ao movimento de globalização produtiva e financeira também se soma um movimento de globalização científica e tecnológica, tornando-se decisiva a participação das instituições públicas e privadas nas redes de conhecimento mundiais. A tecnologia, de um lado, torna-se um bem cujo acesso é buscado em âmbito internacional. De outro lado, os Estados Nacionais procuram restringir a livre difusão do conhecimento científico com maior potencial de gerar inovações. As legislações de propriedade industrial tornam-se mais homogêneas e restritivas (acordos da Rodada do Uruguai) e diversas iniciativas que limitam a difusão de conhecimentos começam a se generalizar, a exemplo de acordos de sigilo por parte de

pesquisadores, de restrições à participação de estrangeiros em certos programas de pós-graduação, da cessão por contrato de eventuais direitos de propriedade.

Em terceiro lugar, o papel do Estado nas atividades de P&D altera-se radicalmente. Por um lado, com o final da guerra fria, a defesa deixa de ser uma área que possui uma legitimidade direta para justificar os gastos públicos em atividades de P&D, tanto nos países ocidentais quanto nos países do Leste Europeu. Por outro lado, a crise financeira dos Estados Nacionais passa a afetar diretamente as universidades, impondo-se questões como seletividade e focalização dos esforços. Enfim, o apoio Estatal à atividade acadêmica passa a ser debatido em praticamente todos os países que possuem uma base de ensino superior e de pesquisa minimamente relevantes. Colocando-se em campos polares, situam-se os que defendem o crescente vínculo das universidades com o mercado como forma de garantir seu financiamento e de focalizar suas ações em atividades comercializáveis e os que vêm esta ligação com as necessidades dos setores econômicos como algo que aniquila o *modus operandi* essencial à atividade de pesquisa, tolhendo sua criatividade e a abrangência de seu impacto, que extrapola o âmbito econômico e produtivo.

Em suma, o contexto dos anos 90 impôs uma reflexão e uma redefinição do papel do Estado e da questão da relação entre a academia e a indústria que atinge praticamente todos os países do mundo. Os vínculos são de fato inegáveis. Estima-se que entre 10% e 30% das inovações provêm de fontes alheias ao sistema produtivo, notadamente das universidades e institutos de pesquisa. Diversas formas de cooperação vêm sendo buscadas, a exemplo de instituições voltadas para a transferência de tecnologia em âmbito regional, os parques tecnológicos, as incubadoras de empresas, a criação de centros de pesquisa cooperativa para intermediar o relacionamento universidade-empresa e acordos para envolver as instituições de pesquisa no treinamento de pessoal qualificado para as empresas. Todavia, as respostas dos Sistemas Nacionais de Inovação têm sido bastante diferenciadas, dependendo fortemente do perfil da estrutura industrial, do modo de organização empresarial e da base institucional das distintas economias nacionais.

5.2 Centros de Pesquisa Cooperativa (STAL, 1999)

O centro de pesquisa cooperativa é uma estrutura organizacional autônoma, sediada em uma universidade e cuja operação é financiada pelo governo, durante certo período, e por várias empresas, de um mesmo setor ou de setores correlatos, que se associam ao centro e pagam taxas

de manutenção. Podem também participar institutos de pesquisa, associações industriais e outras universidades.

As principais atividades de um centro de pesquisa cooperativa são a pesquisa genérica ou pré-competitiva, não proprietária, de interesse do conjunto de empresas associadas, e o ensino de pós graduação, de caráter interdisciplinar, com o envolvimento dos estudantes nas pesquisas realizadas no centro.

Um programa de Centros de Pesquisa Cooperativa é de iniciativa governamental, parte do elenco de ações na área de Ciência e Tecnologia, e motivado pela necessidade de aumento do grau de inovação nas empresas, por meio da utilização dos recursos humanos altamente qualificados das universidades, além do uso de sua infra-estrutura de ensino e pesquisa.

No cenário internacional, existem experiências relevantes de implantação de programas institucionalizados de centros de pesquisa cooperativa, com pequenas diferenças conceituais e organizacionais. Existem programas nos Estados Unidos (*Industry/University Cooperative Research Centers e Engineering Research Centers*), na Inglaterra (*Interdisciplinary Research Centers*) na França (Centres de Recherche Collective e Poles FIRTECH), no Japão (Centers for Cooperative Research), na Alemanha (Frauenhofer Institutes), no Canadá (Networks of Centers of Excellence), na Austrália (Cooperative Research Centres), além de na Irlanda do Norte, na China, e na Coréia do Sul.

Existem motivações específicas, tanto por parte das universidades como das empresas para a criação de centros de pesquisa cooperativa, independentemente de manterem outras formas de colaboração. Por parte das universidades, podem ser citadas:

- Trabalhar com problemas que afetam a indústria, embora mantendo a pesquisa de caráter mais básico
- Melhoria do treinamento técnico de alunos de pós graduação, ao abordar temas de pesquisa mais próximos do mercado;
- Interação com professores de outros departamentos e, em alguns casos, de outras instituições de pesquisa;
- Acesso a melhores equipamentos e instalações;
- Oportunidades para consultoria e contratos de pesquisa específicos, a partir da interação com as empresas associadas;

- Atração de melhores alunos para a Universidade, pela possibilidade de trabalharem com problemas mais concretos, que refletem as necessidades da indústria.

Por parte das empresas, os seguintes aspectos motivacionais são mencionados:

- Expansão geral do conhecimento em área técnica específica;
- Acesso precoce a resultados de pesquisa;
- Melhoria da qualidade da pesquisa industrial – a participação em um centro de pesquisa cooperativa possibilita o aprendizado de novas metodologias de pesquisa e a melhor definição de projetos de P&D;
- Cooperação entre empresas do mesmo setor ou correlato;
- Aumento da competitividade via inovações tecnológicas
- Possibilidade de atrair melhores profissionais (alunos de pós graduação)
- Redução de riscos e divisão de custos da pesquisa com outras empresas

Cabe notar que algumas empresas participam dos centros de pesquisa cooperativa para manterem-se atualizadas quanto às tendências da pesquisa em seu setor de atuação, mesmo quando possuem seus próprios centros de Pesquisa & Desenvolvimento.

5.3 O Programa Australiano

Este foi o mais importante entre os vários programas criados pelo governo australiano, a partir dos anos 80, para promover a interação entre universidades e empresas. Insere-se no âmbito de um esforço maior, que passou a enfatizar a necessidade de o país criar indústrias de alta tecnologia, exportar produtos manufaturados, inovar e integrar as empresas nos mercados mundiais. Novas ações governamentais concentraram-se no crescimento dos investimentos privados em P&D, mediante a concessão de fartos incentivos fiscais, na focalização da pesquisa pública sobre as prioridades nacionais, no aumento da competição entre grupos de pesquisa para a obtenção de recursos públicos e na expansão do sistema educacional.

Até meados da década de 80, o sistema nacional de inovação australiano tinha como principais características: nível médio de gastos com ciência e tecnologia (1,56% do produto

interno bruto – PIB); alto grau de envolvimento governamental, tanto no financiamento quanto na execução de P&D; baixa participação do setor privado e enorme dependência de tecnologia estrangeira.

Estas características resultavam de aspectos estruturais da economia australiana, como:

- a capacidade de produção e exportação de produtos primários, permitiu o desenvolvimento econômico dissociado da aplicação sistemática do conhecimento científico.
- a existência de um setor produtivo dirigido exclusivamente para o mercado interno e protegido por uma política tarifária, além de utilizar-se de tecnologias importadas, não favorecia o desenvolvimento tecnológico interno;
- grandes empresas multinacionais que dominavam a indústria de alta tecnologia e pouco investiam em P&D;
- forte presença do governo nos negócios e nos serviços sociais.

O *Cooperative Research Centres Program* (CRC) é o programa de maior orçamento do *Department of Industry, Science and Technology (DIST)* e constituiu um novo caminho na tentativa de aprimorar as atividades de P&D na Austrália, pela reunião de pesquisadores e usuários da pesquisa para trabalharem em conjunto em setores de relevância estratégica para o país. O modelo desse programa, criado em 1990 por iniciativa do primeiro ministro, foi baseado em centros similares existentes na Inglaterra e nos Estados Unidos.

O termo *usuários da pesquisa* é bastante amplo, podendo incluir empresas individuais, associações que representam setores industriais, organizações privadas de pesquisa e desenvolvimento industrial ou agropecuário e agências governamentais responsáveis.

A motivação principal para a criação do programa foi assegurar que a pesquisa e o treinamento em pesquisa atingissem padrões internacionais nas áreas de maior importância estratégica para o país. Outra grande preocupação do governo era melhorar a qualidade dos programas de graduação e pós graduação em C&T, de modo a não comprometer o futuro desempenho em pesquisa, tanto no setor público como no privado.

Os CRCs são iniciativas conjuntas que reúnem grupos de pesquisas de universidades, institutos de pesquisa federais (majoritariamente a *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization – CSIRO*) e estaduais, órgãos públicos e privados.

Sempre que possível, os centros devem estar localizados dentro ou ao lado de um campus universitário, de modo a facilitar o treinamento de estudantes de graduação e pós-graduação. Quando não é possível alocar os vários grupos componentes em um só local, o centro passa a funcionar com um núcleo principal e uma ou duas filiais, constituindo, assim, redes de pesquisa. Tal situação resultou na propagação das atividades dos centros por todo o país. Nestes casos, os pesquisadores trabalham em suas instituições e reúnem-se periodicamente para discutir o trabalho. Os alunos de pós-graduação fazem, às vezes, estágios de 6 meses em outras instituições componentes do centro, inclusive nas empresas associadas.

O Programa CRC prioriza a realização de pesquisa de alta qualidade pré-competitiva, orientada para aplicações, e que contribua para os objetivos da nação. Os centros devem manter um foco estratégico no longo prazo e utilizar as modalidades de pesquisa contratada e solução de problemas de curto prazo, consultoria e treinamento como forma secundária de atrair empresas e fortalecer a pesquisa cooperativa. O grande desafio é assegurar que os centros realizem pesquisas que de outro modo não seriam desenvolvidas, e que elas representem um aprimoramento das atividades que já estavam em andamento nas instituições participantes.

Cada centro foi concebido como uma pequena empresa e possui um conselho de administração (*Executive Board*) composto por representantes de alto nível das principais organizações participantes e membros independentes, selecionados por sua experiência em negócios, pesquisa e educação. O conselho é responsável pela gestão do centro, bem como pela definição de políticas gerais, pela orientação de pesquisas e pelo orçamento e reúne-se de duas a quatro vezes por ano. Todos os recursos financeiros são controlados pela diretoria executiva do centro, a qual se reporta ao conselho.

As responsabilidades da diretoria executiva envolvem a liderança das pesquisas, a administração do dia-a dia do centro e a implementação efetiva das decisões do conselho. Para isto, conta com o apoio dos chefes dos programas (*Program Leaders*). Através de sua participação no conselho, as empresas têm a oportunidade de influir no desenvolvimento dos centros e também colaborar em todas as atividades, incluindo pesquisa, desenvolvimentos, demonstração e comercialização dos resultados. Algumas empresas têm direito a mais de um voto, no conselho, em proporção ao montante de recursos que alocam ao centro.

Atualmente (2003) existem 64 CRCs recebendo A\$ 145 milhões por ano dos fundos governamentais. As empresas e outros usuários da pesquisa já investiram A\$1060 milhões até o momento, com perspectivas de A\$276 milhões ao longo dos próximos 7 anos.

