

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS-UNICAMP

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

INVESTIGAÇÃO PROSPECTIVA NA INDÚSTRIA DOS TERRAS RARAS.

SUBSÍDIO PARA POLÍTICAS E GESTÃO EM MINERAIS/MATERIAIS

ESTRATÉGICOS.

*Este exemplar corresponde à
redação final da tese defendida*

por Vladimir Amâncio de Abreu

e aprovada pela comissão

colgadora em 26/11/91

VLADIMIR AMÂNCIO DE ABREU

Saul Suslick

Dissertação apresentada ao Instituto de
Geociências da Universidade Estadual de
Campinas - UNICAMP para obtenção do
título de Mestre

Orientador: Prof. Dr. SAUL BARISNIK SUSLICK¹

Campinas

1991

1280026
Ab86i

UNICAMP

DEDICATÓRIAS

À minha mãe

por ter me ensinado a ler e a escrever e
me fazer ver a importância de nunca mais
parar de estudar.

ao meu pai

por ter me ensinado a ter espírito crítico
e me fazer ver o poder do uso da razão no
desenvolvimento do meu espírito científico.

e também para

Ana

Maria

Cecília

e

Helena

que fizeram-me ver a importância de nunca
parar de amar e o poder do uso da emoção
no desenvolvimento do meu espírito poético.

AGRADECIMENTOS

Ao CETEM nas pessoas do Dr. Roberto Villas Boas e Sr. Juliano Peres Barbosa pela complementação financeira para visita ao Rare-Earth Information Center (RIC) e à valiosa troca de informações. À Solvay do Brasil na pessoa do Dr. Marc Demetz e ao geólogo José Carlos de Lucena da Nuclemon pela cessão de dados e informações sobre os TR de no Brasil e no exterior. Ao orientador/amigo, ou talvez seja melhor amigo/orientador, Dr. Saul Suslick por ter sempre incentivado meu desenvolvimento acadêmico. Ao Dr. Abrahan Sin Dih Yu pelo cobertura institucional e valiosas contribuições sobre a "perspectiva da prospectiva" e outras não vãs filosofias orientais e ocidentais. Ao pessoal do CENDES, principalmente à amiga Edna Gubitoso não apenas pela organização da extensa bibliografia deste trabalho mas sobretudo pelo carinho e hospitalidade com que recebeu-me em sua casa em Pittsburg - USA. Um agradecimento especial ao Dr. Milton de Abreu Campanário que nos idos de 1985 teve a ousadia de acreditar e apoiar a multidisciplinaridade e, como se não bastasse, teve a petulância de valorizá-la e incentivá-la. A todos que de alguma forma me ajudaram, agradeço e espero poder honrar com este trabalho.

Gostaria de, mais que agradecer, homenagear ao Dr. Karl Gschneider Jr., diretor do RIC, pela esplêndida acolhida e por ter, em mais de 25 anos da vida, lançado seu espírito no desenvolvimento da pesquisa e tecnologia dos Terras Raras.

RESUMO

Este é um estudo investigatório visando delinear alternativas para subsidiar ações junto a indústria mineral de TR. Foram estudadas além da realidade geológica, também variáveis de mercado e apontadas tendências nacionais e internacionais do setor. Desenvolvendo a metodologia Prospectiva foram abordados aspectos econômicos, institucionais, tecnológicos e estratégicos para toda a indústria dos Terras Raras no país e no exterior.

Foram identificados "gargalos" e "hiatos" setoriais e inter-setoriais, correlacionados às capacidades necessárias para implementação de políticas e a gestão de estratégias.

Inicialmente é feita uma apresentação da Prospeção e Prospectiva como instrumentos para análise de tecnologias e de mercados e da sua aplicação no estudo da indústria dos Terras Raras. Em seguida são feitas contraposições dos aspectos econômicos da indústria mundial de Terras Raras frente à situação da indústria nacional. São apresentadas então as tendências e perspectivas para indústria e de cada componente de Terras Raras para no final tecer considerações sobre as alternativas e os resultados que se pode esperar para o país.

Por fim chega-se a algumas conclusões sobre a política mineral no país para minerais/materiais estratégicos e as formas de gestão dos Terras Raras.

ABSTRACT

This is an investigative survey research that intends to outline alternatives which will support actions in the Brazilian Rare-Earth Mineral Industry. Domestic and international trends were pointed out considering not only the geological data but also market variables. With the development of a Prospective methodology; institutional, technological, strategics, micro and macroeconomics aspects were treated.

Sector and inter-sectors constraints and gaps, correlated to the needed capacities for the policies implementation and to the strategy management, were identified.

Initially Prospection and Prospective as analisys tools of technology and market, as well its appliances in Rare-earth industry study is presented.

Following a comparison beteween worldwide and brazilian economical aspects in Rare-Earth industry is made. Trend and perspectives for the whole industry and for each single Rare-earth metal are then examineted in such a way to consider on expectable alternatives and results in Brazil.

At last, conclusions on the mineral Policy and Rare-Earth Industry management as strategic mineral/materials are made.

SUMÁRIO

INVESTIGAÇÃO PROSPECTIVA NA INDÚSTRIA DOS TERRAS RARAS.
 SUBSÍDIOS PARA POLÍTICAS E GESTÃO EM MINERAIS/MATERIAIS
 ESTRATÉGICOS

	Pg.
DEDICATÓRIAS	i
AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	iii
ABSTRAC	iv
SUMÁRIO	v
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE ABREVIACÕES	ix
 CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	
1.1 ESCOPO E OBJETIVOS	1
1.2 METODOLOGIA	3
1.2.1 PROSPECTIVA APLICADA AOS TERRAS RARAS.....	6
1.3 FONTES DE INFORMAÇÕES E DE DADOS	
1.3.1 RARE EARTH INFORMATION CENTER.....	9
1.3.2 CAMARA SETORIAL DE TERRAS RARAS.....	10
1.3.3 OUTRAS FONTES.....	11
 CAPÍTULO II - DO OBJETO DE ESTUDO	
2.1 LANTANÍDEOS X TERRAS RARAS.....	11
2.2 OS TERRAS RARAS NA INDUSTRIA MINERAL	14
2.3 OS TERRAS RARAS NA INDUSTRIA DE USOS E CONSUMO FINAL.....	18
2.4 A VARIÁVEL TECNOLÓGICA E OS TERRAS RARAS.....	18
2.4.1 TECNOLOGIA NA INDÚSTRIA MINERAL	19
2.4.2 TECNOLOG. NA INDÚST. DE USOS E CONSUMO FINAL..	24
2.5 OS TERRAS RARAS NO BRASIL.....	26
 CAPÍTULO III - ASPECTOS ECONÔMICOS DOS TERRAS RARAS	30
3.1 INDÚSTRIA EXTRATIVA MINERAL	
3.1.1 ESTRUTURA DA OFERTA MUNDIAL.....	31
3.1.2 ESTRUTURA DA OFERTA DOMÉSTICA.....	36
3.2 INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO	
3.2.1 ESTRUTURA DA OFERTA MUNDIAL.....	38
3.2.2 ESTRUTURA DA OFERTA DOMÉSTICA.....	45
3.3 INDÚSTRIA DE USOS E CONSUMO FINAL	
3.3.1 ESTRUTURA DA DEMANDA/ CONSUMO MUNDIAL.....	48
3.3.2 ESTRUTURA DA DEMANDA/ CONSUMO DOMÉSTICO.....	49
3.4 PREÇOS.....	54

SUMÁRIO - Continuação

	Pg.
CAPÍTULO IV - PROSPECTIVA	
4.1 PERSPECTIVAS	61
4.1.1 DA INDUSTRIA EXTRATIVA MINERAL.....	62
4.1.2 DA INDUSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO MINERAL.....	64
4.1.3 DA INDUSTRIA DE USOS E CONSUMO FINAL.....	66
4.2 TENDÊNCIAS DA OFERTA E DEMANDA POR ELEMENTO	69
4.2.1 ESCÂNDIO.....	71
4.2.2 ÍTRIO.....	71
4.2.3 LANTÂNIO.....	72
4.2.4 CÉRIO.....	74
4.2.5 PRASEODÍMIO.....	75
4.2.6 NEODÍMIO.....	75
4.2.7 SAMÁRIO.....	76
4.2.8 EURÓPIO.....	77
4.2.9 GADOLÍNIO.....	77
4.2.10 TÉRBIO.....	78
4.2.11 DISPRÓSIO.....	78
4.2.12 HOLMIO.....	79
4.2.13 ÉRBIO.....	79
4.2.14 TÚLIO.....	80
4.2.15 ITÉRBIO.....	80
4.2.16 LUTÉCIO.....	81
4.3 PROSPECTIVA PARA O BRASIL	81
4.3.1 INDUSTRIA DE USOS E CONSUMO FINAL.....	82
4.3.2 INDUSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO MINERAL.....	83
4.3.3 INDUSTRIA EXTRATIVA MINERAL.....	85
CAPITULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
ANEXOS	109

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pg.
FIGURA 1 - TR LEVES X PESADOS NOS DEPOSITOS MINERAIS	18
FIGURA 2 - EVOLUÇÃO SETORIAL EM VALOR E VOLUME	61
FIGURA 3 - COMPOSIÇÃO DO MERCADO POR TIPO DE TECNOLOGIA	67
FIGURA 4 - RISCO TECNOLÓGICO X CAPACITAÇÃO	90
FIGURA 5 - RISCO TECNOLÓGICO X DEMANDA	90
FIGURA 6 - RISCO TECNOLÓGICO X CONCORRÊNCIA	90
FIGURA 7 - DEMANDA X CAPACITAÇÃO	90
FIGURA 8 - CONCORRÊNCIA X CAPACITAÇÃO	90
FIGURA 9 - DEMANDA X CONCORRÊNCIA	90

LISTA DE ABREVIACÕES

BCC - Business Communication Company

CETEM - Centro de Tecnologia Mineral

CACEX - Carteira de Comércio Exterior do Banco do Brasil

CIR - China Rare-Earth Information Center

CRA - Charles Rivers Associated

FCC - Fabrica Carioca de Catalisadores

FCC - Fluid Cracking Catalyst

INB - Indústria Nucleares Brasileiras

NUCLEMON - Nuclebrás de Monazita e Associados

OTR - óxidos de TR

P&D - Pesquisa e Desenvolvimento

RIC- Rare-Earth Information Center.....

SAMITRI - S.A. Mineração Trindade

TR - Terras Raras

UPRA - Usina de Praia

USAM - Usina de Santo Amaro

USIM - Usina de Interlagos

3N, 4N e 5N - 99,9%, 99,99% e 99,999% de pureza

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1.1 ESCOPO E OBJETIVOS

A prospectiva é uma abordagem que vem sendo empregada em organizações de vários tipos. Isto se deve à elevada taxa das mudanças tanto no âmbito global (no paradigma tecnológico, na geopolítica global) como no âmbito setorial (consumidores, concorrentes, canais de distribuição) das organizações. As incertezas e riscos decorrentes geram a necessidade de se dispor de análises para apoiar a tomada de decisões sobre o ambiente futuro onde as organizações atuarão.

Foi nos países preocupados com o abastecimento de matéria-prima e insumos que surgiu a preocupação em tentar antecipar os movimentos da oferta, dos estoques, das políticas das empresas e países produtores, visando administrar a escassez natural ou provocada artificialmente. Atualmente, esta postura se estendeu também às organizações e países produtores de insumos e "commodities" que reconheceram a necessidade de encarar as matérias primas como materiais ou como produtos, sujeitos aos mesmos acontecimentos que farão flutuar a demanda e a oferta global alterando o perfil de produção das matérias primas e insumos que oferecem.

As teorias econômicas modernas definem o suprimento mineral como um recurso de fluxo e não mais como recursos e reservas em estoques fixos. Isso implica dizer que a produção e a valorização mineral depende não apenas da existência física do mineral mas também do desejo e capacidade (econômica, tecnológica e empresarial) da sociedade em produzi-los e

transformá-los. Isso também implica que o desenvolvimento científico e tecnológico passa a possuir na atualidade o status de valor estratégico.

Isso pode ser observado, em primeiro lugar, nas dificuldades e barreiras para se conseguir ter acesso à tecnologia e em segundo lugar na constatação de que as associações de interesses ficam cada vez mais difíceis quanto mais se caminha na direção do produtor mineral pois ficam cada vez mais heterogêneos, tornando os mercados muito competitivos e, dado ainda os baixos custos de entrada e saída, tornam-se facilmente "contestáveis" (VOGELLY, 1986) ou sem poder de barganha.

Os governos reconhecem a necessidade de intervir, pois os produtos de alta tecnologia são cada vez mais importantes em participação no comércio internacional. Mas o governo, ao intervir, acaba alterando as condições competitivas de forma que, mesmo uma vantagem temporária conseguida com incentivos e subsídios, pode levar a um efeito residual que altere a futura habilidade da firma num mercado internacionalizado. É neste contexto que se insere este trabalho: investiga através da metodologia Prospectiva, as mudanças significativas que poderão ocorrer na indústria mineral de TR e analisa sua influência nos negócios para o Brasil. Para isso, procurou-se colocar lado a lado os dados técnicos, comerciais, políticos e de mercado dos TR, afim de visualizar os impactos para fornecedores, usuários e órgãos de governo encarregados do fomento mineral.