As áreas de atuação compreendem Tecnologia de Manufatura (12 CRCs), Tecnologia de Informação e Comunicação (8), Mineração e Energia (8), Agricultura e Manufatura Rural (11), Meio Ambiente (16) e Ciência e Tecnologia Médica (9). A área de Mineração e Energia compreende :

- Hidrometalurgia
- Energia Renovável
- Energia Limpa
- Petróleo
- Carvão em Desenvolvimento Sustentável
- Meio Ambiente e Exploração Mineral
- Tecnologia de Mina e Equipamentos
- Descobertas Minerais Preditivas

Já existem claras evidências de que os centros de pesquisa cooperativa estão modificando, positivamente a cultura de inovação na Austrália. Existe grande entusiasmo das empresas e dos demais usuários da pesquisa pelo programa, os quais se mostram propensos a envolvimento maior com pesquisas menos aplicadas e de mais longo prazo. Em muitas empresas, os CRCs constituem elemento essencial da estratégia competitiva ao facilitar o acesso a pessoal altamente qualificado e a resultados de pesquisa na fronteira do conhecimento. Adicionalmente, o programa tem sido forte indutor de investimentos privados em P&D, gerando novas pesquisas nas empresas.

5.3.1 *Fatores de Sucesso*

Os fatores de sucesso do programa podem ser classificados em duas categorias:

Fatores externos (estruturais e conjunturais) relacionados ao ambiente econômico do país, ao nível de competitividade da indústria, às políticas industrial e de C& T vigentes, ao nível de cooperação existente entre universidades e empresas.

Fatores internos (organizacionais e operacionais) relativos à estrutura dos centros no organograma das universidades, ao nível de participação financeira das empresas associadas, à agenda de pesquisa, à transferência de tecnologia, à propriedade dos resultados, etc.

Fatores de Sucesso externos

- Política de C&T vigente e os ambientes científico, tecnológico e econômico: Na Austrália, a motivação foi mudar o perfil tecnológico do país, expandindo os desenvolvimentos obtidos no setor mineral e na agropecuária para novos setores industriais, especialmente os de tecnologia avançada;
- Estabilidade econômica do país que favorece investimentos em P&D;
- Políticas públicas que induzem universidades e empresas à aproximação;
- Apoio governamental ao programa;
- Forte comprometimento da indústria com o programa – participação ativa na gestão dos centros, mediante representação nos Conselhos de Orientação Industrial em que contribui para a seleção de projetos, a divulgação do programa e a atração de novos sócios.

Fatores de sucesso internos

- Alavancagem de recursos – Os centros que têm sido bem-sucedidos em atrair muitas empresas e têm recebido apoio significativo por parte de outras agências governamentais, federais ou estaduais, mobilizando mais recursos, demonstram mais facilidade em recrutar novos membros;
- Compromisso e apoio da alta administração da universidade – A universidade encoraja o crescimento do centro e a participação de novas empresas, mediante a cessão de áreas físicas, equipamentos e instalações; a redução de custos de overhead para as empresas; a busca de apoio financeiro adicional em programas estaduais e fundações privadas; o estímulo à participação de professores e alunos no centro;
- Permanência e comprometimento das empresas associadas – o centro deve ser capaz de atrair grandes empresas do setor, o que funciona como âncora para associação de outras empresas;
- Definição de diretrizes e objetivos comuns de longo prazo;
- Programas de pós-graduação diferenciados;

- Reputação do centro – os centros possuem pessoas altamente qualificadas, produção científica de qualidade e alunos de pós - graduação envolvidos nas pesquisas;
- Processo de avaliação e participação dos avaliadores;
- Mecanismo de transferência de tecnologia para a indústria – através do envolvimento das empresas no acompanhamento das pesquisas ou na sua execução (Austrália).

5.4 AMIRA International

Dentro do setor mineral, e ainda considerando o caso australiano, há uma referência de organização estrutural da integração Indústria – Universidades – Centros de Pesquisas, a AMIRA. A AMIRA, *Australian Mineral Industries Research Association Ltd*, foi fundada em 1959 como parte de um órgão então conhecido como *Australian Mineral Development Laboratories*, AMDEL, com o objetivo de promover pesquisa cooperativa sobre problemas de interesse comum para várias companhias de mineração. Além disto, visava coordenar a pesquisa e desenvolvimento potencial de organismos como as Universidades, CSIRO e outras instituições australianas. Atualmente, a AMIRA atua intermediando e facilitando a pesquisa cooperativa patrocinada pelos seus membros na indústria mineral global, tendo se internacionalizado oficialmente em 1998, quando assumiu o nome AMIRA International e passou a buscar mais intensamente uma integração com outros centros de pesquisa mineral ao redor do mundo. Sem possuir nenhum laboratório próprio, a AMIRA age identificando problemas tecnológicos nas diversas áreas do setor mineral e conectando-os às instituições de pesquisa mais adequadas, sob um projeto de pesquisa que é patrocinado pelas empresas-membro interessadas naquela área. Assim, a AMIRA age como o elo que liga a indústria às universidades e centros de pesquisas de modo a captar e direcionar recursos, gerenciar projetos de pesquisa e gerar soluções técnicas para as demandas tecnológicas das áreas da mineração.

Desde sua fundação, a AMIRA já promoveu mais de 550 projetos que envolveram um quarto de bilhão de dólares em investimentos industriais neste período. Atualmente, possui membros de mais de 80 companhias na indústria mineral na Astrálásia, Ásia, Europa, África, América do Norte e América do Sul.

Estruturalmente, a AMIRA abrange três unidades principais de negócios – Identificação de Recursos, Transformação de Recursos e Desenvolvimento Sustentável. A associação é governada por um conselho composto por 5 – 18 conselheiros eleitos anualmente pelos membros.

O Conselho se reúne duas ou três vezes ao ano, quando são estabelecidas as diretrizes e estratégias gerais para a atuação da Associação em resposta às necessidades de seus membros.

As pesquisas são conduzidas pelos principais centros de pesquisa e universidades australianos, incluindo vários CRCs, e mais recentemente, vem sendo realizados estudos também em outros centros de renome internacional. Podem ser listados:

- CSIRO, nas divisões de Energy Technology, Minerals, Land and Water e Exploration and Mining, entre outras.
- University of South Australia
- University of Melbourne
- University of Queensland
- IWRI – Ian Wark Research Institute
- JKMRC –Julius Kruttschnitt Mineral Research Center
- University of Cape Town, na África do Sul,
- Mintek, África do Sul
- University of British Columbia, no Canadá
- CRCs: Hidrometallurgy, Predictive Mineral Discovery e Mineral Exploration

Este contexto e esta estruturação estratégica sob a forma de um Sistema Nacional de Tecnologia e Inovação tem favorecido muito a evolução da pesquisa e o desenvolvimento do corpo técnico australiano, particularmente no que diz respeito à tecnologia mineral. Hoje, a Austrália é a referência tecnológica no setor.

6 Perspectivas Brasileiras

6.1 Os Fundos Setoriais

Além de definir uma política nacional de C& T clara e de longo prazo, o Brasil precisa realizar, simultaneamente, mais dois grandes esforços: incentivar o desenvolvimento tecnológico empresarial, um dos pontos centrais da agenda de C&T, e construir um novo padrão de financiamento, capaz de responder às necessidades crescentes de investimentos em C&T, que considere, inclusive, novas fontes de recursos. A criação dos Fundos Setoriais é o primeiro passo para responder aos desafios que o país tem que enfrentar.

Inspirado no exemplo bem sucedido do Plano Nacional de Ciência e Tecnologia do Setor de Petróleo e Gás Natural – CTpetro, que entrou em operação em 1999 e teve boa acolhida junto à comunidade de C&T, o modelo dos Fundos Setoriais assegura uma nova forma de financiamento para o setor.

Os Fundos Setoriais são formados por percentuais do faturamento das empresas privatizadas ou por contribuições pela exploração de recursos naturais. Os Fundos são geridos de forma compartilhada, por comitês coordenados pelo MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia), em associação com os ministérios relacionados às áreas-fim e contando, na maioria dos casos, com representantes das comunidades científica e do setor privado.

Espera-se que os fundos gerem um significativo avanço em três pontos:

a. Estabilidade das fontes de financiamento

As restrições de recursos para C&T, em momentos de maior desequilíbrio nas finanças públicas, têm como resultado a interrupção e mesmo o abandono de investigações de grande amplitude e desestruturação de equipes de pesquisa. Com isto perde-se o trabalho já feito com consequências altamente danosas para o país.

A perspectiva de fontes estáveis e diversificadas de financiamento contínuo e assegurada pelos fundos setoriais, possibilitará às diferentes agências a retomada das atividades de fomento em caráter regular. Garante-se assim o funcionamento básico do sistema como um todo.

b. Modelo transparente de gestão de programas

A gestão compartilhada e democrática dos recursos assegura transparência na aplicação de verbas e cria a obrigação de explicar as decisões tomadas a um público muito mais amplo.

c. Interação entre Universidades e Empresas

A criação de um fundo específico para promover a integração Universidade – Empresa, o Fundo Verde-Amarelo, surge como um instrumento legal capaz de aumentar os investimento das empresas em inovações tecnológicas, mediante projetos conjuntos com as universidades.

Em 2001, dez Fundos iniciaram seu funcionamento:

- Energia
- Recursos Hídricos
- Universidade/Empresa (Verde Amarelo)
- Mineral
- Espacial
- Transportes
- Infra-Estrutura (Fundo dos Fundos)
- Petróleo
- Informática
- Funttel (Telecomunicações)

Parte dos recursos em cada fundo deve, obrigatoriamente, ser destinada para projetos a serem conduzidos por universidades e ou centros de pesquisa da região norte ou nordeste do país.

6.2 Fundo Mineral (MARINI, 2001)

Presidido pelo MCT, o Fundo Mineral conta com representantes do Ministério das Minas e Energia, do DNPM, da Finep, do CNPq, da comunidade científica e do setor produtivo no comitê de gestão.

O Fundo Mineral tem como principais objetivos

- promover maior articulação com o setor privado;
- promover a gestão compartilhada dos recursos governo/academia/empresa;
- dirigir o esforço nacional de P&D e RH para resultados sócio-econômicos;
- assegurar que a mineração atue dentro do conceito de desenvolvimento sustentável;
- viabilizar ação sinérgica empresa/universidade/governo;
- estimular o crescimento de pequenas e médias empresas na área mineral através de inovações e apoio técnico;
- conferir maior grau de conhecimento geológico/metalogenético ao território nacional, capaz de atrair investimentos para o setor;
- e atualizar a capacitação dos profissionais do setor.

Não obstante exista uma razoável capacitação laboratorial e de pesquisa nas universidades/institutos de pesquisa e centros tecnológicos (instituições elegíveis para receber recursos do Fundo Mineral), inúmeros desafios e gargalos devem ser equacionados para que o Fundo Mineral atinja estes objetivos.

A tabela 6.1 explicita os principais gargalos e desafios a serem equacionados e vencidos com o apoio dos recursos do Fundo Mineral.

*Tabela 6.1 - Gargalos de P&D e RH do setor Mineral Brasileiro e Desafios a serem vencidos
(Marini, 2001)*

Gargalos	Desafios
<ul style="list-style-type: none"> • Descontinuidade e baixo valor dos investimentos em P&D, substancialmente reduzidos nos últimos anos (de R\$ 22 para R\$ 2,6milhões/ano). 	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecer um fluxo adequado e constante recursos para apoio a P&D e RH em programas/ projetos prioritários e estratégicos para o setor.
<ul style="list-style-type: none"> • Falta de tradição no Setor Mineral em planejamentos estratégicos universidade/governo/ empresa, com definição de gargalos, linhas de pesquisa prioritárias, indicação e orçamento de projetos cooperativos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Induzir projetos-plataforma tripartite em temáticas estratégicas selecionadas pelo Comitê Gestor visando proposições de ações de P&D e RH.
<ul style="list-style-type: none"> • Dominância dos investimentos de P&D em projetos de capacitação laboratorial (3/4 dos recursos do PADCT), sem compromisso na solução de questões técnico-científicas concretas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Centrar o apoio a P&D em projetos com compromisso de resultados concretos em linhas de pesquisa estratégicas e prioritárias, pré-definidas.
<ul style="list-style-type: none"> • Limitado envolvimento, em algumas subáreas do Setor Mineral, da área acadêmica na solução de problemas técnico-científicos de P&D de interesse do setor produtivo. Limitado interesse da área empresarial nos resultados de dissertações e teses da universidades brasileiras. 	<ul style="list-style-type: none"> • Induzir um maior envolvimento da academia em projetos de P&D de interesse empresarial, através da concessão de bolsas de mestrado e de doutorado, como também, apoio financeiro vinculado a linhas ou temas de pesquisa considerados prioritários, além de promover projetos cooperativos universidade/ empresa.
<ul style="list-style-type: none"> • Insuficiência quantitativa, e por vezes qualitativa, dos cursos de aperfeiçoamento continuado de pessoal oferecidos pelas instituições acadêmicas nacionais. Há preferência das empresas por cursos de atualização. 	<ul style="list-style-type: none"> • Encontrar fórmulas que permitam gratificar os docentes que promovem cursos de atualização profissional de curta duração, os quais, seriam financiados por instituições de desenvolvimento técnico-científico e formação de pessoal sem fins lucrativos.