Na verdade, mudanças já vêm ocorrendo e o maior estímulo

para este estudo está no deslocamento do foco de produtos misturados e baratos para materiais separados de alta pureza e com alto valor agregado (CANNON, 1983). A questão básica a que este estudo procura fornecer subsídios é: como instrumentos de política e de gestão poderão se enbricar para administrar de forma mais eficiente a eventual consolidação dos TR como recursos minerais não convencionais.

1.2 METODOLOGIA

No caráter humano identifica-se um frequente receio sobre o futuro. É paradoxal se viver desejando o progresso mas ter receio de agir por não saber exatamente a melhor forma de fazê-lo. Este problema é agravado pelos riscos do custo de oportunidade de uma decisão: ao apostar e investir numa alternativa ou numa estratégia, se deixa de fazê-lo noutra direção. Ou seja, haverá sempre pelo menos a perda dos benefícios da alternativa não escolhida, havendo inclusive o risco da relação custo/benefício do caminho escolhido vir a se revelar menos vantajosa que alguma das alternativas relegadas. Por isso, em todo processo de decisão aparecerá o risco de, frente à presumida futura escassez de recursos, tomar uma atitude perdulária e levar até mesmo à falência do empreendimento.

Foram desenvolvidos métodos de estudo para tentar antever custos e benefícios e ajudar a tomar medidas para se provisionar o futuro. Não devem ser confundidos todavia com a descoberta do desconhecido. A validade de estudar o futuro está na sua utilidade nos processos estratégico, de planejamento,

decisório e de ação. Ao avaliar a possibilidade de ocorrência de eventos indesejáveis, instrumenta-se a ação para que o resultado não se concretize. Então o evento não ocorre, ou ocorre de maneira diversa daquela prevista. No caso de se avaliar a possibilidade de eventos desejáveis, a instrumentação da ação dá-se no sentido de apressar o resultado esperado. Então não se fala propriamente em futuro como algo determinístico, mas sim em tendências, em perspectivas ou em probabilidades.

Estudos do futuro são estudos do provável, às vezes só do possível e "carecem frequentemente do rigor e do suporte teórico-metodológico" (RATTNER, 1984). Rattner menciona os seguintes termos como se referindo a estudos do futuro: antecipação, predição, especulação e profecia. Previsão, prospecção e prospectiva são também muito utilizadas.

Como denominações tomadas de outras disciplinas precisam ser definidos com cuidado a fim de se evitar confusão conceitual, foi feito um breve estudo etimológico daqueles termos antes de se optar pela utilização da prospecção e prospectiva.

Neste trabalho prospecção é a reunião e exposição de dados, fatos, evidências e tendências que, presume-se, influenciarão o futuro. A partir da prospecção surgem dois ângulos a serem analisados na prospectiva. O primeiro relaciona-se em identificar alternativas passíveis de se materializarem no futuro, e o segundo é saber que resultados e implicações se pode esperar para cada uma delas. Ou seja a

Prospectiva é uma análise de eventos do passado e de tendências para o futuro, na qual busca-se ver a situação total de uma nova maneira, o que implica compreender relações lógicas e perceber conexões tidas como prováveis entre meios e fins. É um estudo por hipóteses e probabilidades, qualitativo e/ou quantitativo. O resultado da prospectiva, poderá ser uma hipótese, uma relação de alternativas, um cenário, um planejamento ou uma estratégia.

O conhecimento estruturado advindo da prospectiva proporciona ao indivíduo possibilidades de antecipação e uma mais rápida adaptação às mudanças ambientais. Ele se sentirá por isso mais apto a lidar com situações novas e tomar decisões.

Dito de outra forma, a prospecção pode ser entendida como "síntese utilizável das informações atuais sobre o futuro" (NICHOLSON, 1968) e prospectiva a análise delas. É um estudo do futuro com informações qualitativas e quantitativas estruturadas e sistematizadas seja como incerteza objetiva, seja como certeza subjetiva, o que diminuirá a tensão que a incerteza subjetiva introduz no processo de tomada de decisão.

Cria-se, através da prospectiva, a possibilidade de estruturar cenários, antecipar direcionamentos e promover ajustes para correções de rota a serem executados à partir do momento do estudo, em conexão com um ambiente futuro, atribuindo-lhes, de uma forma mais precisa, a ordem de grandeza que lhes convier.

Após o levantamento de hipóteses e identificação das

diferentes alternativas pode-se, por fim, montar e avaliar estratégias. Uma estratégia repousa sobre dois postulados: "de uma parte sobre a coerência interna de um conjunto de decisões concebidas tendo em vista alcançar um certo numero de resultados futuros, e de outra parte, a compatibilidade desta escolha com as características do ambiente, seus constrangimentos, embaraços e perspectivas. Sendo as ações interdependentes, a estratégia pode ser concebida como sendo um conjunto estruturado de sub-estratégias funcionais em interrelação, cada decisão repercutindo sobre as outras." (BARREYRE, 1978). Portanto estratégia é um algoritmo descrevendo a escolha inicial bem como as escolhas para cada decisão subsequente que venha a acompanhar a escolha inicial e/ou as subseqüentes. É um conjunto de escolhas encadeado, um caminho preferencial de escolhas entre alternativas interdependentes. Montadas as estratégias pode-se avaliá-las quanto ao "timing" de implementação e retorno, custos e benefícios, riscos etc e hierarquizá-las.

1.2.1 PROSPECTIVA APLICADA AOS TERRAS RARAS

As metodologias usuais para análise de "commodities" minerais não se aplicam totalmente aos TR em decorrência de algumas de suas especificidades, tais como: pequenos volumes comercializados, alto valor agregado e dependência da inovação tecnológica em diversos setores consumidores para viabilização dos seus produtos finais, bem como uma estrutura de indústria marcada pela atuação de um número restrito de empresas de

grande porte.

Por isso a técnica empregada foi a seguinte: levantamento prospectivo visando a identificação de políticas e alternativas para utilização em atividades de planejamento (estratégico, tático ou operacional) e gerenciamento da indústria mineral brasileira dos Terras Raras.

Esta abordagem foi dividida em etapas cujo fluxograma pode ser visto no anexo I:

Primeira Etapa:

Coleta e sistematização de informações sobre a viabilidade técnica e econômico-comercial das tecnologias, produtos e processos de TR, da seguinte forma:

- (I) Levantamentos em uma rede de informações sobre o assunto;
- (II) Desenvolvimento de uma rede de consulta abalizada, confiável e atualizada, através de visitas a pessoas e instituições que operam com TR, contatos telefônicos, trocas de correspondência, leituras de periódicos, etc.

Para análise da viabilidade técnica procurou-se:

- a) conhecer o estado da arte da tecnologia focalizando os padrões de progresso, impactos, quem e o que está pesquisando na área e fatores determinantes do sucesso.
- b) analisar as tecnologias concorrentes, incluindo sua capacidade de reação e possível evolução (padrões de progresso, fatores determinantes de desempenho etc).

Para análise econômica comercial se procurou:

- a) determinar para o futuro a evolução e a dimensão do mercado dos usos e aplicações de TR (necessidades, padrões de mudança,

competências requeridas e disponíveis);

b) identificar a organização industrial dos compradores, fornecedores e competidores (padrões de concorrência, fontes de tecnologia, origem do capital, fornecedores de matéria prima e de tecnologia etc) de TR no País e no exterior, mapeando eventuais sobreposições de área e de necessidades tecnológicas ou de interesses políticos e comerciais (grupos, áreas ou tecnologias que podem ser agregadas, ou vão competir ou poderão vir a suprir deficiências mútuas) e,

c) analisar *qualitativamente* a viabilidade técnico-econômica das aplicações com maior número de dados.

Segunda Etapa:

Triagem e análise das informações da primeira etapa para levantar hipóteses de opções, utilizando-se como critérios:

- atualidade e confiabilidade da informação.
- horizontes de maturação e planejamento das tecnologias.
- vantagens ou desvantagens comparativas do Brasil

Terceira Etapa:

Prospectiva através de identificação, estruturação e análise de alternativas e delineamento de políticas e ações, utilizando-se como critérios:

- capacitação no país e no exterior.
- demanda e concorrência
- risco tecnológico e risco comercial

1.3 FONTES DE INFORMAÇÕES E DE DADOS

Os dados de prospecção foram conseguidos em publicações técnicas, de negócios e publicações oficiais abertas ao público em geral. Informações adicionais foram obtidas com especialistas acadêmicos, funcionários de órgãos de governo e da indústria que mantêm interesse no setor de TR. Também cederam dados e informações empresas envolvidas no desenvolvimento, manufatura e distribuição de materiais, compostos e produtos contendo TR; empresas fornecedoras químicas e de equipamentos para produtores e consumidores de TR. Entre as fontes duas merecem ser destacadas: O Rare-earth Information Center e a Câmara Setorial de Terras Raras.

1.3.1 RARE EARTH INFORMATION CENTER

A Divisão de Informações Técnicas da Comissão de Energia Atômica dos EUA constituiu em janeiro de 1966, no Ames Laboratory (Ames, Iowa), o "Rare-Earth Information Center" (RIC) para servir à comunidade científica e tecnológica através da coleta, classificação, armazenamento e disseminação de informações sobre TR, provenientes de várias fontes. Em 1968 a manutenção econômica do RIC foi transferida para o Instituto de Pesquisas Tecnológicas em Física da Universidade Estadual de Iowa, e por meio de subvenções provenientes da indústria de TR espalhadas no mundo.

Desde sua inauguração o RIC tem publicado um boletim trimestral gratuito, contendo tópicos de interesse e atualidades relacionados à ciência e tecnologia dos TR (o "RIC

News"). Em Março de 1988 o RIC deu início à publicação de um segundo periódico, "RIC Insight", que é publicado mensalmente. Ambos fornecem material útil para prospecção pois enquanto o RIC News contém mais comentários editoriais, opiniões especulativas sobre os direcionamentos futuros para os TR o "RIC Insight" divulga notícias voltadas para os aspectos comerciais dos TR. Isto é, um relata mais sobre a tecnologia e o outro mais sobre os aspectos económicos dos TR.

As informações são recolhidas de todas as fontes disponíveis (livros, jornais, relatórios, conferências, anais de congresso, patentes etc) por cientistas qualificados. Estes dados estão armazenados num sistema de informações, provavelmente um dos mais completos banco de dados sobre um assunto específico no mundo.

Todo este material foi colocado à disposição do autor deste trabalho quando da visita ao RIC em 1990. Através de busca computadorizada foi feita uma primeira seleção neste banco de referências bibliográficas, utilizando-se palavras-chaves para obtenção dos dados mais atualizados que fornecessem subsídio satisfatório aos requisitos do item 1.2 - Metodologia.

1.3.2 CAMARA SETORIAL DE TERRAS RARAS

Tendo em vista a importância de integrar os diversos segmentos do setor de TR no sentido de assimilar, difundir e expandir o mercado para produtos de maior valor agregado, bem como evitar a repetição e superposição de trabalhos com conseqüente desperdício de esforços e recursos, o Centro de

Tecnologia Mineral (CETEM) tomou a iniciativa em Agosto de 1989 de promover a reunião de cerca de 26 entidades que já vinham pesquisando ou utilizando TR num Comitê Executivo de Terras Raras. E com o objetivo de sugerir políticas de mercado e de desenvolvimento tecnológico, visando estimular o intercâmbio de informações e experiências, discutir o estado da arte e congregar representantes dos diversos segmentos com interesse em TR, em 27/06/90 foi constituída a "Câmara Setorial das Terras Raras". Participam desta Câmara representantes dos setores produtivo, consumidor e governamental, e ainda dos Institutos de Pesquisa e Universidades. Neste forum de debates foi possível se obter informações primárias privilegiadas, originadas dos próprios representantes dos segmentos produtivo, consumidor e de pesquisa em TR.

1.3.3 OUTRAS FONTES

Além do RIC e da Câmara Setorial de Terras Raras, também se realizaram questionários, consulta e entrevistas com empresas, universidades e centros de pesquisa. As informações sobre mercados e produtos que foram cedidas, são apresentadas a crédito dessas fontes e sob sua permissão.

CAPÍTULO II - DO OBJETO DE ESTUDO

2.1 LANTANÍDEOS X TERRAS RARAS

Os Terras Raras (TR) são elementos químicos de caráter metálico e com propriedades até anos atrás pouco conhecidas.

A denominação vem do século passado quando começaram a ser descobertos. Deriva do aspecto terroso de seus óxidos e da suposição, hoje reconhecida como equivocada, de que seriam elementos escassos na natureza. A descoberta e separação dos elementos TR começou com o mineral Iiterbita (hoje chamado gadolinita) encontrado em 1787 numa mina de fluorita próxima de uma vila sueca chamada Ytterby, por Karl Axel Arrhenius. O primeiro elemento trivalente isolado deste mineral (1794) chamou-se ítrio. Posteriormente, com a identificação de outros TR, surgiu a necessidade de novas denominações. Uma forma rápida e fácil foi omitir ou adicionar letras ao nome do mineral. Assim surgiram Itérbio, Térbio e érbio.