Gargalos	Desafios
<ul style="list-style-type: none"> • Pouca disposição das universidades e das empresas nacionais para projetos cooperativos e multinacionais de porte. 	<ul style="list-style-type: none"> • Promover a aproximação universidade/governo/ empresa desde a fase de definições estratégicas, identificação e proposição de projetos de P&D e RH, como também, na sua execução, acompanhamento e avaliação.
<ul style="list-style-type: none"> • Cooperação internacional em C&T orientada por interesses internos de grupos de pesquisa, com seleção de parceiros internacionais dirigida por ofertas externas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reorientar o processo de cooperação internacional em C&T, objetivando a promoção de resultados específicos, bem como a seleção de parceiros de contextos geológicos e geoeconômicos assemelhados.
<ul style="list-style-type: none"> • Conhecimento geológico/ metalogenético de Região Amazônica (60% do Brasil) insuficiente para a tomada de decisão para investimentos em prospecção mineral na região. Além disso, a capacitação técnico-científica instalada na região é muito limitada (a rigor só na UFPA), consequentemente, existem poucas pesquisas visando a geração/adaptação de equipamentos, métodos e procedimentos adequados à região. 	<ul style="list-style-type: none"> • Criar programas cooperativos, facilidades e incentivos capazes de atrair a comunidade nacional de P&D a atuar na Amazônia, sempre que possível em parceria com pesquisadores locais, de forma a conferir à região maior atratividade e competitividade para exploração/ exploração mineral.
<ul style="list-style-type: none"> • Critérios adotados pelo MCT para conceder bolsas de produtividade aos professores/pesquisadores baseado somente em publicações e orientação de dissertações/ tese. Concessão de bolsas de doutorado e mestrado pelo MCT/CNPq 100% em temáticas de livre arbítrio dos orientadores e orientados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Criar mecanismos de incentivo financeiro para pesquisadores e ofertar bolsas de doutorado vinculadas a projetos prioritários e estratégicos.

Gargalos	Desafios
<ul style="list-style-type: none"> • Inexistência de diagnósticos sérios de carências e de planejamentos estratégicos em P&D e RH para empresas de pequeno porte do Setor, com vistas a inovação e/ou apoio tecnológico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Promover plataformas e encontros de grupos de especialistas universidade/ governo/ empresa, por segmento ou área industrial, para detectar gargalos e oportunidades e definir ações e projetos de inovação e/ou apoio tecnológico. Elaborar estudos de mercado que sejam orientados para essas empresas.
<ul style="list-style-type: none"> • Carência nas instituições nacionais de pesquisa no Setor Mineral de um número adequado de pesquisadores e técnicos de apoio, dedicados exclusivamente a projetos de P&D. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alocar aos projetos estratégicos bolsas vinculadas de desenvolvimento técnico-industrial (DTI), de recém-doutor (RD), de pesquisador visitante (PV) e de apoio técnico (AT).
<ul style="list-style-type: none"> • Regiões de garimpos, suas mazelas e oportunidades. Aproveitamento dos rejeitos de áreas garimpadas e recuperação ambiental. Pequenos depósitos primários não explotados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivar pesquisas no sentido do aproveitamento dos rejeitos dos garimpos e da minimização/ recuperação de seus danos ambientais. Apoio técnico-científico a projetos de aproveitamento de pequenos depósitos minerais.
<ul style="list-style-type: none"> • Participação modesta do setor produtivo no financiamento e co-execução de projetos de P&D. 	<ul style="list-style-type: none"> • Promover a aproximação governo/ empresa com visitas ao planejamento e execução conjunta de projetos de P&D.
<ul style="list-style-type: none"> • Apoio a projetos de P&D com base predominantemente no mérito científico, independentemente de terem ou não caráter estratégico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fornecer apoio prioritário a iniciativas de P&D que potencializem a transformação de idéias e inovações em produtos.
<ul style="list-style-type: none"> • Pouca geração de ciência básica e/ou pesquisas inovadoras em áreas do Setor Mineral brasileiro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Atender a demanda espontânea (balcão) para projetos de P&D de elevado caráter científico e potencial inovador.
<ul style="list-style-type: none"> • Pequeno e médio empresário do Setor Mineral normalmente com pouco conhecimento das normas técnicas e procedimentos comerciais vigentes no mercado internacional, dificultando uma melhor colocação do produto brasileiro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Difundir entre o empresariado nacional os diversos aspectos técnicos, econômicos e comerciais praticados, relativos a sua área de produção, visando certificação que possibilite maior competitividade ao produto.

A aplicação dos recursos do Fundo Mineral deverá seguir as orientações do “Projeto Diretrizes Estratégicas para Ciência, Tecnologia e Inovação em um Horizonte de 10 anos” do MCT, o qual está focalizado:

- na educação para a ciência e tecnologia e no avanço do conhecimento;
- no impacto do desenvolvimento científico e tecnológico sobre o cidadão e sobre o meio ambiente, com vistas à promoção do desenvolvimento sustentável;
- na produção de bens e serviços em uma sociedade caracterizada por desigualdades regionais e sociais;
- nos projetos mobilizadores nacionais e nas estratégias de exploração econômica das últimas fronteiras brasileiras;
- e nas questões que inibem a inserção da ciência, tecnologia e inovação na agenda do desenvolvimento econômico e social do país.

6.2.1 Bases Estratégicas e Fundamentos Básicos para o Fundo Mineral

Algumas linhas gerais balizarão o comportamento da demanda de P&D no Setor Mineral:

- A informática como auxiliar indispensável em todas as áreas do Setor Mineral;
- O contínuo aprimoramento tecnológico, vital para o aumento da competitividade e sobrevivência das pequenas, médias e grandes empresas em todas as áreas de Setor Mineral, da exploração mineral à metalurgia;
- Os projetos minero-metalúrgicos baseados na prevenção da poluição, evitando-se o lançamento de rejeitos e/ou efluentes nocivos no meio ambiente;
- As técnicas de lavra (a céu aberto ou subterrânea), priorizando retorno dos rejeitos às cavas e/ou galerias, minimizando o impacto ambiental;

- As operações de beneficiamento e refino com uso de reagentes biodegradáveis e a utilização de processos e menor apelo energético;
- A lavra, o beneficiamento e a metalurgia com a intensificação do uso de sistemas de controle automatizados e/ou robotizados;
- A lixiviação *in situ* e/ou dissolução em profundidade, com recuperação de elementos úteis, sem o deslocamento da massa estéril e sem danos ao meio ambiente;
- As cadeias produtivas com maior valor agregado de seus produtos, e com novos usos para os rejeitos;
- A estratégia aerogeofísica, especialmente em regiões de difícil acesso, como principal ferramenta de prospecção mineral
- O sensoriamento remoto como importante auxiliar de exploração mineral;
- Os métodos de prospecção geoquímica de terrenos lateríticos utilizando elementos associados em baixos teores;
- O conhecimento dos controles espaciais e temporais dos depósitos minerais, bem como a modelagem prospectiva dos principais tipos de jazida.

Os programas e projetos de P&D e RH a serem apoiados pelo Fundo Mineral visam, em última análise, promover:

- Fortalecimento da capacitação científica e da produtividade em linhas estratégicas dos grupos nacionais de pesquisa em Geologia de Suporte à Exploração Mineral, Avaliação de Distritos Mineiros, Lavra, Beneficiamento, Metalurgia Extrativa, Meio Ambiente na Mineração e Economia Mineral.
- Alinhamento dos objetivos dos programas de C&T com os objetivos das políticas mineral, científica e ambiental do país.
- Mobilização nacional para a execução de programas de P&D estratégicos para o Setor Mineral

- Expansão das exportações e substituição de importações por meio da ampliação do conhecimento geológico em distritos mineiros e de inovações tecnológicas nas pequenas empresas.
- Expansão da competitividade do Setor Mineral brasileiro, conferindo-lhe uma maior base técnico científica.
- Interação de esforços com programas e projetos de P&D estimulados por entidades estaduais.
- Fomento à pesquisa mineral e atração de investimentos externos por meio da ampliação e melhoria da informação geológica.
- Desenvolvimento e difusão de metodologias e técnicas de exploração mineral adaptadas às condições nacionais
- Geração de modelos prospectivos de depósitos minerais.
- Conhecimento geológico consistente das áreas de maior potencial mineral.
- Atração de novos investimentos estrangeiros para a pesquisa mineral.
- Ocupação pela descoberta de novas jazidas de áreas ínvias e, consequentemente, menor desequilíbrio regional.
- Maior integração universidade-empresa-governo por meio de projetos cooperativos.
- Articulação ordenada com outras áreas do governo federal, em especial com o MME.
- Identificação e viabilização de novos usos para materiais tradicionais e de novos materiais para usos convencionais.
- Fortalecimento das pequenas e médias empresas e estímulo à agregação de valor aos produtos através do apoio técnico científico a adaptações e inovações.

- Estudos e projetos demonstrativos visando a otimização de processos e promoção de aproveitamento de rejeitos de minas, lavra, beneficiamento e metalurgia extractiva.
- Aumento da capacitação dos laboratórios nacionais de P&D em Lavra, Beneficiamento e Metalurgia Extractiva por meio de parcerias universidade-empresa.
- Cooperação com planos e programas de desenvolvimento de C&T de outros países.
- Capacitação continuada, no mais alto nível, de pessoal do Setor Mineral nos setores governamental, empresarial e acadêmico.
- Adensamento de cadeias produtivas.

6.3 A ADIMB

A Agência para o Desenvolvimento Tecnológico da Indústria Mineral Brasileira - ADIMB, criada por iniciativa conjunta do Ministério de Minas e Energia - MME e do Ministério de Ciência e Tecnologia - MCT, foi fundada em 09 de julho de 1996 como uma associação privada de empresas/instituições de mineração, sem capital acionário e sem fins lucrativos. A ADIMB tem como missão promover o desenvolvimento técnico-científico e a capacitação de recursos humanos da Indústria Mineral Brasileira mediante a realização de projetos cooperativos em parceria empresa/governo/universidades. A ADIMB inaugurou, no Brasil, um modelo de cooperação entre o setor produtivo, a comunidade acadêmica e os organismos governamentais, visando:

- Modernizar e aumentar a competitividade da Indústria Mineral Brasileira em todas as suas etapas: exploração, mineração, beneficiamento, industrialização e comercialização.
- Identificar as necessidades de P&D e RH de interesse das empresas Membros.
- Definir, juntamente com os patrocinadores, projetos de pesquisa científica industrial e de capacitação de recursos humanos.

- Levantar fundos para os projetos junto às instituições governamentais financiadoras de pesquisa técnico-científica, bem como às companhias Membros neles interessadas.
- Fazer a intermediação entre a Indústria Mineral, os órgãos governamentais de apoio a Pesquisa e Desenvolvimento - P&D e Recursos Humanos - RH, as instituições de pesquisa e as empresas prestadoras de serviços técnico-científicos.
- Contratar grupos de excelência no País ou no exterior para a execução dos projetos, monitorá-los, zelar pelo cumprimento das metas e garantir que os benefícios resultantes das pesquisas sejam destinados às suas empresas-membro.