Investigações químicas de outros minerais levaram à descoberta do grupo de TR leves. Foi escolhido para o elemento dominante o nome de Cério, inspirado na descoberta em 1801 do planetóide Cério. Na mitologia grega, Ceres era a deusa da fertilidade. Também da mitologia grega veio Promécio (de Prometeu - o que primeiro trouxe o fogo para a humanidade) .

Carl G. Mosander, partindo de "terras de Cério" (1839-1842), isolou dois novos elementos: um a que chamou Lântanio ou "ou escondido" em grego, e outro Didímio, ou "irmão gêmeo" em grego, por lhe ser muito parecido. O nome Disprósio significa em grego "de acesso difícil", em razão das dificuldades em sua separação .

Em 1885 o químico Auer von Welsbach descobriu que Didímio era realmente um combinado. Ele teve sucesso em dividi-lo em dois elementos a que chamou Neodímio (do grego: "novo irmão") e

Praseodímio (do grego: "irmão verde").

Outros nomes de elementos de TR vêm da homenagem a cientistas envolvidos com o desenvolvimento do conhecimento de TR. Gadolínio em honra ao químico filandês Johan Gadolin (1760-1852). Samário, ao encarregado de mineração russo V.E. Samarsky, que descobriu o minério de TR chamado samarskita. Holmio foi proposto para homenagear seu descobridor Per T. Cleve, nascido em Estocolmo, que em latim se diz Holmia. Nomes geográficos são também o Európio e o Túlio (Thule é um território mitológico longínquo e difícil de ser alcançado).

é frequente encontrar-se trabalhos onde aos TR são incluídos o Tório ou outros actínídeos o que pode gerar justificada confusão semântica. Porisso é necessário esclarecer que neste trabalho se seguirá a orientação da IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) que define TR como os Lantanídeos ($z = 57$ a 71), e devido à similaridade de suas propriedades físicas e químicas o Escândio(21) e o Ítrio(39). Graças à camada eletrônica externa constante e ao preenchimento progressivo e preferencial da camada eletrônica 4f, os 15 lantanídeos ocupam uma única posição na tabela periódica. Devido à similaridade e à baixa atividade química ocorrem na natureza na mesma rede cristalina e frequentemente associados no mesmo mineral. O Tório, embora ocorra associado aos lantanídeos em alguns minerais, não será objeto de estudo neste trabalho. Suas propriedades radioativas lhe conferem um caráter tecnológico diferente dos TR. Contudo será várias vezes referenciado, mas apenas pelas suas interferências no mercado,

na política e administração dos TR.

A visualização dos elementos TR é melhor ilustrada nas representações periódicas dos elementos químicos (Anexo 2). é prático incluir o ítrio aos Lantanídeos como formador dos TR pois além da similaridade química, provem de algumas fontes iguais e atende mercados similares. O Promécio ($z=61$), não possui isótopos estáveis de ocorrência natural que sejam conhecidos sendo produzido pela fissão nuclear do Urânio, .

2.2 OS TERRAS RARAS NA INDUSTRIA MINERAL

Seria mais apropriado, ao invés de Terras Raras, chamá-los terras abundantes de metais menos comuns pois existem em 160 minerais embora não em quantidade suficiente para poder ser formador de jazida (ADAMS et al., 1973).

Monazita, Bastnaesita e Xenotima são os mais importantes minerais contendo TR (possuem 95% dos óxidos de Terras Raras - OTR).

A monazita é um fosfato de TR podendo conter aproximadamente 70% de Terras Raras combinadas, incluindo 2% de óxido de ítrio.

A Bastnaesita é um fluo-carbonato do grupo do Cério podendo conter aproximadamente 60% de óxidos de TR no concentrado.

A Xenotima é um fosfato de ítrio encontrado no mesmo ambiente geológico da Monazita (HEDRICK, 1984, 1985 e 1986).

Tabela 1- Distribuição típica dos Teores de TR nos três principais minerais(% total de Oxidos de TR)

	Monazita	Bastnaezita	Xenotima
Y ₂ O ₃	2,41	0,1	60,80
La ₂ O ₃	23,90	32	0,50
CeO ₂	46,03	50	5,00
Pr ₆ O ₁₁	5,05	4,40	0,70
Nd ₂ O ₃	7,83	13,50	2,20
Sm ₂ O ₃	2,53	0,50	1,90
Eu ₂ O ₃	0,05	0,1	0,2
Gd ₂ O ₃	1,49	0,35	4,0
Tb ₄ O ₇	0,16	0,01	1
Dy ₂ O ₃	0,61	0,03	8,70
Ho ₂ O ₃	0,09	0,01	2,10
Er ₂ O ₃	0,21	0,01	5,40
Tm ₂ O ₃	0,01	0,02	0,90
Yb ₂ O ₃	0,12	0,01	6,20
Lu ₂ O ₃	0,04	0,01	0,40

FONTE: Adaptado (BRUSDEYLINS, 1973 e HEDRICK, 1985 a 1988)

Monazita é amplamente distribuída em todo o mundo como mineral acessório em rochas de médio a elevado grau de metamorfismo. Ela é especialmente abundante em xistos pelíticos, gnaisses e migmatitos de fácies anfibolito e granulito. Pode ocorrer em rochas magmáticas variando em composição diorítica a muscovita-granito e também em pegmatitos, graisen e veios de quartzo associados. Como mineral, raramente alcança mais de alguns centésimos percentuais da rocha hospedeira. Mas a erosão das rochas cristalinas libera a monazita para transporte e acumulação em rochas sedimentares. A Monazita detrítica pode passar por

vários ciclos de transporte e deposição antes de ser depositada onde finalmente pode ser encontrada.

Do ponto de vista econômico, os mais importantes depósitos de monazita são os placeres de praia, os quais constituem o produto final de várias etapas de concentração da Monazita: metamorfismo que origina a fonte primária; intemperismo, concentração em leitos fluviais; concentração em sedimentos litorâneos; remobilização e concentração em pláceres de praia. Poucos pláceres são ricos o bastante para serem trabalhados somente para Monazita (1 a 20% dos minerais pesados) e em virtualmente todos os casos, a Monazita é produzida como um subproduto no processamento de areias para ilmenita, rutilo, cassiterita, zircão ou ouro.

A Bastnaesita é uma importante fonte de TR. Provém de depósitos de carbonatito em uma assembléia ígnea de carbonato primário, ocorrendo como intrusão, associada com complexos alcalinos subsaturados, formados ao longo de zonas maiores de rifts (KILBOURN, 1986).

Argilas ion adsorvidas encontradas em Jiangxi (província da China) contem TR adsorvidos na superfície dos minerais aluminossilicatados, tais como caulim. A adsorção é causada pelo intemperismo de granitos antigos. Este intemperismo liberou os ions trivalentes, permitindo adsorção na superfície da argila. O balanço do conteúdo de TR é incomum nestas argilas: baixo Cério-ítrio, mas alto Európio (WANG, Z., 1987).

Por ter comportamento químico parecido aos TR pesados, o ítrio é encontrado associado com os lantanídeos em vários

minerais. Por enquanto, ítrio é produzido das pequenas quantidades na bastnaezita e monazita e só alguma coisa de xenotima e rejeitos da mineração de Urânio. Escândio não é significativamente enriquecido em minerais de TR embora amplamente difundido em pequenas quantidades em muitos minerais.

Outros minerais tais como apatita, euxenita, gadolinita, allanita, fluorita, perovskita, zirconita, anatásio podem apresentar TR como subproduto (SCHMITT, 1983).

Classificações usuais dos Terras Raras

GRUPO	ELEMENTOS			
CERICO	57-LANTÂNIO	A	62-SAMÁRIO	
TERBICO	63-EURÓPIO	A	66-DISPRÓSIDO	
ITRICO	67-HOLMIO	A	71-LUTÉCIO	
LEVES	57-LANTÂNIO	A	60-NEODÍMIO	
PESADOS	64-GADOLÍNIO	A	71-LUTÉCIO	

Não houve um processo de paragénese mineral que produzisse depósitos de cada grupo dos elementos TR em separado (Fig. 1). Por consequência, os TR começaram a ser recuperados na forma de uma mistura, na composição natural, de todos eles. A indústria de transformação mineral só começou a se expandir, tendo os óxidos de TR pesados de certa forma, como subproduto do aproveitamento do grupo dos leves, à partir de 1943 devido ao Projeto Manhattan (HASKIN et al., 1979).

Recentemente, devido à maior demanda pelos elementos da fração pesada, a indústria de transformação mineral e a indústria extrativa dos TR, que quase sempre formaram um negócio único, apresentam forte tendência de independência.

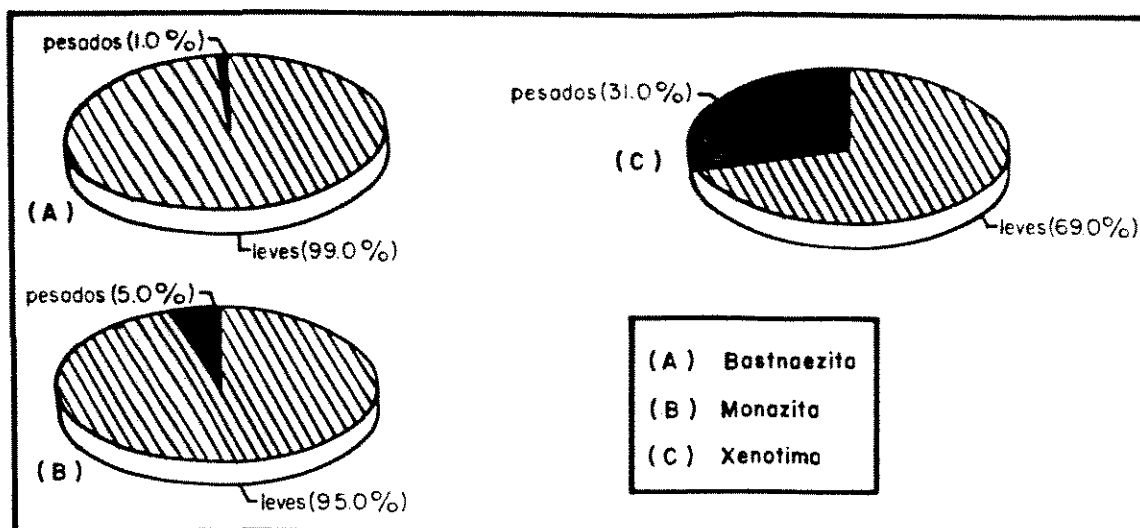


Figura 1 - Leves x Pesados nos Depósitos Minerais

2.3 OS TERRAS RARAS NA INDUSTRIA DE USO E CONSUMO FINAL

A importância dos TR reside principalmente na especificidade de suas aplicações. Se por um lado a estrutura atômica dos TR é um problema para sua produção, é esta estrutura que faz deles elementos básicos para estabilização ou modificação de muitos materiais metálicos ou cerâmicos das atuais tecnologias de ponta. Atualmente suas aplicações de maior destaque econômico estão associadas ainda às suas propriedades químicas, mas é crescente o número de aplicações onde suas propriedades físicas são determinantes, sendo por isso necessário separar cada um dos TR individualmente.

O Anexo 3 apresenta em quadros, uma visão elucidativa da vastidão das aplicações econômicas dos TR.

2.4 A VARIÁVEL TECNOLÓGICA E OS TERRAS RARAS

Na Tabela Periódica domina-se tecnologicamente o uso de praticamente todas as substâncias químicas à exceção dos TR. Isso se explica porque devido aos imperativos de alta qualidade no desempenho dos processos e produtos em que participarão os

TR faz-se necessário um grau de pureza ao nível de parte por bilhão o que tem exigido um desenvolvimento demorado de tecnologias extremamente caras.

Devido à complexidade da associação geoquímica e à acentuada semelhança de comportamento físico e químico dos compostos de TR, não há um processo de separação aplicável em todos os casos. Desse fato resulta a necessidade de um grande número de estágios de equilíbrio, em operações de transferência de massa entre fases, utilizando apenas a ligeira diferença de propriedades físicas e afinidade química para efetuar a separação individual. Os custos elevados que resultam, pressionam os usuários a buscar uma solução mais barata através de novas tecnologias de processos ou à substituição dos TR por outros materiais.

2.4.1 TECNOLOGIA NA INDUSTRIA MINERAL

Monazita e Xenotima são lavradas essencialmente por dragagem de aluviões e areias de praia mineralizados. Alguns depósitos são também lavrados por métodos superficiais, usando desmonte hidráulico, pá carregadora, trator de lâmina e caminhões. Monazita é separada dos outros componentes por combinação de métodos gravimétricos, eletromagnéticos e eletroestáticos.

Bastnaezita é lavrada como produto primário por bancadas em minas à céu aberto. A rocha é perfurada e detonada. O minério é então carregado até moinhos. Depois de moído, o minério é peneirado e aquecido para melhor aproveitamento no

circuito de flotação. O concentrado obtido da flotação é espessado, filtrado em tambor a seco num forno rotativo, produzindo um concentrado com 60% de TR. A concentração pode ser aumentada até 70% por lixiviação com ácido clorídrico com remoção de calcita ou até 85% por calcinação com remoção de dióxido de carbonato.