Dentro deste sentido funcional e de objetivos, a ADIMB assemelha-se a AMIRA australiana. Recentemente, inclusive, as duas instituições vêm desenvolvendo um relacionamento de suporte mútuo, o que pode ser de grande apoio para acelerar o crescimento da atuação ADIMB.

São Membros Natos da ADIMB: o Ministério de Minas e Energia - MME, o Ministério de Ciência e Tecnologia - MCT e o Instituto Brasileiro de Mineração - IBRAM. Os membros associados compreendem empresas e instituições do setor mineral, a saber:

- DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral
- CVRD – Companhia Vale do Rio Doce
- CBPM - Companhia Baiana de Pesquisa Mineral
- RTDM - Rio Tinto Desenvolvimentos Minerais Ltda.
- GEOSOL - Geologia e Sondagens Ltda.
- SOPEMI - Pesquisa e Exploração de Minérios S.A.
- CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
- Arantes & Associados - Consultoria e Serviços de Mineração Ltda.
- GEOS - Geologia para Mineração Ltda.

- COMIG - Companhia Mineradora de Minas Gerais
- SEICOM/PA - Secretaria de Indústria e Comércio do Estado do Pará
- Anglo American Brasil Ltda.
- PETROBRÁS - Petróleo Brasileiro S.A.
- LASA - Engenharia e Prospecções S.A.
- IAMGOLD Brasil Ltda. Mineração Mount Isa do Brasil Ltda.
- COMINCO American Inc. WMC Mineração Ltda.
- NORANDA Mineração Ltda.
- CGG-GEOMAG
- Anglogold Brasil Ltda.

A ADIMB tem atuado promovendo cursos e coordenando projetos de pesquisas, principalmente na área de exploração geológica. O principal projeto, até o momento, é a plataforma "*Desenvolvimento Metodológico em Exploração Mineral para a Amazônia*" - EXMIN/AMAZÔNIA, que visa estabelecer um grande fórum de debates com participação de governo/empresa/universidade, com o objetivo de detectar os entraves que dificultam a exploração mineral e petrolífera na região amazônica e propor linhas de ação capazes de eliminá-los.

Para isto, a Plataforma procurará identificar as necessidades e propor ações visando:

- a) o desenvolvimento e/ou adaptação de métodos, equipamentos e softwares para exploração mineral/petrolífera adequados ao ambiente amazônico;
- b) definição de distritos mineiros ou petrolíferos prioritários para prospecção;
- c) a caracterização dos principais ambientes geotectônicos/metalogenéticos e das suas épocas de geração / mineralização;
- d) seleção de janelas estratégicas em distritos mineiros e petrolíferos onde devam ser realizados estudos específicos de detalhe;

e) proposição de programas de formação de pessoal no mais alto nível.

Vêm sendo enfocadas, essencialmente, as seguintes subáreas da exploração mineral/petrolífera: Sensoriamento Remoto, Aerogeofísica, Geofísica Profunda, Geotectônica e Metalogenia, Geoquímica de Lateritas e Estudos Específicos de Janelas Estratégicas, e Intercâmbio Tecnológico Mineração/Petróleo.

Dentro deste quadro, nota-se que existe no país forte predisposição intelectual para a mudança da política de C&T. Tanto de um modo abrangente, como dentro do setor mineral, existem iniciativas estruturais. O panorama traçado para a mineração, fruto de documentos encomendados pelo governo (Marini, 2001), é bastante detalhado tanto na descrição do contexto quanto na proposta de ação. Entretanto, os recursos financeiros e pessoais ainda são poucos diante da vastidão das demandas. Deste modo, a participação das empresas privadas é fundamental para que as propostas de C&T no setor mineral sejam levadas a efeito.

7 Atuação da Companhia Vale do Rio Doce - CVRD

7.1 A CVRD

A CVRD foi criada pelo Governo Federal em 1º de junho de 1942 e privatizada em 7 de maio de 1997. A Vale é a maior companhia de mineração diversificada das Américas. Além da mineração, possui negócios associados de logística e geração de energia elétrica.

Líder mundial na produção e exportação de minério de ferro e pelotas, a Companhia Vale do Rio Doce também é uma das mais importantes produtoras globais de manganês e ferroligas. Produz bauxita, ouro, potássio, caulim, alumina e alumínio. Sendo uma das principais fornecedoras de serviços de logística do Brasil, a Vale possui e opera ferrovias, terminais portuários e armazéns, além de realizar a navegação de cabotagem. Participa de dez projetos de geração hidrelétrica de energia, três dos quais em operação. A Vale detém participações acionárias em empresas produtoras de aço e fertilizantes.

A Vale está presente em 14 estados brasileiros: Pará, Maranhão, Tocantins, Sergipe, Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Goiás, Matos Grosso do Sul, rio Grande do Sul, Santa Catarina e Amazonas possuindo mais de 35 operações. No exterior, tem empresas controladas e coligadas no Estados Unidos, Argentina, Chile, Peru, França, Noruega e Bahrain, e escritório em Nova Iorque, Bruxelas, Tóquio e Xangai. A figura 7.1 apresenta as operações da CVRD no Brasil.



Figura 7.1 – Operações CVRD

7.2 O Projeto Carajás e o Desenvolvimento Regional

O projeto integrado mina-ferrovia-porto voltado para o aproveitamento das reservas de minério de ferro de Carajás representa o exemplo mais contundente do poder de alavancagem para o desenvolvimento regional inerente à indústria de mineração. Sob a ótica financeira, a implantação da infra-estrutura do complexo mineiro de Carajás foi viabilizada pelo aproveitamento do minério de ferro. Entretanto, do ponto de vista econômico, em adição aos efeitos diretos do projeto Ferro Carajás, há que se destacar a expressiva constelação de efeitos indiretos. A disponibilização de um complexo mina-ferrovia - porto com a magnitude, sofisticação e o suporte temporal - horizonte de exaustão do projeto - permitiu viabilizar e alavancar uma gama expressiva de projetos agroindustriais, florestais, de serviços e mÍnero-industriais em uma ampla área geoeconómica suscetível de influência do projeto.

Decorridos mais de 20 anos, observa-se que a maior parte das oportunidades de investimento do setor mineral, identificadas à época, foram implantadas, sendo que várias dessas já foram ampliadas ou estão em processo de ampliação ou implantação.

Adicionalmente, novas oportunidades de investimento foram identificadas, abarcando os mais variados subsetores econômicos e formatando vigorosa dinâmica sistêmica de irradiação de investimentos por força de sinergias que extrapolam a cadeia de negócios minerais. Em nível do setor mineral, entre os projetos de expansão e implantação na região destacam-se:

- Implantação da usina de pelotização de Carajás em São Luís
- Implantação dos projetos polimetálicos de cobre e ouro de Carajás: Sossego, Salobo, Alemão, Cristalino e 118.
- Estudos voltados à implantação do Projeto (Rio) Vermelho de níquel
- Expansão da Mineração Rio do Norte
- Expansão da planta da Alunorte
- Expansão da planta de alumínio da Albrás

É inegável que esse processo vem caracterizando uma profunda transformação econômica e social na área alvo do programa, cabendo seu crédito fundamentalmente à indústria de mineração. Seus efeitos de transbordamento, por força da infra-estrutura ferroviária e portuária, continuam a se manifestar de forma intensa, ampliando gradativamente seu raio de influência geográfica e repercutindo não somente junto ao setor mineral mas também quanto às demais atividades econômicas, inclusive de logística. (Vale, 2001).

7.3 *Tecnologia, Pesquisa e Desenvolvimento na CVRD*

A Companhia Vale do Rio Doce investe maciçamente na área de pesquisa e desenvolvimento, na exploração de novos negócios minerais e no desenvolvimento tecnológico, visando sua consolidação e o crescimento de sua participação no setor mineral.

O *Departamento de Desenvolvimento de Projetos Minerais – DIPM* - conduz as atividades de Exploração Mineral, de *Desenvolvimento Tecnológico* e as etapas de Avaliação e Análise do Negócio, visando a criação de novos projetos minerais para a

Companhia. Uma vez estruturados, os projetos minerais são repassados para as respectivas áreas operacionais, que são responsáveis por sua implementação.

O DIPM está localizado no distrito industrial de Santa Luzia, região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, próximo às principais Universidades do país e outros centros de pesquisa mineral, na unidade da CVRD conhecida como Centro de Desenvolvimento Mineral – CDM.

7.3.1 Desenvolvimento Tecnológico

A estrutura de gestão tecnológica da CVRD foi concebida em 1965, a partir de um laboratório de tratamento de minérios. Suas atividades e instalações foram fortemente ampliadas ao longo dos anos para atender às necessidades de desenvolvimento da Companhia na área mineral. Todos os empreendimentos minerais da Vale tiveram suas rotas de processo concebidas nas áreas de Pesquisa e Desenvolvimento.

Na área mineral, dentro do DIPM, a *Gerência Geral de Desenvolvimento e Tecnologia – GETEK* - é responsável por todos os estudos de caracterização mineral e processos para o aproveitamento dos minérios dos depósitos descobertos ou negociados. A GETEK possui um complexo laboratorial voltado à Pesquisa e Desenvolvimento mineral, situado entre os melhores do mundo. Inclui laboratórios e plantas piloto de processo e laboratórios químicos e mineralógicos que permitem à CVRD desenvolver estudos de processo e conceber a melhor solução tecnológica para seus negócios. Principalmente, possui uma equipe altamente experiente e qualificada, em aprimoramento contínuo. Por exemplo, na área de tecnologia trabalham 34 engenheiros e geólogos, 60% com curso de mestrado e doutorado e 75% com mais de 10 anos de formação.

AS principais atribuições da GETEK/DIPM são:

- Definir o melhor conceito de processo para os novos empreendimentos minerais da CVRD;
- Apoiar as unidades operacionais em P&D;
- Gerenciar o processo de patenteamento da CVRD;

- Identificar oportunidades de sinergias tecnológicas entre as áreas de negócio. Como exemplo, o estudo e a definição da utilização de moinhos SAG – amplamente estudados para minérios de cobre – no beneficiamento da bauxita de Paragominas;
- Identificar tendências e oportunidades tecnológicas, como, por exemplo, a utilização de resinas de troca iônica na produção de níquel.

7.3.2 A estratégia adotada pela Tecnologia da CVRD.

A GETEK/DIPM utiliza uma estratégia de condução dos estudos e desenvolvimento de projetos que tem como base a especialização técnica, foco no negócio e a efetiva transferência de tecnologia desenvolvida para os diferentes bens minerais da Companhia. Para isto, serve-se dos diversos meios disponíveis para aprimoramento tecnológico. Destacam-se:

1. Participação em Consórcios Tecnológicos

A CVRD, através da GETEK/DIPM, participa de consórcios tecnológicos internacionais, que integram grandes empresas do setor mineral. São eles

- AMIRA – em um projeto para otimização da flotação e entendimento de fenômenos de química de superfície.
- CEET: Comminution Economic Evaluation Tool, conduzido pela Minnovex, Canadá – para simulação de moagem
- FLEET: Flotation Economic Evaluation Tool, também conduzido pela Minnovex – para simulação de flotação

2. Participação em Prog. de Pesquisa Financiados pelo Governo

- RECOPE: Rede de Pesquisa Cooperativa
- RHAE: Recursos Humanos em Áreas Estratégicas

3. Atualização profissional contínua, através do uso intensivo de diferentes canais de informação

- Utilização de bases de dados específicas, Internet, Intranet
- Participação nos principais congressos e eventos

- Aquisição das principais publicações e periódicos

4. Parceria com Centros de Tecnologia e Empresas de Engenharia

- Mintek (África do Sul);
- Minnovex, CESL, Lakefield, Dynatec (Canadá);
- CIMM (Chile);
- Hazen, Technip (USA);
- JKTech, CSIRO (Austrália);
- CETEM, CETEC, IPT, CDTN (Brasil)

5. Cooperação com Universidades

UFMG:

- Patrocínio de bolsas de Mestrado e Doutorado
- Programas conjuntos de Pesquisa e Desenvolvimento

USP:

- Programas cooperativos de Pesquisa e Desenvolvimento
- Programas de Educação Continuada
- Cursos de Mestrado para funcionários da CVRD em módulos

Esta organização estrutural e a estratégia de atuação garantem as condições para que o GETEK/DIPM possibilite à CVRD assegurar uma eficiente utilização do processo de inovação tecnológica nas atividades desenvolvidas por esta unidade.