Informações da tecnologia chinesa para exploração das argilas ion adsorvidas da Província Jiangxi dão conta de que se utiliza processo hidrometalúrgico que eleva a concentração de OTR para mais de 90% (REN,1985; SUN,1983). O minério de Baiyunebo é uma mistura de ferro, TR e outros minerais. Os TR consistem principalmente de monazita e bastnaezita. O processo de separação produz um blend de monazita e bastnaezita com cerca de 30% de OTR o que é problemático para o processo de separação dos TR. Porisso surge um problema de separação da Monazita e Bastnaezita: antes o concentrado é purificado até 68% de óxido de TR e secundariamente por flotação especial separar-se monazita e bastnaezita(XU, 1983).

Beneficiamento

Após a concentração física do minério procede-se a abertura e separação por componentes principais (NARAYANAN, 1988). Os processos de abertura dos minérios são os seguintes:

- ataque ácido ou ataque alcalino;
- calcinação a alta temperatura com reagentes especiais: redutores, oxidantes, neutros, alcalinos ou ácidos.

Metalurgia

Praticamente a única forma de produção de TR na escala de toneladas está na produção de uma mistura metálica denominada mischmetal. O método mais comum de preparação de mischmetal consiste na eletrólise de uma mistura de cloretos de TR em temperaturas ao redor de 900°C. Lantânio, Cério, Praseodímio e Neodímio também podem ser obtidos pelo mesmo processo.

Redução metalotérmica de compostos de TR por meio de Cálcio, Lítio e Magnésio é usada para obtenção de ítrio, Gadolínio, Térbio e Lutécio metálicos.

Refino (Separação Individual)

A co-ocorrência natural e a difícil separação de quase todos os TR em qualquer jazimento acarreta que a maior parte das aplicações comerciais fazem uso das misturas de lantanídeos na "razão natural", isto é, na razão idêntica ou próxima à sua proporção natural de distribuição nos minérios. Estes concentrados em razão natural, ou razão natural modificada são as fontes mais econômicas de lantanídeos. Eles são produzidos como primeiro passo na conversão para elementos simples de alta pureza e outros derivados. As tecnologias de separação e concentração mais empregadas serão descritas genericamente a seguir.

Executa-se em primeiro lugar uma separação prévia em grupos (TR leves, médios e pesados) e a partir do concentrado de cada grupo parte-se para o processo de separação individual, podendo-se eventualmente fazer combinações entre os seguintes

métodos:

Variacão de Valência

Entre os elementos de TR alguns podem ser separados ao assumirem valência diferente da sua valência normal $3+$:

- por oxidação: Ce, Pr, Tb assumem valência IV.
- por redução : Sm, Eu, Yb assumem valência II.

Cristalização fracionada

Emprega a propriedade da solubilidade dos TR crescer com o número atômico. Consiste na repetição de dissoluções e cristalizações parciais, através das quais a concentração dos elementos menos solúveis cresce na fase sólida e decresce na fase líquida, ocorrendo o oposto para os mais solúveis. Em função do número de operações o emprego industrial deste processo está limitado aos casos de reduzido número de estágios. Os compostos de emprego industrial na cristalização fracionada são os duplos Nitratos de Amônio e Magnésio de TR.

Precipitação ou dissolução fracionada

Consiste na precipitação ou dissolução seletiva do cátion solúvel por meio de reagentes especiais. A solubilidade dos compostos de TR decresce com a temperatura e cresce com o número atômico do Lantânio ao Lutécio.

O emprego industrial é limitado aos casos que exigem um número reduzido de dissoluções e precipitações e apenas para a separação grosseira em grupos de TR. Os compostos de TR de emprego industrial neste processo são os hidróxidos e sulfatos

duplos de sódio e TR.

Troca Iônica

A separação dos TR pelas resinas iônicas é baseada na afinidade retentora das resinas catiônicas, combinadas com o efeito extrator seletivo dos agentes quelantes que extraem os TR e os substituem por amônio na resina.

Extração por Solvente

A separação dos TR por extração com solventes é baseada na transferência seletiva dos TR de uma fase aquosa para uma fase orgânica, em um sistema contínuo líquido-líquido em equilíbrio, constituído de uma fase aquosa contendo os TR e uma fase orgânica, contendo um líquido extrator complexante.

São de emprego industrial na separação dos TR:

TBP : tri-n-butil fosfato, com fator de separação de até 1,5 entre TR adjacentes, em meio 15M de HNO_3 .

D2EHPA: ácido di(2-etilhexil)fosfórico, HR, (R sendo o radical do grupo organofosfato), com fator de separação até 2,5 entre dois TR adjacentes, em meio sulfúrico ou clorídrico.

O processo emprega colunas extratoras com elevado número de estágios de equilíbrio, operando continuamente, em contracorrente. Como característica de ordem geral, o grau de pureza dos produtos é função do número de estágios de equilíbrio e a capacidade de produção é função da área da

coluna.

2.4.2 TECNOLOGIA NA INDUSTRIA DE USO E CONSUMO FINAL

Há três graus gerais de pureza em que os compostos de TR são usados pela indústria de uso e consumo final:

1- Elementos não separados tal como ocorrem nas jazidas ou com a razão de concentração natural pouco modificada.

2- Concentrados produzidos por reações de precipitação química simples contendo de 60 a 90% dos elementos individuais desejados. (Tabela 2)

3- Elementos puros de TR contendo 98 - 99,999% de OTR.

Em cada um desses grupos haverá a forma metálica tal como mischmetal, mischmetal modificado, metal TR parcialmente puro e metal de altíssima pureza.

Tabela 2 - Fórmula Geral para os compostos de TR

Carbonatos	$(TR)_2(CO_3)_3, xH_2O$	$x=0$ até 8
Cloretos	$(TR)Cl_3, xH_2O$	$x= 0, 6$ ou 7
Fluoretos	TRF_3, xH_2O	$x= 0$ até 4
Hidróxidos	fórmula não definida	
Nitratos	$TR(NO_3)_3, xH_2O$	$x= 0$ até 6
Oxalatos	$TR(C_2O_4)_3, xH_2O$	$x=0,4,6,10$
Oxidos	de Cério - Ce_2O_3 de Praseodímio - Pr_6O_{11} de Têrbio - Tb_4O_7 outros $(TR)_2O_3$	
Sulfatos	de Cério - $Ce(SO_4)_2, x H_2O$ outros - $(TR)_2(SO_4)_3, xH_2O$	$x= 8$ e 9

Fonte: Rhone Poulenc(1990)

Há um paralelismo entre o grau de pureza requerido para o TR e a tecnologia embutida no produto onde ele vai ser empregado. Norma geral os elementos altamente purificados terão

emprego específico em produtos mais sofisticados, em tecnologias de ponta e de domínio restrito ou nas pesquisas na fronteira do conhecimento. Vale dizer que o perfil de consumo dos TR pode ser um indicador do grau de desenvolvimento tecnológico de uma nação.

Por exemplo, aplicações em catalisadores, metalúrgicas, polimento, cerâmica e vidro tradicionais são consideradas "low-tech" enquanto fósforos, cerâmicas e vidros avançados, eletrônica e ímãs permanentes são tidos como "high-tech".

Outra forma de visualizar o status da tecnologia na indústria de usos e consumo final é enquadrá-las em seu ciclo de vida:

a) Tecnologias em declínio:

Atuadores químicos, vidros coloridos, camisas de lampiões a gás, memórias magnéticas "bubble" e ligas nucleares.

b) Tecnologias Maduras:

Vidros especiais para lentes óticas, fósforos para TV colorida e para telas de Raio X, ímãs permanentes, polimento de vidros, descolorantes de vidros, pigmentos cerâmicos, catalisador para "cracking", superligas, fabricação de aço e tratamento de ligas de aço, catalisadores de autos, sensores de oxigênio YSZ, capacitores cerâmicos multicamadas, lasers e diamante sintéticos.

c) Tecnologias em fase de desenvolvimento:

Ligas de rápida solidificação, novas ligas de Mg de alta desempenho, novas ligas baseadas em Alumínio, armazenamento de Hidrogênio, proteção à corrosão, filmes finos para

eletroluminiscência para telas planas de TV, auxílio fundente para vidro em bruto, cerâmicas condutivas, supercondutores, sensores, fluoretos de metais TR pesados de alta pureza para fibras óticas e componentes óticos; cimento para fibras reforçadas, refrigeração magnética, novas técnicas médicas como sutura por laser de Nd, rotulagem biológica com Têrbio e Európio, tratamento de câncer com imãs permanentes, melhora no contraste em sistemas de imagens usando Gd, catalisadores de polimerização de olefinas, fertilizantes.

d) Tecnologias que estão sendo lançadas:

fósforos para luz fluorescente, TV de alta definição, metais galvanizados, armazenamento em memórias óticas e ligas rigorosamente magnetizadas, prótese óssea, recheio dentário e lasers.

2.5 OS TERRAS RARAS NO BRASIL

No final do século passado (1885) foram descobertos os depósitos de areia monazítica da região do Prado e Cumuruxatiba na Bahia, pelo Eng. John Gordon, que passou a explorá-los e exportá-los clandestinamente como lastro de navio, para a Alemanha.

O Governo brasileiro, quando ciente do valor das areias e do fato, tomou as seguintes providências:

- puniu judicialmente o infrator;
- proibiu as exportações como lastro de navio;
- autorizou a exploração e exportação a firmas devidamente registradas. Essas firmas passaram a produzir concentrado de

Monazita.

Esta situação perdurou até 1946, quando toda a Monazita produzida era exportada.

A partir de 1946 a firma ORQUIMA S/A, que exercia à época da segunda guerra mundial as atividades industriais de extração de cafeína da torta do cacau para exportação aos USA, planejou e montou instalações de processamento de areias monazíticas, estimulada pelo Governo Brasileiro.

Em junho de 1949, entram em produção as usinas da ORQUIMA S/A, produzindo fosfato trissódico para o mercado interno, cloreto de TR para exportação e mais uranato de sódio e carbonato básico de Tório bruto, que eram adquiridos pelo Governo Federal através do Conselho Nacional de Pesquisas.

Foi a partir de 1951 que ocorreu a proibição da exportação de concentrado de Monazita. Com a lei 4118 de 27/03/62 passaram a constituir monopólio da União a pesquisa e a lavra de minérios nucleares, sendo a monazita classificada como mineral nuclear pela resolução CNEN 1/63. De acordo com a resolução 6/67 da CNEN de 27/12/67, devia-se entregar para a CNEN a quantidade total dos elementos nucleares (U e Th) obtidos na exploração de monazita, desde que os teores no mineral, minério, concentrado ou outro produto industrial qualquer, ultrapassasse 0,02% para U e 0,5% para Th.

Em 07/04/60 o Governo Federal desapropriou a parte das instalações da ORQUIMA, na Fábrica de Sto. Amaro, relacionada diretamente com o processamento da monazita, ficando sua operação a cargo da ORQUIMA através de contrato de prestação

de serviços e sob o controle da CNEN.

Não tendo sido desapropriados, à época, o terreno, construções civis e utilidades industriais (vapor, água, energia e instalações complementares), criou-se um clima de dificuldades administrativas e operacionais, tanto para a ORQUIMA quanto para a própria CNEN.

Com o advento da Lei n. 3.118 de 27/08/62, que passou para o controle governamental as atividades privadas relacionadas com o processamento industrial de minérios e materiais nucleares e para sanar os inconvenientes citados, o Governo Federal, após longo e minucioso estudo, desapropriou em 31 de março de 1966 o acervo restante da ORQUIMA na Fábrica de Sto. Amaro e criou, pelo Dec. n. 57.901, a Administração da Produção da Monazita (APM) como uma empresa autárquica, diretamente subordinada à CNEN, com autonomia administrativa e comercial para gerir e operar os bens desapropriados.

As relações comerciais e industriais da APM com a CNEN eram as seguintes:

- a) a CNEN fornecia sem ônus à APM, postas na Fábrica, monazita, soda caustica e bolas de corindon e recebia sem ônus o Tório e Urânio;
- b) A APM efetuava as outras despesas de industrialização: mão de obra, utilidades industriais e produtos químicos, ficando com os subprodutos da industrialização: cloreto de TR e fosfato trissódico.
- c) os outros minérios: zirconita, ilmenita e rutilo, eram adquiridos pela APM na própria CNEN.

A Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear (CBTN), criada em 08/09/1972, assumiu o controle da APM (que passou a chamar-se Usina Santo Amaro - USAM), em novembro/72. O decreto 6189/74 de 16/12/74 que extinguiu a CBTN criou a NUCLEBRAS e entre outras subsidiárias a NUCLEMON para congregar além da USAM, também a Usina de Praia-UPRA onde o minério era obtido.