Entre estas condições, destacam-se:

- Organização de equipes multi-disciplinares de acordo com as operações unitárias necessárias ao desenvolvimento dos projetos;
- Desenvolvimento de projetos com base em cronogramas estabelecidos de acordo com o planejamento estratégico da CVRD e unidades;
- Implantação de sistema de acompanhamento de projetos para facilitar a gestão da comunicação entre as áreas envolvidas;

- Implantação de sistema de controle dos custos dos projetos;
- Criação de grupos de especialização visando fomentar a transferência de tecnologia e maximizar o aproveitamento das sinergias entre os projetos;
- Monitoramento tecnológico e desenvolvimento de parcerias estratégicas no Brasil e exterior (ex: USP, CESL, Millennium).

Nota-se que a CVRD tem uma estrutura de desenvolvimento tecnológico para novos projetos minerais bastante consolidada segundo as principais diretrizes de Gestão de Tecnologia.

7.4 Formação e Capacitação de Pessoal

7.4.1 Formação interna

No primeiro semestre de 2003, a CVRD inaugurou a Universidade Corporativa, Valer, como forma de sistematização de ações de treinamento e desenvolvimento de pessoal, tendo como premissa básica o vínculo com as estratégias da empresa.

Os programas oferecidos pela Valer visam dar suporte às competências organizacionais e técnicas definidas estrategicamente para os diversos perfis funcionais. Atendem a diferentes públicos e interesses de desenvolvimento. As ações da Valer incluem: Desenvolvimento Gerencial, Desenvolvimento de Supervisores, Atualização Profissional, Cursos técnicos, Cursos comportamentais, MBA e Mestrado, Formação de Trainees, Qualidade, Meio Ambiente e Informática, entre outras áreas.

Na visão empresarial, o que se espera é a criação de um processo contínuo de aprendizagem capaz de oferecer ações de desenvolvimento associadas às competências (conhecimentos, habilidades e atitudes) definidas como estratégicas para a empresa. Essas ações podem ocorrer presencialmente, nas salas de aulas dos Centros de Aprendizagem, em ambientes virtuais, intranet e internet ou mesmo em ações do dia-a-dia. Os treinadores incluem também os dirigentes e instrutores das empresas, e não apenas professores, especialistas e consultores externos.

7.4.2 Formação geral

No segundo semestre de 2003, a Universidade Federal do Pará iniciou, em Marabá, o curso de especialização em Engenharia de Minas. O curso foi implantado graças a parceria entre a UFPA, Companhia Vale do Rio Doce e a prefeitura do município. São 45 vagas destinadas a engenheiros, geólogos, químicos e áreas afins. A CVRD investiu cerca de R\$ 1,2 milhões, que serão empregados na construção de laboratórios e salas de aula no campus de Marabá, bolsa aos alunos e no pagamento de toda a infra-estrutura do curso, que terá a duração de 8 meses. A universidade entra com o know how de seus professores.

Também no campus de Marabá, e com apoio da CVRD, serão inaugurados cursos de graduação em Engenharia de Minas para agosto de 2004 e Geologia em março de 2005.

8 Comentários e Conclusões

No Brasil, diversos estudos levantaram a situação da C&T e P&D no país, tanto de forma abrangente quanto dentro do setor. Destacam-se os trabalhos que fundamentaram este texto, de Gadelha, Marini (2001) e Stal (1999). É necessário evoluir muito em termos de capacitação de pessoal no setor quanto à realização de estudos de níveis tecnológicos estratégicos. Nos últimos anos, muito se tem discutido a respeito no meio acadêmico e governamental e algumas iniciativas demonstram o interesse em mudar a conjuntura.

O surgimento da ADIMB e a criação dos fundos setoriais, com suas propostas arrojadas e bem embasadas, representam o início de um processo de mudança. Entretanto, cabe notar que as demandas são diversas e intensas e que os recursos, humanos e materiais, ainda são poucos, o que implica na realização de apenas uma pequena parcela das ações tão necessárias e detalhadamente expostas.

Para que a estrutura de P&D setorial alcance um patamar mais elevado, superando os entraves culturais, de recursos e capacitação, ainda é necessário atrair um maior nível de financiamento por parte das empresas. Neste sentido, além de realizar as atividades ditas estratégicas para o país, como o conhecimento geológico da Amazônia, devem ser conduzidas ações para o desenvolvimento de estudos de interesse industrial, de modo a permitir a captação de novos recursos por parte das empresas, numa forma semelhante à conduzida na Austrália.

Assim, a ADIMB, por analogia com a AMIRA, bem como outras associações do setor, tem um papel relevante na coordenação de ações conjuntas tripartites Empresa – Universidade- Centros de Pesquisas. A aproximação com o AMIRA, em um projeto de cooperação entre as duas instituições, iniciado há cerca de um ano, deve acrescentar ao caso brasileiro a vasta experiência australiana em intermediação de projetos de P&D mineral.

Dentro do setor e no país, a Companhia Vale do Rio Doce tem desempenhado um papel relevante, no que se refere tanto ao desenvolvimento regional, quanto à imagem da mineração. Internamente, a CVRD tem uma política de desenvolvimento e capacitação profissional bastante condizente com as técnicas de gestão tecnológica. O

Departamento de Desenvolvimento de Projetos Minerais utiliza os melhores recursos disponíveis para avaliações tecnológicas de depósitos minerais. A CVRD também tem se empenhado na criação de estruturas de ensino de Engenharia de Minas na região de Carajás, onde atua. Verifica-se que as ações da CVRD promovem incrementos no setor por efeito de transbordamento. Em outras palavras, embora a atuação empresarial tenha um foco estratégico corporativo, as ações de P&D para novos projetos, os elevados investimentos em novas usinas e o fortalecimento da capacitação profissional geram uma melhoria no contexto geral do setor.

Assim, percebe-se que existe um movimento de melhoria do atual quadro de C&T dentro do setor mineral. Ainda incipiente num contexto mais amplo, este movimento necessita de reforços para efetivar as ações necessárias e, principalmente, de uma coordenação firme e abrangente, com apoio político efetivo e com pessoal em dedicação exclusiva, de modo semelhante ao que ocorre com o AMIRA e outras entidades australianas. A indústria está ciente das demandas do setor e da necessidade de solucioná-las. O país tem condições e pode se desenvolver muito a partir da plena capacitação do setor mineral.

Anexo I – Principais Universidades e Centros de Pesquisa atuantes no Setor Mineral no Brasil, Austrália e Estados Unidos

Extraído de <http://www.prossiga.br/recursosminerais/>

Brasil

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

<http://www.cdtn.br/>

Criado em 1977 e vinculado desde 1988 à Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN do Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT, tem a missão de realizar pesquisa e desenvolvimento em ciência e tecnologia na área nuclear e correlatas, gerando conhecimentos, produtos e serviços em benefício da sociedade. Mantém um Mestrado em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais. A página traz um histórico do Centro e informações sobre seus laboratórios e grupos de pesquisa. Dá acesso a biblioteca e catálogo em formato pdf, cuja leitura demanda a instalação gratuita do software Acrobat Reader. Tem links para sites de outras instituições relacionadas.

Contato: webmaster@urano.cdtn.br

Centro de Tecnologia - CT. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

<http://www.ct.ufrgs.br/>

Criado em 1988, vinculado à Escola de Engenharia da UFRGS, e localizado em Porto Alegre, é um dos principais núcleos de pesquisa e apoio às indústrias do setor metal-mecânico do sul do país. A página traz informações gerais sobre o Centro, suas principais atividades, e os laboratórios que mantém nas áreas de processamento mineral, siderurgia, fundição, transformação mecânica e soldagem. Dá acesso a lista de publicações produzidas e a links para outros sites relacionados.

Contato: movie@ct.ufrgs.br

Centro de Tecnologia Mineral - CETEM. Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT

<http://www.cetem.gov.br/>

Fundado em 1978 e vinculado desde o ano 2000 diretamente ao MCT, a missão do CETEM é promover o desenvolvimento tecnológico, criando soluções compatíveis com o uso sustentável dos recursos não renováveis e com a preservação do meio ambiente. A página traz informações sobre os pesquisadores, linhas, projetos e grupos de pesquisa, além dos laboratórios (geoquímica ambiental, gemologia e minérios e materiais), serviços, consultorias, eventos e notícias desenvolvidos ou relacionados à

área de atuação do Centro. A biblioteca especializada dá acesso a listas de periódicos e bases de dados. Oferece links afins, nacionais e internacionais.

Contato: webmaster@cetem.gov.br

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte - CEFET-RN

<http://www.etfrn.br/>

Instituição federal vinculada ao Ministério da Educação e sediada na cidade de Natal, que oferece cursos de nível básico a superior, incluindo cursos técnicos profissionalizantes na área de recursos naturais, como controle ambiental, geologia e mineração. A página traz

Contato: <http://www.etfrn.br/interna.html?menu=cefet&pagina=contato>

Centro Universitário da Faculdade de Engenharia Industrial - FEI

<http://www.fei.br/>

Instituição de ensino superior jesuíta, localizada em São Bernardo do Campo em São Paulo, com o objetivo de formar profissionais na área de engenharia e investir em pesquisa acadêmica. Oferece o curso de Engenharia Metalúrgica e de Materiais e conta com variados laboratórios.

Contato: info_fei@fei.edu.br

Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos - SIGEP

<http://www.unb.br/ig/sigep/>

Vinculada ao *World Heritage Committee* - WHC da *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* - UNESCO, a SIGEP está encarregada de preparar uma base de dados dos sítios patrimoniais culturais e naturais aptos a serem protegidos, visando apoiar a pesquisa e difusão do conhecimento na área das Ciências da Terra, promover atividades educacionais e recreativas, criar e fortalecer a consciência conservacionista, e referenciar guias turísticos, estimulando, através do eco-turismo, a participação e o desenvolvimento sócio-econômico das comunidades locais. O site, hospedado pelo Instituto de Geociências da Universidade de Brasília - UnB, dá acesso a Mapa Index e a páginas de sítios geológicos e paleontológicos brasileiros, além de formulários online para apresentação de propostas, notícias, GeoLinks e endereços eletrônicos de geocientistas brasileiros, entre outras informações.

Contato: mwinge@zaz.com.br

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM. Serviço Geológico do Brasil

<http://www.cprm.gov.br/>

A CPRM gera e difunde conhecimento geológico e hidrológico básico, para o desenvolvimento sustentável do Brasil, através do fomento aos recursos minerais, privilegiando sua atuação nas regiões da Amazônia e do Nordeste. Desenvolve programas de recursos minerais que envolvem atividades de geologia econômica, prospecção e economia mineral. Promove a gestão territorial, oferece oportunidades minerais, disponibiliza o Laboratório de Análises Minerais - LAMIN e uma biblioteca especializada. Além dos recursos minerais traz projetos também nas áreas de geologia, geofísica, geoquímica e recursos hídricos. Confira os programas sobre ouro, inssumos minerais para agricultura, minerais industriais, patrimônio mineral, metais do grupo platina, economia mineral e pedras preciosas. A página dá acesso a produtos como catálogos, diretórios e bases de dados, bem como às unidades regionais da CPRM.