Com a crítica e reformulação do Programa Nuclear Brasileiro, através do decreto lei 2464/88 de 31/08/88, a Nuclebras foi substituída pela INB-Indústrias Nucleares Brasileiras. A Nuclemon que poderá ser privada novamente, para ficar melhor caracterizada como empresa de mineração e indústria química, teve em 09/01/89 sua razão social modificada para Nuclemon Minerio Química Ltda.

A Nuclemon desde 1987 já iniciara processo de negociação com empresas japonesas visando a melhoria dos seus produtos. No segundo semestre de 1988 foi assinando protocolo de intenções com a Nissho Ioway Santoko para negociação de tecnologia de separação de TR e em Setembro de 1989 foi inaugurada a USIN (Usina de Interlagos) que utiliza separação por solvente.

CAPÍTULO III - ASPECTOS ECONÔMICOS DOS TERRAS RARAS

Apesar do nome os TR não tem seu valor econômico regido pela escassez geológica. Lantanídeos são mais abundantes que Níquel ou Cobre. Cério por exemplo é mais abundante na natureza que Estanho. Túlio e Lutécio, os menos abundantes dos TR, são mais abundantes que a Prata; Neodímio é mais abundante que Cobalto e o Lantânio mais que Chumbo. Praseodímio, Samário e Gadolínio são mais abundantes que Boro ou Cádmio.

Os TR, contudo, não se caracterizam como bens minerais metálicos de "commodity" típicos. Sua caracterização mercadológica mais apropriada é de "especiaria" química para aplicações tóxicas especializadas na forma de dopantes em produtos de alto valor agregado em função do conteúdo tecnológico. Os aspectos econômicos e políticos dos TR estarão, portanto, ligados à administração eficiente da pesquisa e desenvolvimento de tecnologias de separação, purificação e utilização, visando valorização dos recursos minerais (PETRICK, 1973). Este fato demonstra que o lado da demanda tem um efeito preponderante na sua estrutura industrial.

Como ao aumentar a produção de um TR qualquer, produz-se simultaneamente um aumento da produção de outros TR, mesmo que não haja um correspondente aumento na demanda, de tempos em tempos os produtores estão envolvidos com preocupações de estoques estratégicos, preço, produção etc. Isto quer dizer que a disponibilidade comercial não casa com a disponibilidade teórica. Há duas razões para isso:

1) Grande parte (mais que 50%) das jazidas não realizam processo de separação dos elementos simplesmente porque certas aplicações finais não requerem ainda os elementos separadamente, o que desperdiça largas quantidades, especialmente de ítricos tais como Sm, Y etc.

2) Muito poucos produtores têm o conhecimento e capacidade tecnológica necessários para separar todos os elementos.

Disso resulta que a indústria de TR deve ser estudada num contexto linear integrado, para se atingir uma avaliação mais apropriada das suas especificidades tais como: ela não é de grandes volumes e valores, é nova, está pouco espalhada, os problemas tecnológicos são maiores que os econômicos, ainda existe colaboração entre os produtores, o padrão de competitividade ainda não está fixado e tem usos estratégicos.

3.1 INDÚSTRIA EXTRATIVA MINERAL

3.1.1 - ESTRUTURA DA OFERTA MUNDIAL

Tabela 3 - Reservas de Terras Raras

País	t
CHINA	36.000.000
USA	6.500.000
INDIA	1.900.000
AUSTRALIA	380.000
CANADA	200.000
MALÁSIA	3.500
TAILÂNDIA	1.100
OUTROS(EC.MERCADO)	1.700.000
OUTROS(EC.PLANIFICADA)	500.000

FONTE: Adaptado do Bureau of Mines (vários anos)

A Tabela 3 mostra a localização das reservas de TR concorrentes ao Brasil: China (77%), EUA (14%), Índia (4%), Austrália (0,81%), Canadá (0,43%), Malásia (0,075%) e Tailândia (0,0023%). Países de economia planificada têm um nível de 1,1% combinados (AL'PERINA et al., 1983), e outros países de economia de mercado têm reservas somadas ao nível de 3,6%.

A Tabela 4 apresenta a produção mundial dos seis países que controlam 95% da produção mundial.

Tabela 4 - Produção Mundial de TR (valores em t de OTR)

países	ANO						
	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
AUSTRALIA	6.000	8.000	8.250	8.250	6.000	6.600	7.200
BRASIL	1.225	1.438	1.213	1.246	1.560	1.300	1.900
EUA	17.083	17.300	13.428	14.000	16.450	17.000	14.000
ÍNDIA	4.000	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200
MALÁSIA	300	2.536	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300
outros	242	1.842	1.850	1.750	1.750	2.400	2.600
CHINA	6.000	8.000	10.000	10.500	15.500	17.000	20.000
TOTAL	34.850	41.316	40.241	41.246	46.760	49.800	51.200

FONTE: ANSTETT (1986), ANUÁRIO MINERAL, SUMÁRIO MINERAL (1984-90)

França e Japão não aparecem porque produzem a partir de TR obtidos fora de seu território.

A produção mundial de TR nos países de economia de mercado era dominada pelos EUA, que respondia por aproximadamente 50% do total mundial, proveniente na sua maior parte da mina de Mountain Pass (Califórnia), de propriedade da MolyCorp (GARNAR JR, 1981). Um aspecto importante na indústria dos TR na década

de 80 foi a emergência da China como grande produtor. Detendo 80% das reservas mundiais, a sua principal fonte de matéria-prima é também a bastnaesita recuperada como subproduto da lavra de minério de ferro da mina Bayunebo(1), na Mongólia Interior (WANG, K., 1984). Em decorrência do baixo consumo interno a parcela mais significativa da produção (77%) destina-se às exportações.

O maior produtor mundial de monazita é a Austrália, embora as suas reservas em termos de minerais de TR não sejam tão significativas como as da China, EUA ou Índia (TOWNER, 1987; MAHADEVANT, 1988). A maior parte da produção australiana é lavrada nas regiões de Eneabba e sudoeste. Os produtores estão limitando a produção em decorrência das restrições impostas pelo governo aos impactos ambientais gerados pela lavra.

O Bureau of Mines (HEDRICK, 1985 a 1987), citava EUA, Austrália, Índia, Tailândia, Canadá, Malásia, China e Brasil como os países produtores mais importantes:

EUA

Molycorp - Trata-se da única mina conhecida no ocidente cuja fonte de TR é oriunda do mineral bastnaesita como produto primário. Os demais produtores mundiais de TR operam com subprodutos, principalmente monazita.

Associated Minerals Consolidated Ltd. (AMC) - produtor de monazita de areais mineralizadas na Flórida. A companhia também é proprietária das atividades de Eneabba e Capel na Austrália

(1) Bayunebo significa monte de riquezas na linguagem mongol.

P.W. Gillibrand Co - Recuperam TR contendo apatita como subproduto de areias industriais cascalho.

AUSTRALIA

Allied Eneabba Ltda - Importante produtor mundial desde meados de 1970. Expansão de 30% da planta em Narngulu.

Renison Goldfields Consolidated Ltda - Participa com um percentual de 40% da capacidade mundial de monazita. É o principal produtor mundial de areias mineralizadas e o maior produtor de TR de monazita. Bem sucedida no seu intento de adquirir a Allied Eneabba.

Associated Mineral Consolidated(AMC) - é o segundo maior produtor de TR na Australia. De propriedade da Renison Goldfields Ltd.

Consolidated Rutile Ltda - desde 1967 produz e comercializa monazita.

Westralian Sands Ltd - Produzem a partir de monazita com TR

INDIA

India Rare-earth Ltd - operada pelo governo

TAILÂNDIA

Produtor esporádico de monazita e xenotima como subproduto de recuperação de jazidas de estanho.

A Metal Mining Agency do Japão acordou em construir uma planta piloto para recuperar metais raros, incluindo TR de material de resíduos de moinhos de estanho.

CANADA

Highwood Resources Ltd - joint-venture com Hecla Mining Co. of Canada Ltd para exploração de Berilo e TR perto de Yellowknife.

Deninson Mines Ltd - joint venture de 3 empresas canadenses (Unocal, Deninson e SM Yttrium Ltd) e uma joint venture das companhias japonesas Shin-Etsu Chemical Co Ltd e Mitsui & Co. Ltd para recuperar Itrio e TR como subprodutos de processamento da lixívia de soluções de Urânio da Mina Denisons Elliot Lake.

Iron Ore Co. possui TR ricos em Itrio nos depósitos de Strange Lake.

MALÁSIA

Depósito de Monazita possuído por Lonhro Ltd.

CHINA

Pacific Ocean Rare-earth (Taiwan) - TR de monazita

Baiyunebo tem produzido anualmente 6000ton de concentrado de TR contendo bastnaezita e monazita como subproduto em quatro graus 30%, 40%, 60% e mais que 60% de óxido de TR.

Jiangxi contém largas quantidades do subgrupo pesado do tipo ion adsorvido, raramente encontrada no mundo. Pesquisa geológica preliminar mostra mais de 100 depósitos principalmente em Longnan.

Algumas observações são importantes sobre esta indústria:

a) a indústria de TR no Brasil, Malásia e Índia são em grande parte verticalmente integradas, porque o governo proíbe a

exportação de monazita; b) a Austrália, a despeito de sua importância como maior produtor de monazita, só recentemente começou a fazer planos de construção de planta de separação de TR (MCCULLOCH, 1987; TAYLOR, 1987); c) nota-se que a taxa de depleção é mais alta na Austrália e no Brasil; d) o Japão tem um grande número de companhias que processam TR provindos de todas as jazidas em produção (OIWA, 1973). É peculiar a posição japonesa pois, por serem os produtores menos integrados (só na ponta extrema e no uso) deixam as fragilidades da indústria mineral todas para trás e com isso não se sentem ameaçados (OHMACHI, 1982). Como são também os mais cobiçados compradores, barganham tecnologia por vezes ultrapassada por matéria prima. Só recentemente é que demonstraram interesse em controlar fontes de matéria prima.

3.1.2 ESTRUTURA DA OFERTA DOMÉSTICA

No contexto mundial as reservas brasileiras de TR são pequenas; representando menos de 1% do total. A Tabela 5 apresenta os dados de reserva e produção entre 1980 e 1989. Entre 1985 e 1989 o Sumário Mineral teve por sistemática incluir como reserva medida de TR as 300 mil toneladas localizadas no município de Poços de Caldas-MG pertencentes à MINEBRAL-Cia Brasileira de Mineração, Indústria e Comércio, cujo aproveitamento está vinculado à extração de Magnetita e Tório aos quais ocorre associada. Como não foi desenvolvida tecnologia apropriada economicamente viável de extração dos TR, a sistemática foi reavaliada em 1990, voltando o mineral a ser recurso possível ou provável.

Tabela 5 - Reservas e Produção Brasileiras

ano	RESERVAS		PRODUÇÃO	
	3 (10 t)	% mundo	(t)	% mundo
1980	20	0,3	1205	7,8
1981	18	0,3	1232	4,1
1982	17	0,0	1061	3,8
1983	17	0,0	1225	4,2
1984	347	0,7	1438	3,9
1985	319	0,7	1213	2,6
1986	388	0,7	1246	3,0
1987	336	0,7	1560	4,7
1988	338	0,7	1300	2,6
1989	30	0,1	1900	3,7

FONTE: Sumário Mineral 1981 a 1990

As toneladas restantes representam as reservas de monazita tipo placers nos Estados do Rio de Janeiro (município de São João da Barra), Espírito Santo (municípios de Aracruz, Guarapari e Itapemirim) e Bahia (municípios de Alcobaça, Porto Seguro e Prado), do minério da Nuclemon. (Anexo 4).

Além dessas convém ressaltar que a SAMITRI Mineração Trindade S.A. anunciou a descoberta de cinquenta mil toneladas de monazita em São Gonçalo do Sapucaí (MG) e a importância das reservas de ítrio do Pitanga, no município de Presidente Figueiredo, que segundo a Empresa Paranapanema S.A., são 2 milhões de ton de Zirconita contendo 1% de ítrio na estrutura cristalina. Também a METASO - Metais de Goiás S.A. tem intenções de realizar programa de trabalho de caracterização e ensaios para aproveitamento comercial de seu minério em Catalão.

Nota-se que apesar da reserva pouco significativa o Brasil mantém tradição produtora. A produção brasileira de TR é

controlada pelo governo através da NUCLEMON - Nuclebrás de Monazita e Associados Ltda. As exportações de lantanídeos, ítrio e Tório dependem de autorização da CNEN, por conterem material de interesse da indústria nuclear.

Os dados da Tabela 5 indicam também que a produção tem oscilado, dentro dos limites da capacidade nominal da Usina de Santo Amaro, São Paulo, SP.

3.2 INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO

3.2.1 ESTRUTURA DA OFERTA MUNDIAL

Vários países fazem processamento de TR pois a indústria de transformação depende mais de tecnologia que da existência de reserva. Entre eles encontram-se as seguintes empresas:

JAPÃO

Santoku Metal Industry Ltd.

É o maior produtor japonês de TR. Usa bastnaesita, concentrado de ítrio e cloreto de TR como matéria prima. Começou a estudar TR em 1940 e hoje tem capacidade de produzir todos os TR em alta pureza. Em 1983 começaram produção de óxido de Neodímio e Praseodímio da ganga eletrolítica e resíduos da separação de TR, utilizando o antigo forno usado para mischmetal. Desenvolveram uma liga para armazenamento de hidrogênio à base de Lantânio.