Contato: cprm@cprm.gov.br

Fundação de Ciência e Tecnologia - CIENTEC. Secretaria de Ciência e Tecnologia - SCT.

Governo do Estado do Rio Grande do Sul

<http://www.cetec.br/>

O Cetec é um órgão de pesquisas tecnológicas vinculado ao Governo do Estado de Minas Gerais. Suas ações são implementadas através das atividades de pesquisa e desenvolvimento, de prestação de serviços e de difusão tecnológica, com foco na área de tratamento mineral e metalurgia.

Contato: maffei@cetec.pcc.ufmg.br

Fundação de Ciência e Tecnologia - CIENTEC. Secretaria de Ciência e Tecnologia - SCT.

Governo do Estado do Rio Grande do Sul

<http://www.cientec.rs.gov.br/>

Órgão da administração indireta vinculado à SCT do Governo do Estado do Rio Grande do Sul, vem atuando desde 1943 na área de tecnologia industrial básica e na execução de projetos de pesquisa e inovação tecnológica. A página informa sobre suas áreas de atuação, que incluem a química, geotecnologia, metal-mecânica e informação tecnológica, entre outras. Tem links para outros sites relacionados.

Contato: acom@cientec.rs.gov.br

Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá - IEPA

<http://www.iepa.ap.gov.br/>

Tem como missão promover a utilização dos recursos naturais amazônicos de forma sustentável e competitiva. Suas pesquisas concetram-se, entre outras, nos recursos minerais e hídricos, com especial atenção às rochas ornamentais. Disponibilizam no site vídeos de projetos de pesquisa realizados no Amapá.

Contato: webadmin@iepa.ap.gov.br

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT

<http://www.ipt.br/>

Localizado em São Paulo, atende à demanda de ciência e tecnologia nas áreas da engenharia em que atua. Possui variados cursos de curta duração e mestrados, tais como Tecnologia Ambiental e Processos Industriais.

Contato: sac@ipt.br

Instituto Geológico. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. São Paulo

<http://www.igeologico.sp.gov.br/>

Vinculado à Secretaria de Estado do Meio Ambiente realiza pesquisas científicas em geociências e meio ambiente, gerando conhecimentos necessários à implementação de políticas públicas no Estado de São Paulo. Desenvolve trabalhos relacionados ao planejamento territorial, ao uso e ocupação do solo, mineração, perigos geológicos, águas subterrâneas, entre outros. Confira as áreas de atuação de seus programas: recursos minerais e meio ambiente, levantamentos geológicos, geotécnica e meio ambiente, entre outros. O site dá acesso a sua biblioteca, mapoteca, museu, acervos técnicos e laboratórios.

Contato: igeologico@igeologico.sp.gov.br

Instituto Militar de Engenharia - IME

<http://www.ime.eb.br/>

Especializado em diversas engenharias, o Instituto fica no Rio de Janeiro e mantém o Departamento de Mecânica e de Materiais com sua Pós-Graduação em Ciência dos Materiais, cujas linhas de pesquisa são: materiais metálicos, cerâmicos, eletrônicos e conjugados.

Contato: webmaster@aquarius.ime.eb.br

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

<http://www.inpe.br/>

Localizado em São José dos Campos, em São Paulo, promove pesquisa científica e tecnológica nos campos da ciência espacial e atmosférica, aplicações espaciais, meteorologia e engenharia e tecnologia espacial. Através da Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais - CEP oferece o curso de Mestrado e Doutorado em Geofísica Espacial que tem como objetivo formar o graduado em pesquisa espacial com aplicações na geofísica.

Contato: webmaster@inpe.br

Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco - ITEP

<http://www.itep.br/>

Criado em 1942 e sediado na cidade de Recife, tem por objetivo estimular o desenvolvimento científico e tecnológico por meio de pesquisas e do atendimento das necessidades materiais e de serviços em prol da sociedade. A página traz informações gerais sobre o Instituto e suas áreas de atuação, entre elas a engenharia industrial, a engenharia civil e química e biotecnologia.

Contato: itep@itep.br

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-RIO

<http://www.puc-rio.br/>

A PUC-RIO conta com o Centro Técnico e Científico - CTC e com o Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia - DCMM, que oferecem o Curso de Engenharia Metalúrgica - EMT, com ênfases em materiais e processos e engenharia ambiental, e o Curso de Engenharia de Produção Metalúrgica - EPT.

Contato: webmaste@rdc.puc-rio.br

Universidade de Brasília - UnB

<http://www.unb.br/>

Entre suas unidades acadêmicas, a UnB, em Brasília, disponibiliza informações sobre o Instituto de Geociências - IG, integrado pelos Departamentos de Geologia Geral e Aplicada, Geoquímica e Recursos Minerais, e Minerologia e Petrologia, e mantém laboratórios como os de Geocronologia, Micropaleontologia, Geoquímica - LAGEQ, Geofísica Aplicada - LGA, Inclusões Fluidas, Isótopos Estáveis e Microssonda Eletrônica. A página do IG traz ainda informações sobre cursos de pós-graduação e extensão. Confira também o Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - ENC, que abrange a área da geotecnia e seu programa de pós-graduação e o Centro de Desenvolvimento Sustentável - CDS.

Contato: <http://www.unb.br/acs/geral/m-prazer.htm>

Universidade de São Paulo - USP

<http://www.usp.br/>

Localizada na cidade de São Paulo, mantém a Escola Politécnica - POLI, com seu Departamento de Engenharia de Minas - PMI, o Instituto de Geociências - IGc que é integrado pelos Departamentos de Geologia Sedimentar e Ambiental - GSA e de Mineralogia e Geotectônica - GMG, e mantém o Centro de Pesquisas Geocronológicas - CPGeo e Antárticas - CPA. O IGc oferece programas de pós-graduação em recursos minerais e hidrogeologia, geoquímica e geotectônica, mineralogia e petrologia, e geologia sedimentar. Confira também o Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências

Atmosféricas - IAG e a página com os cursos de mestrado e doutorado em ciências exatas da Universidade.

Contato: mpalbe@iag.usp.br

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

<http://www.uerj.br/>

Localizada na cidade do Rio de Janeiro, mantém a Faculdade de Geologia - FGEL que conta com Departamentos de Paleontologia e Estratigrafia, Geologia Aplicada, Geologia Regional e Geotectônica e Mineralogia e Petrologia Ígnea, além das pós-graduações. Conta também com o Instituto Politécnico e sua Pós-Graduação em Modelagem Computacional, um programa multidisciplinar que abrange, entre outras áreas, as ciências dos materiais. Confira o Centro de Produção da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - CEPUERJ que desenvolve atividades laboratoriais de engenharia e saúde e meio ambiente.

Contato: <http://www.uerj.br/email/index.html>

Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos

<http://www.unisinos.br/>

Localizada em São Leopoldo, no Rio Grande do Sul, a Universidade disponibiliza o Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, que além de outras áreas do conhecimento atua também nas geociências. Oferece laboratórios (metalografia), publicações, cursos e eventos e o Núcleo de Computação Gráfica.

Contato: <http://www.unisinos.br/contato/>

Universidade Estadual de Campinas - UNICA

<http://www.unicamp.br/>

Localizada em Campinas, São Paulo, mantém o Departamento de Engenharia do Petróleo - DEP, da Faculdade de Engenharia Mecânica - FEM, e o Instituto de Geociências - IGE e seu Departamento de Geologia e Recursos Naturais - DGRN, que oferece mestrado e doutorado com áreas de concentração em metalogênese e em administração e política de recursos minerais. O IGE conta também com o Departamento de Geociências Aplicadas ao Ensino - DGAE.

Contato: http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_responde/unicamp_responde_fale.htm

Universidade Estadual do Ceará - UECE

<http://www.uece.br/>

Localizada na cidade de Fortaleza, mantém desde 1988 o grupo de pesquisa Minerais e Rochas Industriais, que tem como objetivo mostrar a importância dos bens minerais e

rochas industriais não metálicos, com ênfase nos aspectos socioeconômicos e geológicos, produção, evolução tecnológica, especificações e controle de qualidade, visando melhorar o desempenho da cadeia produtiva na extração, beneficiamento, industrialização e comercialização dessas matérias-primas.

Contato: mauricio@uece.br

Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - UNESP

<http://www.unesp.br/>

Situada em São Paulo, promove o ensino, a pesquisa e a extensão de serviços à comunidade em todas as regiões paulistas. Entre suas unidades acadêmicas estão o Instituto de Geociências e Ciências Exatas - IGCE, com seu Departamento de Geologia Aplicada e o Departamento de Petrologia e Metalogenia - DPM; o Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas - IBILCE e o Centro de Estudos Ambientais - CEA.

Contato: wmaster@rc.unesp.br

Universidade Federal da Bahia - UFBA

<http://www.ufba.br/>

Disponibiliza através da Escola Politécnica o Laboratório de Geotecnia - GEOTEC e o Departamento de Ciência e Tecnologia dos Materiais - DCTM com seu Laboratório de Materiais Metálicos - LAMET. O Instituto de Geociências mantém o Departamento de Geologia e Física Aplicada, que oferece cursos de graduação em Geologia e Geofísica e de pós-graduação em Geologia, Geofísica, Geografia e Geoquímica e Meio Ambiente, além de diversos laboratórios.

Contato: webmast@ufba.br

Universidade Federal da Paraíba - UFPB

<http://www.ufpb.br/>

Estabelecida em João Pessoa, na Paraíba, conta com o Departamento de Geociências e o Centro de Ciências e Tecnologia - CCT, com seu Departamentos de Engenharia de Materiais e de Mineração e Geologia. Oferece graduação em Engenharia de Materiais e Engenharia de Minas; e pós-graduação em Engenharia de Minas, Manejo de Solo e Água e Recursos Naturais.

Contato: <http://www.ufpb.br/ufpb/home/creditos/>

Universidade Federal de Lavras - UFLA

<http://www.ufla.br/>

A Universidade mantém o Departamento de Ciência do Solo - DCS que conta entre seus setores com o de Mineralogia e Química do Solo e o de Geoprocessamento.

Oferece pós-graduação, ensino à distância, publicações e uma página com informações sobre solos do cerrado.

Contato: jmarques@ufla.br

Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

<http://www.ufmg.br/>

A UFMG, em Belo Horizonte, traz em sua homepage o Instituto de Geociências - IGC e a Escola de Engenharia, que mantém os Departamentos de Engenharia Metalúrgica e Materiais, Engenharia de Transportes e Geotecnologia, Engenharia de Minas e a Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas. Entre os laboratórios da Escola destaca-se o de Tecnologia de Rochas - LTR, que desenvolve pesquisas e presta serviços nas áreas de desmonte e dinâmica de rochas, hidrogeologia, aproveitamento de estérreos e rejeitos, lavra de minas, planejamento de lavras e meio ambiente, beneficiamento mineral, fragmentação de rochas e maciços rochosos e técnicas digitais, entre outras áreas.

Contato: <http://www.ufmg.br/contato/fale.shtml>

Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

<http://www.ufop.br/>

Localizada em Ouro Preto, Minas Gerais, a Universidade através da Escola de Minas mantém o Departamento de Engenharia de Minas - DEMIN, de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Geologia, Engenharia Ambiental, entre outros. Veja no site as pós-graduações relacionadas à área.

Contato: web@nti.ufop.br

Universidade Federal do Amazonas - UFAM

<http://www.fua.br/>

A Universidade mantém através de seus cursos a Pró-Reitoria de Ensino de Graduação - PROEG e Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - PROPESP. Entre os cursos encontram-se o de Geologia, Química e Engenharia Florestal.

Contato: http://www.ufam.edu.br/institucional/administrativos/orgaos_adm.htm

Universidade Federal do Ceará - UFC

<http://elis.npd.ufc.br/>

Oferece o Departamento de Geologia com graduação e mestrado com áreas de concentração em geologia do pré-cambriano e hidrogeologia. A Universidade mantém cursos virtuais por meio UFC Virtual.

Contato: prgrufc@ufc.br

Universidade Federal do Mato Grosso - UFMT

<http://www.ufmt.br/>

Sediada em Cuiabá, Mato Grosso, conta com o Instituto de Ciências Exatas e da Terra - ICET, que mantém os Departamentos de Geologia Geral e de Recursos Minerais. Entre suas linhas de pesquisa vale citar: contaminação química ambiental: mercúrio, etc; geofísica e estudos ambientais e novos materiais.

Contato: alfredo@cpd.ufmt.br

Universidade Federal do Pará - UFPA

<http://www.ufpa.br/>

Localizada em Belém, no Pará. No âmbito das Geociências e áreas correlatas, mantém o Centro de Geociências, o Núcleo de Meio Ambiente - NUMA, o Núcleo de Altos Estudos da Amazônia - NAEA e oferece os cursos de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica e Pós-Graduação em Geofísica.

Contato: <http://www.ufpa.br/comunique.htm>

Universidade Federal do Paraná - UFPR

<http://www.ufpr.br/>

Através do Setor de Ciências da Terra a Universidade conta com os Departamentos de Geomática e Geologia. O Setor de Tecnologia conta com os Departamentos de Construção Civil - DCC, de Engenharia Química - DEQ, de Hidráulica e Saneamento - DHS, de Transportes - DTT e todos oferecem disciplinas do Curso de Engenharia Ambiental. A Universidade oferece ainda um Programa de Pós-Graduação em Geologia, com ênfase em geologia ambiental e exploratória, o Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais e Processos - PIPE e a Pós-Graduação em Ciências Geodésicas.

Contato: terra@cce.ufpr.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

<http://www.ufrj.br/>

Localizada na cidade do Rio de Janeiro, conta com diversas unidades acadêmicas relacionadas aos recursos minerais. Entre elas citamos: o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, com seu Departamento/Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais - PEMM, que também pertence à Escola Politécnica - POLI; o Departamento de Geologia - DGL, com sua Pós-Graduação, pertencente ao Instituto de Geociências - IGeo; e o Departamento de Geologia e Paleontologia - DGP do Museu Nacional.

Contato: webmaster@ufrj.br

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

<http://www.ufrn.br/>

Mantém o Centro de Ciências Exatas e da Terra - CCET, com seu Departamento de Geologia, o Mestrado em Geociências, na área de geologia econômica, o Mestrado em Geodinâmica e Geofísica e o Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais, nas áreas de materiais metálicos e não metálicos. O Centro de Tecnologia - CT conta com o Departamento de Engenharia de Materiais.

Contato: <http://www.ufrn.br/ufrn/contato/contato.shtml>

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

<http://www.ufrgs.br/>

Localizada em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, está organizada em unidades divididas por área de conhecimento. Nas engenharias encontram-se a Escola de Engenharia com Departamentos de Engenharia de Materiais, Metalúrgica e de Minas, com mestrado e doutorado; os laboratórios do Centro de Tecnologia - CT: Laboratório de Siderurgia - LASID, de Processamento Mineral - LAPRO, entre outros. Nas geociências estão os Departamentos de Geodésia, de Paleontologia e Estratigrafia; os Centros de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica - CECO, Centro de Investigação do Gondwana - CIGO e o Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica - CPQQ; possui também diversos laboratórios: microfósseis, ostracodes, carvão e petrologia orgânica, geoquímica, geoprocessamento, etc.

Contato: ufrgs@ufrgs.br

Universidade Federal Fluminense - UFF

<http://www.uff.br/>

Estabelecida em Niterói, no Rio de Janeiro, conta com a Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda, situada na cidade de Volta Redonda, e oferece mestrado e doutorado. Conta também com o Instituto de Geociências, que oferece os Departamentos de Cartografia, Geologia e Geografia.

Contato: <http://www.uff.br/email.html>

Universidade Presbiteriana Mackenzie

<http://www.mackenzie.com.br/>

Localizada em São Paulo, a Universidade, através da Escola de Engenharia, conta com o Departamento de Engenharia de Materiais que oferece disciplinas específicas como Comportamento dos Materiais, Cristalografia, Plasticidade, Processamento de Materiais (Metálicos, Poliméricos e Cerâmicos) e Termodinâmica.

Contato: sugestoes@mackenzie.com.br

Austrália

AMIRA International

<http://www.amira.com.au/>

Associação de indústria de mineração que coordena pesquisas colaborativas entre seus membros. A página disponibiliza seus projetos, eventos, um sistema de referência com depósito de minérios - Data Metallogenica -, artigos e um noticiário.

Contato: mary@amira.com.au

Australian Centre for Mining Environmental Research - ACMER

<http://www.acmer.com.au/index.html>

Congrega institutos de pesquisa e empresas mineradoras australianas, promovendo a pesquisa, a transferência de tecnologia, a consultoria e o intercâmbio de informações. A página traz informações gerais sobre o Centro e seus principais objetivos, bem como sobre as pesquisas e os programas de treinamento que apóia. Divulga as novidades do setor e tem links para outros sites relacionados.

Contato: acmer@mailbox.uq.edu.au

The Australian National University - ANU

<http://www.anu.edu.au/welcome.html>

A Universidade conta com o *Institute of Advanced Studies* - IAS que disponibiliza a *Research School of Earth Sciences* - RSES e o *Centre for Resource and Environmental Studies* - CRES. A *Faculty of Science* conta com o Department of Geology e a School of Resources, Environment and Society. Além disso mantém também o Australian Centre for Environmental Law da *Faculty of Law*.

Contato: webmaster@anu.edu.au

Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation - CSIRO

<http://www.csiro.au/index.asp>

Organização científica de pesquisa industrial que procura soluções inovadoras para a indústria, a sociedade e o meio ambiente. Desenvolve pesquisas nas áreas de exploração mineral, energia, processamento de minerais e produção de metais, petróleo e terra e água. Mantém a divisão CSIRO Minerals, que desenvolve e coordena pesquisas na área de processamento mineral e produção de metais em quatro laboratórios localizados em diferentes regiões da Austrália.

Contato: <http://www.csiro.au/index.asp?stylesheet=contactsIndex>

Cooperative Research Centre for Landscape Environments and Mineral Exploration - CRCLEME

<http://leme.anu.edu.au/>

Centro de pesquisa composto por pesquisadores australianos com o objetivo de buscar o conhecimento e estimular o desenvolvimento da exploração mineral e o gerenciamento ambiental na Austrália. O site oferece informações sobre suas pesquisas, publicações, eventos e cursos.

Contato: crcleme-hq@csiro.au

The Cooperative Research Centre for Mining Technology & Equipment - CMTE

<http://www.cmte.org.au/>

O Centro, através de suas pesquisas, propõe-se a oferecer segurança e estimular a produtividade para a melhoria da indústria de mineração na Austrália. Promove pesquisa, oferece cursos de graduação e pós-graduação, publicações e faz parte do Cooperative Research Centres - CRC.

Contato: info@cmte.org.au

Curtin University of Technology

<http://www.curtin.edu.au/>

Entre seus Departamentos, a Universidade apresenta a *Western Australian School of Mines - WASM*, com cursos de pós-graduação em economia mineral, planejamento de minas, metalurgia, engenharia de minas, geomecânica de minas e geologia de minas. Conta também com a School of Applied Geology, com seus cursos de pós-graduação e o Centre of Excellence in Petroleum Geology - CEPG. Além do Department of Exploration Geophysics e o AJ Parker Cooperative Research Centre for Hydrometallurgy, com programas de pesquisa sobre ouro, alumínio, metais de base e cristalização.

Contato: customer-service@curtin.edu.au

Geoscience Australia

<http://www.agso.gov.au>

Agência vinculada ao Department of Industry, Tourism and Resources da Austrália, criada em 1946 como *Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics*, e sediada na cidade de Canberra, dedicada à pesquisa em geociências e à informação geoespacial. A página traz informações gerais sobre a agência e seus produtos, incluindo os disponíveis para download, além de oportunidades de trabalho no setor. Dá acesso a diversos recursos de informação como biblioteca, bases de dados, mapas, portais como o Geoscience Portal, diretórios e repositórios de dados como o

Australian Spatial Data Directory - ASDD e o *Petroleum Data Repository*. As informações também podem ser acessadas por assuntos como minerais e geomagnetismo, entre outros. Divulga as novidades, notícias e seus programas educativos. Tem links para outros sites relacionados.

Contato: wizard@auslig.gov.au

Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre - JKMRC

<http://www.jkmrc.uq.edu.au/>

Vinculado à *Faculty of Engineering, Physical Sciences and Architecture* da *The University of Queensland*, e localizado na cidade de Brisbane, é um centro de pesquisa pura e aplicada e consultoria em mineração e processamento mineral, com uma divisão comercial, o *JKTech*, atuando em conjunto com empresas, grupos de pesquisa ou pesquisadores individuais na Austrália e em outros países do mundo. A página traz informações gerais sobre o centro e as pesquisas desenvolvidas nas áreas de processamento mineral, mineração, uma abordagem holística da mineração, carvão, bem como sobre os ursos de graduação, pós-graduação e educação continuada, entre outras. Divulga novidades e eventos, e tem links para outros sites relacionados.

Contato: d.goeldner@mailbox.uq.edu.au

National Centre for Petroleum Geology and Geophysics - NCPGG

<http://www.ncpgg.adelaide.edu.au/>

Centro de excelência que promove a pesquisa e o ensino científico numa associação entre a *University of Adelaide* e a *University of South Australia*. Suas pesquisas são direcionadas à indústria do petróleo cobrindo as áreas da geologia, geofísica, geoquímica e engenharia. Oferece ursos de doutorado, mestrado e graduação.

Contato: admin@ncpgg.adelaide.edu.au

The University of New South Wales - UNSW

<http://www.unsw.edu.au/>

A Universidade conta com a *School of Mining Engineering* e seus programas de pós-graduação em engenharia de minas, mineração geomecânica, gerenciamento de indústrias de mineração, ventilação de minas e minas de carvão. A *School of Civil & Environmental Engineering* enfoca a relação da engenharia civil e a engenharia ambiental; enquanto a *School of Materials Science & Engineering* disponibiliza cursos de graduação e pós-graduação em Cerâmica e Engenharia de Materiais e Metalúrgica. A *School of Biological Earth and Environmental Science* possui programas de pós-graduação em ciências biológicas, geologia e geografia; e mantém a *School of Geology*, a *School of Geoscience* e o *Department of Earth and Planetary Sciences - EPS*.

Contato: <http://www.unsw.edu.au/gen/pad/contacts.html>

The University of Queensland - UQ

<http://www.uq.edu.au/>

Localizada na cidade de Brisbane mantém, através da Faculty of Engineering, Physical Sciences and Architecture, o Sustainable Minerals Institute - SMI, o Australian Centre for Mining Environmental Research - ACMER, o Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre - JKMRC, o Centre for Mined Land Rehabilitation - CMLR, o Centre for Social Responsibility in Mining, o Minerals Industry Safety & Health Centre - MISHC, o WH Bryan Mining Geology Research Centre - BRC, entre outros.

Contato: <http://www.uq.edu.au/contacts/>

África do Sul

Council for Geoscience - CGS

<http://www.geoscience.org.za>

O CGS é um dos conselhos nacionais de ciências sul-africanos, sucessor legal do *Geological Survey of South Africa*, criado em 1912 e sediado na cidade de Pretória, tendo por objetivo fornecer informações e serviços de excelência em geociências em benefício do povo desta região. A página traz um perfil do Conselho, além de informações sobre sua organização e equipe, e os serviços que presta. Dá acesso a notícias e publicações, biblioteca e centro de informação, e à *South Africa Mineral Deposits DataBase - SAMINDABA*. Tem links para órgãos governamentais e para outros sites relacionados.