Shin-Etsu Chemical Co.Ltd.

Produz TR de alta pureza desde 1967 quando desenvolveu seu próprio método de extração por troca iônica. Usa xenotima e concentrado de ítrio como matéria prima. Especializou-se na

produção de ítrio e TR pesadas. Produzem também ligas de magnetos de TR e cristais gálio-gadolíneo.

Mitsubishi Chemical Industry Co. Ltd.

Produz ítrio de alta pureza a partir de concentrado que recebem dos parceiros de joint venture na Malásia. Fabricam também ímãs por injeção em molde com plásticos e ligas de Neodímio metálico.

EUA:

Rhone Poulenc - La Rochelle - 5000 tons/ano

Freeport, Texas-5000 tons/ano

São os maiores transformadores de TR baseando-se inteiramente em matéria prima importada. Seu orçamento de pesquisa é dirigido desde a otimização dos jazimentos ao desenvolvimento de novas aplicações e de novos processos.

A Planta de Freeport produz compostos de TR leves e a fração pesada é enviada a La Rochelle para separação de TR de alta pureza.

A separação final em escala industrial é feita de forma contínua (análises químicas on-line com controle da composição), pela técnica de extração por solvente. O processo de troca iônica cromatográfica é empregado em seus laboratórios na produção em escala piloto e para a produção de TR de pequena demanda (tais como Holmio e érbio). A Rhone Poulenc sustenta que seu processo é vantajoso em termos econômicos, devido ao seu alto grau de automação, e ao fato de requerer poucos operadores habilitados.

Molycorp (California, Colorado e Pennsylvania)

É um transformador totalmente integrado de TR indo da matéria prima até produtos de alta pureza, provenientes da bastnaesita. Possuem plantas em York, Washington, Louviers e Mountain Pass. Usa combinação de etapas químicas de extração por solvente na sua manufatura. O material é produzido em largas quantidades para fabricação de mischmetal, catalisador de cracking, e como matéria prima industrial para tratamentos posteriores.

Research Chemicals (Arizona)

Subsidiária da Rhone Poulenc, produz óxidos de concentrados ou minério. São produzidos sais dos óxidos e alguns são depois purificados. Metais são produzidos por redução de óxidos ou sais.

W.R.Grace (Davison Chemical Division)

Usam Monazita do Brasil, Austrália, Índia e USA para produzir mistura de TR e Hidróxido de Tório dos quais produzem cloretos de TR que são usados internamente na manufatura de catalisadores de petróleo. Esta divisão fornece produtos químicos de alta pureza e compostos de polimento para indústria de vidro e espelho.

Reactive Metals & Alloys Corp (Remecor)

Produz metais de TR e ligas.

Ronson Metals Corp

Importam mischmetal e distribuem. Antigamente produziam mischmetal e metais de alta pureza.

CHINA

Companhia de Ferro e Aço Baotou - Mongólia Interior

Planta 2- cloretos de TR.(1500 ton/ano)

Planta 3- hidroxidos, cloretos e óxidos de TR, mischmetal (200ton/ano) e TR de alta pureza (138ton/ano).

Refinaria de TR de Baotou - Mongólia Interior

Produzem cloretos e óxidos de TR, metais, ligas e pedra de isqueiro.

Companhia de TR de Gansu - Lanzhou - Província de Gansu

Produzem cloretos de TR,pós de polimento, TR metálicos, ligas, óxidos e concentrados de TR.

Harbin Flint - Harbin, Província de Heilongjiang

Produzem concentrados Sm-Eu-Gd, pedras de isqueiro, cloretos, mischmetal, concentrados.

Fundição de não-ferrosos Jiujiang - Província de Jiangxi

Produzem óxidos de alta-pureza de TR puros, pós de polimento, TR metálicos, ligas.

Materiais de TR de Jiangnan - Changshu, Província de Jiangsu

Produzem óxidos de alta-pureza de TR puros,TR metálicos, ligas, magnetos Nd-Fe-B.

Refinaria de TR de Jiangxi Changlong - Shangrao, Província de Jiangxi.

Produzem óxido de ítrio e outros óxidos de TR individuais.

Refinaria de TR de Longnan - Longnan, Província de Jiangxi

Produzem óxidos de TR ricos em ítrio.

Refinaria de de TR de Nanchang - Província de Jiangxi

Produzem concentrados de TR ion-adsorvidos, concentrados de ítrio, óxidos de TR.

Planta Química Yue Long - Shanghai

São o principal produtor de TR na China. Produzem óxidos de TR de alta pureza, mischmetal, ligas e metais de TR, cloretos, fluoretos, nitratos de TR, pó de Sm-Co, compostos de polimento, pedra de isqueiro, magnetos permanentes de TR, fósforos. Numa área de 10.000 metros quadrados possuem 1700 trabalhadores. Processam principalmente monazita mas estão habilitados a processar bastnaezita, óxido cru de TR do tipo argila contendo TR ion adsorvida e xenotima. Produzem 50% da produção total em volume para exportação.

Refinaria de metais de TR de Taojiang - Província de Hunan

Produzem cloretos, óxidos e metais de TR, ligas em TR de ferro-silício, pedra de isqueiro, óxido de TR separados, concentrados de Sm-Eu-Gd.

Fundição Zhujiang - Guangzhou, Província de Guangdong

Produzem óxidos individuais de alta pureza de TR, metais e ligas de TR, nitratos de TR, concentrado de ítrio, compostos para polimento.

MALÁSIA

Malaysian Rare earth Corp Snd Bnd - é uma joint-venture entre Beh Minerals e Mitsubishi Chemical Industries para produzir concentrado de ítrio

SRI LANKA

A Santoku Metal Corp. fornece mischmetal para uma pequena demanda de fabricantes de aço por eletrólise óxido-fluorida.

INDIA

Kerala Minerals and Metals Ltd - operada pelo governo de Kerala.

Proíbe-se a exportação de Monazita pelo conteúdo em combustível nuclear Tório.

EUROPA

Cinco países europeus processam TR: Inglaterra, Austria, Alemanha, França e Noruega.

a) Inglaterra

Rare-earth Products (Materials Technology Div. of Johnson Matthey) - produzem metais de TR de alta pureza, ligas óxidos e outros compostos.

Ronson -British Flint - produzem 150 tpa de mischmetal.

b) Austria

Treibacher Chemische Werke - 1000 tpa de mischmetal

c) Alemanha

Th.Goldschmidt AG - 1000 tpa de mischmetal

d) França

Rhone Poulenc-Pechiney 250 tpa de mischmetal

e) Noruega

A/S Megon & Co. - opera joint venture com a Mitsuibichi Chemical Industries para compostos de alta pureza.

MADAGASCAR

QIT-Fer of Titane Inc. do Canada vai operar mina em acordo com o governo de Madagascar para recuperar minerais pesados e monazita.

Um menor grau de pureza e aplicação em mercados menos nobres parece ser a fração da Mollicorp ficando a parte mais especializada para os japoneses e para a Rhone Poulenc.

Há algumas empresas pequenas envolvidas no processamento de TR produzindo uma larga faixa de produtos visando competir com os grandes produtores que comercializam seus produtos internacionalmente. Empresas pequenas acabam sendo lucrativas trabalhando com pequenas quantidades e atendendo demandas específicas que grandes empresas não estão estruturadas para satisfazer: material para pesquisa, material sob encomenda, preparo de partes e agregados, compostos e ligas de várias purezas.

De acordo com o Bureau of Mines, se prevalecerem as atuais condições tecno-econômicas, existe um potencial pequeno para entrada de novos processadores autônomos no mercado. São necessárias novas tecnologias de processo e/ou o desenvolvimento comercial de novos produtos que consumam largas quantidades de TR de forma a tornar mais viável a produção de elementos individualizados. A tabela 6 mostra que o mais provável é o incremento do número de joint ventures.

Nota-se em primeiro lugar que as empresas dos países líderes em tecnologia não hesitam em estabelecer joint-venture entre si visando aperfeiçoamento da tecnologia. Também o

governo e empresas do governo de países como Madagascar, Tailândia e Malásia estão aceitando joint-ventures com países líderes em tecnologia de TR. Finalmente destaca-se o interesse recíproco tanto das empresas e dos países líderes como dos chineses em estabelecer joint-ventures visando o aproveitamento do potencial de TR da China (LI, 1984).

Tabela 6 - Joint ventures em curso

-
- Highwood Resources Ltd* do Canada e *Haela Mining Co.* - USA
 - Sumitomo Metal Mining Co.* do Japão e *Rhone Poulenc* - França
 - W.R. Grace* dos EUA e *Shin Etsu / Mitsubichi* do Japão
 - Unocal/Deninson/SM Ytrium* do Canada e *Shin Etsu / Mitsubichi*
 - REMACOR* dos EUA e *Mitsubichi Metal Co* do Japão
 - Corning Glass* dos EUA e *Asahi Glass Co.* do Japão
 - Molycorp* dos EUA e *Sumitomo* do Japão
 - QIT - Fer Titane* do Canada e Governo de *Madagascar*
 - Metal Mining Agency* do Japão e *Tailândia*
 - Mitsubishi* do Japão e *Malaysian Rare-Earth Co.*
 - Companhia de TR de Jiangxi* na China e *UTG Investment(Far East)Ltd.* de Hong Kong
 - Metallurgical Industry Company* do Distrito Ganzhou, Província Jiangxi na China e *Canada Pacific Rare- earth and Metals Corporation* do Canada.
 - Beijing General Research Institute of Nonferrous Metals* e *Shangai Yuelong Chemical Plant* joint venture para construir uma planta de exploração de TR.
 - Shangai Yuelong Nonferrous Metals Corporation Ltd.*- joint venture para comercio exterior de TR.
 - Joint venture entre 4 *empresas chinesas* formada na zona econômica especial de Shenzhen para produzir TR para exportação.
 - Joint-venture entre 12 *produtores chineses* de materiais para ímãs permanentes que objetiva evitar sobreposição de trabalho de pesquisa, coordenação e cooperação do marketing interno e no exterior.
-

Fonte: BCC(1989), CRI Newsletter, Roskill(1986).

3.2.2 ESTRUTURA DA OFERTA DOMESTICA

No Brasil só a NUCLEMON executa todas as etapas da produção, desde a lavra até a obtenção de sais e óxidos de TR a nível industrial sendo, como pode ser visto na Tabela 7, o cloreto de TR seu principal produto (94%).

Tabela 7- Estatística da Produção da Nuclemon

ano	Cloreto TR(t)	Mischmetal(t)
1978	2.799	744
1979	2.725	841
1980	2.071	729
1981	1.910	582
1982	1.883	510
1983	2.002	645
1984	1.815	498
1985	1.839	467
1986	2.118	461
1987	2.422	452
1988	2.633	481
1989	2.503	518

FONTE: Sumário Mineral (1981 a 1990)

Tal estrutura que restringe a oferta de TR nacionais à capacidade tecnológica e produtiva da NUCLEMON poderá sofrer mudanças significativas se outras empresas começarem produção industrial no Brasil.

A Solvay pretende conseguir sair dos processos clássicos desenvolvendo rota tecnológica alternativa à soda caustica. Além disso irá manter assistência técnica de alto padrão aos compradores dos seus TR, sobrepujando este ponto fraco dos concorrentes. O projeto da Vale do Rio Doce em parceria com a Mitsubishi, de produção de TR como um subproduto do processamento de Anatócio, sofreu paralisação em setembro de 1990 mas deverá ser retomado a partir de Julho de 1992.

A tecnologia sofisticada indispensável para processar TR de alta pureza não é dominada no Brasil em nível industrial. Mesmo se a tecnologia estivesse disponível, ela demandaria grandes investimento tanto em P&D como em pessoal para ser adaptada à realidade da matéria-prima oferecida.

A comunidade que trabalha com TR no país é pequena estando

restrita quase que tão somente ao círculo universitário (ZINNER, 1982; GIESBRECHT et al., 1984). A COPESP (Cooperativa para projetos especiais do Ministério da Marinha) engajada na fabricação de um submarino nuclear, possui dois grupos de pesquisadores atuando em TR. O IPEN (Instituto de Pesquisas em Energia Nuclear) produz pequena quantidade de TR separados em leves, médios e pesados e purifica cada elemento de TR à partir do concentrado de TR (Carbonato) da Nuclemon. No CETEM existe um projeto para estudos de Terras Raras. Existem duas empresas no Brasil que produzem mischmetal: Cia Industrial Fluminense e Metalúrgica Corona Ltda.

Tabela 8 - Resumo das Importações Efetivas - 1985/1989

	1985	1985	1986	1986	1987	1987	1988	1988	1989	1989
PRODUTO	QUANT. (Kg)	VALOR US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	VALOR US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	VALOR US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	VALOR US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	VALOR US\$ (FOB)
MISCHMETAL	500	3250	-	-	5000	38250	*	140037	*	626723
CERIO	(1	171	1	29	(1	16	-	-	-	-
ITRIO	(1	339	-	-	30	11391	*	290	*	33128
QQ. OUTRO METAL TR	2017	16092	34	4582	10026	58117	*	7162	*	5392
CLORETO DE CERIO	-	-	1	91	(1	118	5	264	*	86
OXIDO DE CERIO	121733	703050	95546	471392	182144	1101753	*	1223114	*	467794
HIDROXIDO DE CERIO	-	-	-	-	-	-	-	-	*	10772
QQ. OUTRO COMP. DE Ce	84258	150037	36037	79107	65086	145484	*	207426	*	140807
OXIDO DE PRASEODIMIO	19280	590193	12520	471360	14700	576594	*	557776	*	936745
OUTROS COMP. DE TR	20173	148351	11604	108245	10383	125375	*	86829	*	403513
TOTAL	247961	1611483	155743	1134806	287369	2057098	*	2222898	*	2624960

* Dado não mais fornecido pela CACEX

Fonte: CACEX

Como já comentado, o perfil de consumo de TR dá idéia do estágio de desenvolvimento em que se encontram as tecnologias de ponta do país. Tendo em vista que o Brasil não fabrica os elementos de alta pureza foi-se buscar nas importações uma visão do panorama do consumo brasileiro pois aí pode-se achar muitas oportunidades de inserção.

A Tabela 8 fornece um resumo das importações efetivas no período 1985-1989. O detalhamento sobre cada um dos itens pode ser encontrado no anexo G.

3.3 INDÚSTRIA DE USOS E CONSUMO FINAL

3.3.1 ESTRUTURA DA DEMANDA/CONSUMO MUNDIAL

A partir da lista de contribuintes e afiliados do RIC é possível visualizar-se que há muito mais consumidores que processadores de TR. O mercado de usos e consumo de TR pode ser subdividido sem muita especificidade em aplicações na indústria ótica, química, metalúrgica, eletrônica e cerâmica avançada (Tabela 9). Entretanto nenhuma aplicação industrial pode ser considerada plenamente desenvolvida ainda pois são muitos os esforços necessários para reduzir custos e desenvolver produtos mais aprimorados.

A quantificação do consumo de TR por uso específico é difícil porque TR é frequentemente consumido em proporção pequena como um aditivo e muitos desses usos especializados são segredos patenteados. Aplicações empregando TR brutos e agregados não são mais dominantes como foram outrora devido ao

crecente uso de materiais purificados em aplicações avançadas e de alta tecnologia. Nestas, a propriedade ou comportamento específico do elemento de TR é frequentemente mais considerado que o custo.

Tabela 9 - Consumo Mundial Setorial de TR em 1988

	volume (ton)	valor (milh. US\$)
ótico	8.500	230
químico	10.500	54
met/magnét	1.100	37
cerâmica avanç	165	16
eletrônicos	19	1.5

Fonte: BCC

3.3.2 ESTRUTURA DA DEMANDA DOMÉSTICA

A linha de produtos oferecida pela Nuclemon em 1989 e suas utilizações são listadas a seguir:

Cloreto de TR - 2.381t (45,5% OTR)
Cloreto de La-40 - 121t (24,0% OTR)
Cloreto de TR pesados - 12t (34% de OTR)
Hidróxido de Cério - 59t (93% de OTR)
Fluoreto de Cério - 44t (84% de OTR)
outros compostos - 2t

Fonte: Sumário Mineral - 1990

- Componentes dos núcleos de eletrodos de carvão para lâmpadas de arco;
- "mischmetal" para ligas pirofóricas e ligas metálicas;
- pós para polimento fino de vidro ótico e tubos de televisão;
- composição de vidro ótico;
- fabricação de carvões para arcovoltaico;
- matéria prima para núcleo de eletrodos de carbono para arcos de holofotes e aparelhos de projeção cinematográfica;
- aços e ligas com características especiais e bem definidas: aços nodulares, aços inoxidáveis, ligas de magnésio, ligas de alumínio;
- matéria prima para obtenção de compostos de Ce 98%;
- decolorante na fabricação de vidros;
- fabricação de vidros para absorção de raios ultra-violeta e
- catalisador e secante de tintas.

Fonte: Catálogo Nuclemon - s.d.

A partir de um levantamento nos principais clientes e análise dos produtos da Nuclemon é possível deduzir-se o nível tecnológico, a estrutura e o perfil de consumo da indústria nacional de TR.

CORNING BRASIL - VIDROS ESPECIAIS LTDA.

A Corning foi montada no Brasil em 1965, com o objetivo de fabricar os bulbos dos cinescópios de televisores. Entre 1973 e 1974 ampliou a participação para as linhas boro-silicato (PIREX) e produtos oftálmicos (exceto os fotocromáticos). Em 1988, a produção de bulbos foi desativada para, em 1990, entrar no mercado de utilidades domésticas com a linha de vidros cerâmicos (VISION). A aplicação dos óxidos de TR (Neodímio, érbio e Cério) ocorre em uma parte dos produtos oftálmicos. O óxido de Cério utilizado é adquirido em três fontes: NUCLEMON, Molycorp e Rhône Poulenc. Os óxidos de Neodímio e érbio, de alta pureza, são adquiridos da Rhône Poulenc.

CERTRONIC CERÂMICA ELETRÔNICA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.

A Certronic foi montada com o objetivo de se tornar fornecedora da matéria prima para as porcelanas especiais utilizadas na produção de capacitores. Ela desenvolveu formulações para porcelanas a base de titanato incrustado com TR, principalmente Lantânio, Cério e Neodímio. Atualmente o principal produto da Empresa é o Titanato de Neodímio, para o qual importa da Rhône Poulenc uma Ton/mês de Carbonato de Neodímio a 95%. Nas porcelanas à base de Cério, este entra como aditivo e por isso tem consumo reduzido. Os produtos à base de Lantânio têm um mercado menor e podem ser substituídos pelo Titanato de Neodímio e vice-versa. Os sais de Neodímio e Lantânio são importados, principalmente da Rhône Poulenc e eventualmente da Mollicorp, enquanto que o Cério é adquirido no mercado nacional, da NUCLEMON. O mercado brasileiro de titanatos (incluindo o de TR), é de 10 ton mensais, o que comparado ao de Taiwan, 60 ton/mês, é pequeno. O mercado brasileiro é estável e o externo além de exigir qualidade e tecnologia de ponta, exige também preços baixos. A Certronic está estudando a fabricação de um Titanato de Lantânio que consumirá cerca de 500kg/mês de concentrado de Lantânio.

METAL YANES S/A INDÚSTRIA E COMÉRCIO

A Yanes surgiu tendo como objetivo atender o mercado de produtos para campismo e ampliou posteriormente suas linhas, fabricando mangueiras e reguladores de gás doméstico, válvulas, extintores para automóveis etc. Utiliza Nitrato de Cério em sua

linha de produção de camisas de lampião. O fornecimento de Cério é todo atendido pela NUCLEMON.

PHILIPS DO BRASIL - COMPONENTES

A Philips iniciou sua instalação no Brasil por volta de 1965, objetivando a produção de aparelhos eletro-eletrônicos e seus componentes para a América Latina. O Cério é utilizado na composição da tela frontal dos televisores. Os vidros óticos produzidos sofrem em geral pré-polimento com óxidos de Terras e em determinados casos, polimento final com Cerrox. A NUCLEMON atende com folga às necessidades de Hidróxido de Cério da Empresa aos níveis de produção atuais. A Rhône Poulenc é a segunda opção no fornecimento de concentrado de Cério e único fornecedor do polidor Cerrox.

METALURGICA CORONA LTDA

A Corona nasceu em meados da década de 60 e produzia isqueiros e pedras para isqueiros. Posteriormente iniciou a exportação do mischmetal o que levou a empresa a processar 150 ton/mês de Cloreto de Terras Raras. Hoje a Empresa se concentra na produção de auto-peças mas mantém uma unidade de produção em Santo André. O mischmetal que já foi seu principal produto hoje participa com 30% do faturamento com grande tendência de queda. O preço de venda de mercado que era de US\$ 8,00/kg foi rebaixado pela China a US\$ 5,50/kg. O mercado interno composto por apenas um cliente de porte (a BIC, que consome 4 ton/mês) e vários pequenos clientes que somados consomem no máximo 2

ton/mês, é muito pequeno para ser dividido pelos dois produtores (Corona e Fluminense).

COMPANHIA VIDRARIA SANTA MARINA

Foi instalada há 93 anos no Brasil, pelo grupo francês Saint Gobain, com o intuito de produzir vidros. A Empresa consome TR para polimento de cerca de 18% das peças rejeitadas pelo controle de qualidade. Tem como fornecedor exclusivo a NUCLEMON e, em caráter eventual, outras empresas brasileiras como Polibrás e Engecer. Consome pequena quantidade (100kg/mês) de óxido de TR e só se utiliza de óxido de Cério em caso de falta do óxido de TR.

POLIBRÁS - POLIDORES E ABRASIVOS LTDA.

A Polibrás foi montada em 1976 com o objetivo de desenvolver polidores à base de óxido de Cério (Cerox), até que se chegasse a um produto compatível para competir com o produto que era importado da Rhône Poulenc. Hoje o preço do produto importado é de 19 US\$/kg contra 17 US\$/kg do similar nacional. O Hidróxido de Cério é adquirido da Nuclemon e o mercado apresenta-se estável em 4 a 5 ton/mês.

FCC - FÁBRICA CARIÓCA DE CATALISADORES

A FCC foi montada em 1989, visando internalizar a produção e o desenvolvimento de catalisadores de craqueamento no país. Os TR são utilizados nestes catalisadores em teores variáveis dependendo da formulação exigida pelo perfil de refino. A

Nuclemon será responsável pela produção de 80 ton de TR203.

Constata-se que os usos e aplicações no Brasil são de conteúdo tecnológico não elevado. Um maior uso em FCC, vai nos colocar numa posição melhor, numa nova era, contudo já num momento onde a "onda" já são os TR puros de alta tecnologia.

3.4 PREÇOS

Os elementos de TR nunca foram materiais baratos, embora eles ocorram abundantemente na natureza (BSCHNEIDER, 1977). Os preços apresentam um amplo espectro de variação, que dependem do contrato vigente, grau de pureza (expressão da qualidade), das quantidades comercializadas (quanto maior o pedido ou a demanda, menor o preço) e da fonte de matéria-prima (processos de obtenção menos onerosos). O balanço do produto é também um parâmetro importante na avaliação dos preços, pois obriga a indústria de TR a controlar o "output" dos produtos que contém elementos que ocorrem em menores proporções. O conceito de valor agregado é outro parâmetro de importância na avaliação dos preços. Por exemplo: o valor do magneto acabado em contraste com as matérias primas é aproximadamente 30 vezes o da monazita (Tabela 10).

A partir dos custos médios de exploração de TR que o Bureau of Mines obteve ou estimou para alguns países produtores (Tabela 11), nota-se como o material do Brasil está mal situado em termos de competitividade, principalmente se for considerado que faltam os custos de produção extremamente baixos da China.

Tabela 10 - Valor agregado no processamento de TR

PRODUTO	Multiplo
1 - Monazita	1.0
2 - Cloreto de TR	3.1
3 - Cloretos leves	
Concentrados de TR pesados	4.5
4 - óxido de Nd/Pr	
Cloreto La/Ce	6.3
5 - Produtos de TR separados	10.0
6 - Neodímio metálico	6.0
7 - Magnestos Nd.FeB	30.0

Fonte: Material Australasia - Volume 19, Number 4, May 1987

Tabela 11 - Custos Médios de Mineração e Tratamento
Janeiro 1984 - US\$/t métrica

País	Mineração	Tratamento	Total
AUSTRALIA			
Produtor	0.77	0.40	1.17
Sub-produtor	0.74	0.48	1.22
BRASIL			
Produtor	1.82	1.85	3.67
Sub-produtor	1.99	1.92	3.91
INDIA E SRI LANKA			
Produtor	0.53	1.28	1.81
Sub-produtor	2.05	4.35	6.40
MALASIA E AF.SUL			
Sub-produtor	0.54	0.62	1.16
EUA			
Sub-produtor	0.76	0.81	1.57

Obs. Os produtores americanos não tiveram seus dados publicados
FONTE: ANSTETT (1986)

Tabela 12 - Preços dos Compostos Intermediários de TR

Empresa /		MOLYCORP (1)		RHONE-POULENC (2)		JAPÃO (3)	
PRODUTO	%	preço	%	preço	%	preço	
óxido de:							
Európio	99,99	1.562,92	99,99	1865,00	-	-	
Lantânio	99,99	15,42	-	-	-	-	
Cério	99,0	17,62	99,5	20,35	85,0	15,5	
	95,0	9,91	-	-	98,0	17,9	
Neodímio	99,9	88,11	-	-	-	-	
	96,0	11,01	95,0	9,65	95,0	11,1	
Praseodím.	96,0	37,00	96,0	38,8	96,0	47,6	
ítrio	99,99	115,64	99,0	107,50	-	-	
Gadolíneo	99,99	132,16	99,99	150,00	-	-	
	99,9	121,15	99,9	124,00	-	-	
Samário	99,0	77,09	96,0	88,00	-	-	
Térbio	99,9	826,00	99,9	897,00	-	-	
Disprósio	85,0	88,11	95,0	130,00	-	-	
carbonato:							
Lantânio	-	-	99,5	12,00	-	-	
La/Nd	-	-	98,0	8,70	-	-	
Cério	-	-	95,0	8,50	-	-	
Neodímio	-	-	95,0	8,15	-	-	
nitrato:							
Lantânio	-	-	98,5	11,05	-	-	
La/Nd	-	-	99,0	8,65	-	-	
Cério	-	-	99,5	13,40	-	-	
Neodímio	-	-	95,0	8,80	-	-	
Cloretos TR		1,85	-	-	-	-	
Cloreto La 46,0		10,14	-	-	-	-	

(1) Preços US\$/kg FOB planta, % de OTR, data base 1/4/88

(2) Preços US\$/kg FOB planta, % de OTR, data base 1/1/86

(3) Preços US\$/kg FOB planta, % do elemento de TR no óxido, data base 1985.