Contato: barnardo@geoscience.org.za

Council for Scientific and Industrial Research - CSIR

http://www.csir.co.za/plsql/ptl0002/PTL0002_PGE001_HOME

Instituição pública constituída desde 1945 como um conselho de ciências, com recursos oriundos do parlamento sul-africano, e sediada na cidade de Pretória, é uma das principais agências de tecnologia e inovação do país. A página traz informações atualizadas sobre suas principais atividades, e dá acesso a relatórios, publicações, boletins, links para empresas associadas, como a *Snowden Mining Consultants* e a outros sites relacionados, bem como a assinatura online do *CSIR News*. Tem sistema de busca simples, e também por setores industriais e unidades comerciais, como mineração, metais e minerais, por informações gerais, comércio eletrônico e para a equipe, além de um perfil institucional em português.

Contato: webmaster@csir.co.za

Mintek

<http://www.mintek.co.za/>

Empresa vinculada ao Department of Minerals and Energy e sediada na cidade de Randburg, na África do Sul, voltada para o desenvolvimento de tecnologia especializada em processamento mineral, metalurgia extractiva e áreas relacionadas. Atende à indústria e centros de pesquisa de todo o mundo por meio de consultorias, serviços de testagem, equipamentos, e novos processos tecnológicos para metais base e preciosos, ligas de ferro e para o setor mineral industrial. A página traz informações gerais sobre a empresa e dá acesso a boletim, serviço de informações com biblioteca, conferências e recursos online, ao relatório anual de atividades, e às divisões de pesquisa e desenvolvimento tecnológico em suas diversas áreas de atuação, incluindo metalurgia extractiva, metalurgia física, pirometalurgia e mineralogia.

Contato: andys@mintek.co.za

South Africa Council for Geoscience

<http://www.geoscience.org.za/>

Organização pública de classe, sucessora do *Geological Survey of South Africa*, legalmente estabelecida em 1993 e sediada na cidade de Pretória, dedicada a prover informações e serviços de excelência na área das geociências, para o benefício da população sul-africana. A página traz um perfil do Conselho, e informações sobre sua equipe e suas divisões, sobre os serviços que oferece e oportunidades de trabalho. Dá acesso a catálogo de publicações, a mapa sobre depósitos minerais sul-africanos, a biblioteca e centro de informação, entre vários outros recursos.

Contato: nfrick@geoscience.org.za

Estados Unidos

Adams State College

<http://www.adams.edu/>

Universidade do Colorado, que através da *School of Science, Mathematics & Technology* disponibiliza o Department of Geology and Environmental Science, com ênfase nas áreas de cristalografia ótica, gemas, geologia, minerais, paleontologia, petrologia e sedimentologia.

Contato: <http://www.adams.edu/contact.htm>

Alaska Pacific University

<http://www.alaskapacific.edu/>

A Universidade, localizada no Alasca, conta com o Departamento Environmental Science and Outdoor Studies e seu mestrado, o Master of Science in Environmental Science que aborda diversos aspectos da geologia.

Contato: http://www.alaskapacific.edu/forms/notify_admissions.php

Boston University

<http://www.bu.edu/>

Conta com o Center for Energy and Environmental Studies - CEES, com sua pós-graduação, e o Department of Earth Sciences, que disponibiliza laboratórios e cursos de geologia, hidrogeologia, geodinâmica, mineralogia, etc. O Centro e o Departamento fazem parte do College of Arts and Sciences.

Contato: <http://www.bu.edu/answers/>

Brigham Young University - BYU

<http://www.byu.edu/index.html>

Mantém o Department of Geology, com pós-graduação nas áreas de geologia, geologia ambiental e ciências da terra. Conta também com o Civil and Environmental Engineering Department com programas que abordam áreas fundamentais para a engenharia civil: geotecnologia, água e engenharia ambiental.

Contato: Joseph_Ogden@byu.edu

California Institute of Technology - Caltech

<http://www.caltech.edu/>

O Caltech mantém o Geological and Planetary Sciences, que oferece cursos de graduação e pós-graduação nas áreas de geobiologia, geoquímica, geologia, geofísica, ciências planetárias, ciências ambientais e engenharia. Esta última pertence à Divisão de Engineering and Applied Science, que conta também com áreas de atuação organizadas por departamentos e centros, tais como o Materials Science, o Center for the Science and Engineering of Materials - CSEM e o Center for Simulating Dynamic Response of Materials.

Contato: orourke@caltech.edu

Colorado School of Mines

http://www.mines.edu/index_js.shtml

A Universidade conta com Departamentos que tratam de variados temas relacionados aos recursos minerais. Entre eles estão o Mines Chemistry and Geochemistry com seu programa de pós-graduação, Division of Engineering (civil, elétrica, ambiental,

mecânica), Metallurgical & Materials Engineering com pós-graduação, Mining Engineering com laboratórios e pós-graduação, Geology and Geological Engineering e suas pós-graduações, entre outros.

Contato: webmaster@mines.edu

Harvard University

<http://www.harvard.edu/>

Através da Faculty of Arts and Sciences, a Universidade disponibiliza a Division Engineering and Applied Sciences - DEAS, com pós-graduação em Environmental Sciences and Engineering, Materials Science, Oceans, Atmospheres & Geophysics, entre outros. Na Graduate School of Arts and Sciences - GSAS encontra-se o Department of Earth and Planetary Sciences, originado da fusão dos Departamentos de Geologia, Engenharia, Química e Biologia.

Contato: <http://www.harvard.edu/siteguide/email/>

Massachusetts Institute of Technology - MIT

<http://web.mit.edu/>

Conta com as Escolas de Engenharia e de Ciências. Oferece uma página com a relação de seus laboratórios, centros de pesquisa e programas, onde é possível fazer busca por palavra-chave. A Escola de Engenharia mantém o Department of Civil & Environmental Engineering com programas de pós-graduação e o Department of Materials Science and Engineering - DMSE e seus programas de pós-graduação. A Escola de Ciências mantém o Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences - EAPS e sua pós-graduação.

Contato: <http://web.mit.edu/comment-form.html>

New Mexico Bureau of Geology & Mineral Resources - NMBGMR. New Mexico Tech

<http://geoinfo.nmt.edu/>

Agência que faz pesquisa geológica e mineral no Estado do Novo México. Dissemina informações sobre geologia, recursos minerais e energéticos, recursos hídricos, perigos geológicos, problemas ambientais e extrativismo metalúrgico. A página traz seus laboratórios; publicações; mapas topográficos, geológicos e de petróleo; museu; programas de recursos naturais; programa de geologia ambiental e hidrogeologia; eventos e um tour virtual pela geologia do Estado.

Contato: mwilks@gis.nmt.edu

Princeton University

<http://www.princeton.edu/>

Localizada em Nova Jersey, mantém o Department of Geosciences com foco nas seguintes áreas de estudo: geofísica, geociência ambiental e geoquímica, e ciências atmosféricas e oceânicas. O Departamento conta, também, com os programas associados: *Environmental Engineering and Water Resources - EEW*, *Princeton Environmental Institute - PEI* e o *Princeton Materials Institute - PMI*.

Contato: <http://web.princeton.edu/sites/oit/ContactUs.htm>

San Francisco State University - SFSU

<http://www.sfsu.edu/>

A Universidade conta com o Department of Geosciences que é estruturado por campos como geologia, meteorologia e oceanografia. Capacita seus alunos a trabalharem em indústrias e agências governamentais através do Mestrado em Geologia Aplicada.

Contato: <http://www.sfsu.edu/deptpage/emailref.htm>

Stanford University

<http://www.stanford.edu/>

Localizada na Califórnia, mantém a *School of Earth Sciences* que compreende os departamentos de Geologia e Ciências Ambientais, de Geofísica e Engenharia de Petróleo. Os departamentos oferecem programas de pesquisa nas áreas de paleomagnetismo, tectônica, geologia do petróleo, geoquímica, mineralogia e cristalografia, entre outras.

Contato: <http://www.stanford.edu/home/atoz/contact.html>

United State Geological Survey - USGS

<http://www.usgs.gov/>

Agência de pesquisa que visa prover informação sobre os recursos naturais nos Estados Unidos. Promove programas relacionados à geologia (Mineral Resources Program), biologia, água e mapas. A página oferece informações educativas, sobre a biblioteca, busca pelos estados americanos e um glossário.

Contato: http://interactive2.usgs.gov/contact_us/index.asp

University of California - UC Berkeley

<http://www.berkeley.edu/>

Localizada em Berkeley, mantém o *Institute for Environmental Science and Engineering - IESE* que tem entre seus departamentos afiliados: o Departamento de Engenharia e Ciência dos Materiais e o Departamento de Ciência da Terra e Planetária. Tais departamentos oferecem cursos de graduação e pós-graduação nas áreas de geoquímica, geofísica, geodinâmica, geologia, ciências atmosféricas e estrutura dos materiais.

Contato: <http://www.berkeley.edu/misc/contact/>

Washington and Lee University - W&L

<http://www2.wlu.edu/>

Localizada em Lexington, Virgínia, mantém o Departamento de Geologia que oferece cursos e desenvolve programas de pesquisa na área de ciências da terra. O site do departamento apresenta, entre outros recursos, as disciplinas ministradas nos cursos de geologia.

Contato: <http://www2.wlu.edu/web/scf/normal/195.html>

Yale University

<http://www.yale.edu/>

Localizada cidade de New Heaven, Connecticut, mantém o Departamento de Geologia e Geofísica que oferece cursos de graduação e pós-graduação e programas de pesquisa nas áreas de: paleontologia e evolução; bioquímica, paleoceanografia e paleoclima; geoquímica e petrologia; atmosfera, oceanos e dinâmica climática; geotectônica; física do interior da Terra.

Contato: <http://www.yale.edu/about/faq.html>

Bibliografia

- AMIRA International Annual Report 2002/2003
- CHAVES, Arthur. Gerenciamento de Projetos de Mineração, EPUSP, São Paulo, 1997.
- CHAVES, Arthur. Teoria e Prática do Tratamento de Minérios. Vol 1. 2 ed. São Paulo, 2002.
- CRC Compendium, 2002. Commonwealth Department of Education, Science and Training. Canberra, 2002
- ELLUL, Jacques. The Technological Society. New York: Vintage, 1964.
- Fundos Setoriais de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Uma estratégia de Desenvolvimento Nacional. MCT, Brasília, 2000.
- GADELHA, Carlos. Relação instituições de pesquisa-empresa no contexto dos sistemas nacionais de inovação: as especificidades da política tecnológica.
- MARINI, Onildo. Sugestões de Diretrizes para o Fundo Setorial Mineral de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Brasília, 2001.
- MARINI, Onildo. Panorama Técnico Científico do Setor Mineral Brasileiro. Brasília, 2001.
- McDIVIT, James. Status of Education of Mining Industry Professionals. MMSD, 2002.
- McNULTY, Terry. Innovative Technology: Its Development and Commercialization.
- NOGUEIRA, Paulo R.S.M. Desenvolvimento e Tecnologia. Apresentação interna a CVRD, 2003
- HOBBSAWM, Eric. Era dos Extremos, o Breve Século XX:1914-1991. São Paulo, Companhia das Letras, 1995.
- STAL, Eva. Centros de Pesquisa Cooperativa. Revista de Administração, São Paulo, v 34 n°4, outubro,1999

VALE, Eduardo. Avaliação da mineração na economia nacional: matriz insumo produto do setor mineral. Brasília: CPRM, 2001.

VIEGAS, Waldyr. Fundamentos de Metodologia Científica. Editora Universidade de Brasília, 1995.

WILLIANS, Raymond. Keywords: A Vocabulary Of Culture And Society. London: Fontana, 1976

www.aber.ac.uk/media/Modules/MC10220/whattech.html

www.amira.com.au

<http://atschool.eduweb.co.uk/trinity/watistec.html>

www.atse.org.au/publications/orations/oration1993.htm

www.austehc.unimelb.edu.au/tia/744.html

www.cvrd.com.br

www.davender.com/articles/innovation/tsld003.htm

www.dnpm.gov.br

www.geocities.com/adimb

www.mct.gov.br

www.prossiga.br/recursosminerais/