FONTE: US Bureau of Mines, 1985., Mining Journal (vários anos), Minerals Yearbook.

De uma maneira geral, podem ser definidas categorias de preços para os TR conforme o tipo de produto comercializado: minério e concentrados (preços de concentrados de areia, preços de concentrados de TR), compostos intermediários (preço dos óxidos de TR, preço dos compostos não em óxido) e TR de alta pureza (preço dos metais de TR).

A Tabela 12 apresenta preços dos principais produtos comercializados pelos grandes produtores. Nota-se que guardam grande discrepância entre si. A Tabela 13 apresenta uma estimativa do aumento desses preços para demandas de pequenas quantidades em função do número de novezes (N) que designam a pureza. Valores entre parênteses são estimativas

Tabela 13 -Preço dos TR (US\$/kg) - para pequenas quantidades

ÓXIDO DE /	3N*	4N*	5N**	95,97*
ÍTRIO	202	329	759	115
LANTÂNIO	88	139	430	16
CÉRIO	114	430	3.080	10
PRASEODÍMIO ...	379	556	15.960	37
NEODÍMIO	278	379	14.240	11
SAMÁRIO	379	556	15.720	77,5
EURÓPIO	4.160	5.072	22.480	1.600
GADOLÍNIO	329	405	15.320	125
TÉRBIO	2.464	3.728	19.080	825
DISPRÓCIO	455	759	14.960	87,5
HOLMIO	1.118	1.928	17.400	(375)
ÉRBIO	632	986	16.280	(210)
TÚLIO	12.700	19.280	23.720	-
ITÉRBIO	658	1.422	16.720	(220)
LUTÉCIO	20.160	24.164	50.400	-

FONTE: * Rhone-Poulenc/Molicorp

** AESAR / 1985 Catálogo Johnson Matthey Inc.

Em quase todas as categorias os preços são controlados direta ou indiretamente pelos grandes produtores - Rhône Poulenc e Molycorp, que têm poder de provocar flutuações artificiais com o objetivo de disfarçar os custos reais de comercialização ou exercer o controle de mercado.

Os concentrados de bastnaesita com 70% de RED são cotados a um preço superior (US 2,31/kg em outubro/86) em relação a monazita (US\$ 0,55/kg). Isto se deve à maior facilidade de processamento da bastnaesita, ausência de Tório ou outros produtos radioativos e teores elevados de óxido de TR, o que facilita a recuperação dos produtos dentro dos requisitos exigidos pelo mercado consumidor.

Dados da Molycorp indicam que os cloretos de TR e o nitrato de Cério permaneceram com preços praticamente estáveis nos últimos anos. O preço do cloreto de TR produzido no Brasil é cerca de 50% inferior ao comercializado no exterior em decorrência do grau de pureza inferior.

Até o final da década de 90 estima-se que não acontecerão grandes alterações de preços dos minérios e concentrados de TR, em função dos projetos de mineração e de separação na Austrália, Índia, Taiwan e Canada, além da grande oferta proveniente da China.

CAPÍTULO IV - PROSPECTIVA

A demanda por TR tende a ser muito flutuante. Permanentes deslocamentos na estrutura da indústria provocaram modificações significativas durante os anos 80. Isto causa certa

discrepância nas projeções dos analistas.

A CRA - Charles Rivers Associates Incorporated (1988) - fez estimativas para o ano de 1986 do mercado mundial de TR excluindo países do leste europeu:

	93% FRAÇÃO LEVE	
CONSUMO: 22.600T		VALOR: US\$ 750 MILHÕES
	7% FRAÇÃO PESADA	

CONSUMO E MERCADO POR PAÍSES

EUA	45%	US\$ 235 MILHÕES
EUROPA OC.	27%	US\$ 149 MILHÕES
JAPÃO	20%	US\$ 345 MILHÕES
OUTROS	8%	US\$ 21 MILHÕES

Fonte: Katrak et al, 1988

O Japão é responsável pelo maior consumo de TR pesadas (55% do ítrio, 65% do Európio, 75% do Samário e 65% do Gadolínio). Sendo estes os TR mais caros, observa-se que apesar do menor consumo em volume em relação à Europa e os EUA, o mercado japonês em valor é muito mais alto.

Já a BCC - Business Communication Company (1989) estimou o valor total do mercado mundial em 1988, em US\$ 349 milhões, baseando-se em informações dos associados do RIC. Até 1995 estimaram o mercado mundial crescendo em média 4,4% ao ano, quando atingiria o valor de US\$ 459 milhões.

Adotando-se por precaução as projeções conservadoras do BCC, vemos na Tabela 14 as tendências mundiais de evolução do emprego de TR nas aplicações mais importantes.

Tabela 14 - Evolução do consumo de TR por aplicação
hierarquizado por valores de 1988

	1988 vol (mil lb)	1988 val (mil US)	1995 vol (mil lb)	1995 val (mil US)	% anual crescim
pigmento ceram.	6.3	107	6.4	108	0.18
Fósforo TV	0.58	68	0.73	86	3.4
Convers. Cat.	8.0	36	9.1	41	2.0
Fósforo Lamp.	0.19	32	0.38	64	11
Catal. Crack	13	18	13	18	0
Polim. vidro	9.0	14	9.0	14	0
Superligas	0.15	11	0.21	15	5
Fósforos R-X	0.14	9.3	0.14	9.3	0
sens. oxig.	0.18	9.1	0.22	11	3
Nd2Fe17B	0.30	9.0	0.80	24	15
Sm2Co17	0.10	8.0	0.07	5.6	-5
Diamante	0.12	6.1	0.24	12	10
Mischmetal	1.1	5.5	1.1	5.5	0
vidro espec.	0.38	3.4	0.53	4.8	5
prot. corros	0.015	2.8	0.054	10	20
capacit. ceram	0.038	1.5	0.057	2.3	6
ceram. estrut.	0.20	1.0	0.072	3.6	20
siliceto	0.50	0.75	0.50	0.75	0
supercondutor	0.0059	0.29	0	0	1
eletrodeposiç	0.075	0.23	0.075	0.23	0
armaz. ótico	0	0.084	0.0018	1.4	50
Lasers-	0.0007	0.07	0.0011	0.11	8
armazen. H	0	0	0.75	19	2
YsZ condutiv	0	0	0.05	2.5	2

Fonte: BCC(1989)

A agregação destas aplicações por setor industrial - ótico, químico, metalúrgico/magnético, cerâmico, eletrônico - que pode ser vista na tabela 15 e na figura 2, implicará em influências e perspectivas diferenciadas no interior da indústria de TR, as quais serão discutidas neste capítulo.

Tabela 15- Evolução percentual setorial do mercado

\ setor \ ano	VALOR		VOLUME	
	(1988)	(1995)	(1988)	(1995)
ótica	68%	63%	42%	39%
química	16%	13%	52%	51%
met/mag	11%	17%	5.4%	8.3%
cerâmica avanç	4.7%	6.1%	0.81%	1.3%
eletrônicos	0,44%	0,50%	0.094%	0.13%

Fonte: BCC(1989)

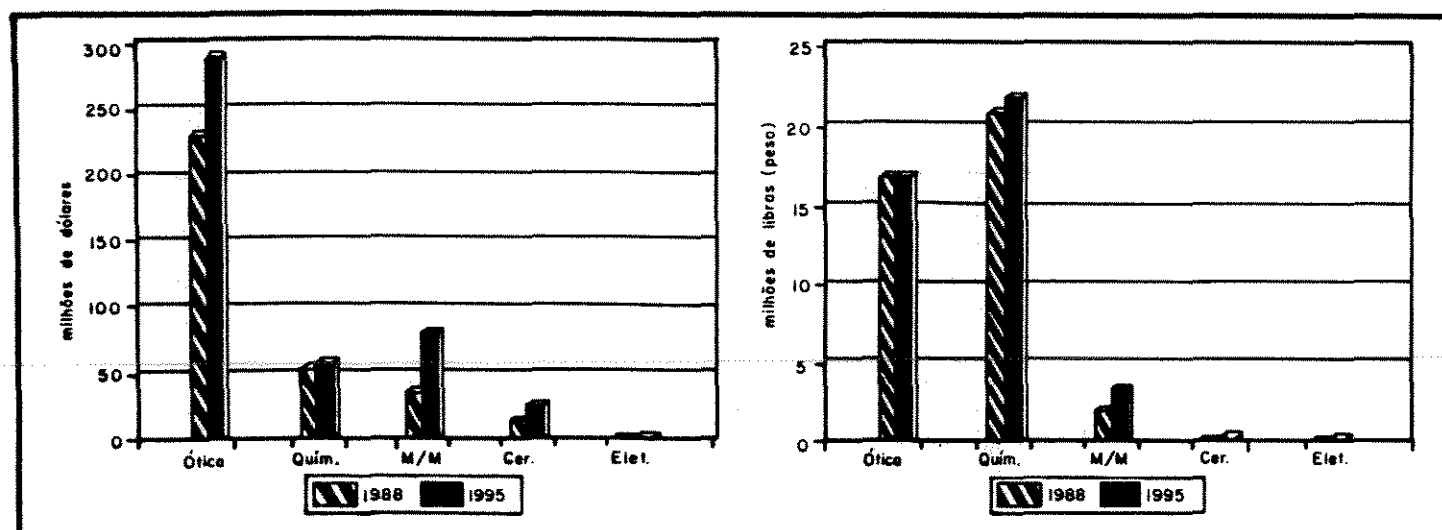


Figura 2-Evolução setorial - valor e volume. Fonte: BCC(1989)

4.1 PERSPECTIVAS

Historicamente comprova-se que não basta uma forte demanda instantânea e puntual por um elemento individual de TR para resultar em aumento substancial na produção daquele único produto. Isto é, o tempo de reação do mercado é lento pois os custos do investimento em recuperação e separação de TR são altos, especialmente o custo de capital associado com

a construção de uma planta de extração por solvente. Faz-se necessário, como reação inicial, um aumento substancial de preço, seguido de compromissos de longo prazo para quantidades significativas de material (sintoma secundário), até que se venha a investir maciçamente na recuperação específica de um elemento de TR. Esta característica aliada à evolução da demanda determinam tendências mundiais que serão abordadas para cada ramo da indústria de TR (Indústria Extrativa Mineral, Indústria de Transformação Mineral e Indústria de Usos e Consumo Final), nos próximos itens.

4.1.1 - DA INDÚSTRIA EXTRATIVA MINERAL

Há disponibilidade mundial de produtos de TR a preços competitivos porque países com baixo custo de mão de obra têm grande parcela da oferta (GOTO, 1985). Em especial a entrada da China criou uma competição acirrada na indústria. Como resultado a indústria ficou menos lucrativa, o que pode tirar produtores do mercado. A indústria de modo global está trabalhando como vendedora. Há muito mais produção que demanda no balanço final. Mas enquanto certos elementos mais abundantes (Cério e Lantânio) estão sobrando, outros menos abundantes (pesados), sob forte demanda sofrem estrangulação da oferta. O problema potencial de fornecimento se deve às restrições do processo de equilíbrio entre a demanda e a ocorrência geológica nos jazimentos. Existem duas maneiras para a indústria enfocar o problema da oferta:

a) Ajustar sua capacidade genericamente de forma a otimizar

os custos de produção dos elementos presentes no minério o que resultaria em preços médios mais baixos mas criaria escassez dos elementos pesados e sobra dos leves.

b) Tratar os jazimentos visando obter mais material ítrico (pesados) e estocar quantidades excedentes de céricos (leves). Este procedimento encareceria todos os TR devido à necessidade de financiar estoques e depreciar os investimentos feitos para aumento da capacidade de processamento.

Pelo fato da indústria de TR estar ainda no estágio de desenvolvimento e muitas das novas aplicações requererem TR pesados específicos, a situação deve permanecer sujeita a desequilíbrios.

Portanto, tem-se uma "equação" com muitas incógnitas, várias opções e alto risco. A menos que surjam novas tecnologias de usos e aplicações ou de separação, a monazita continuará a ser o minério mais solicitado para o futuro próximo, sendo necessário descobrir-se aplicações que usem significativas quantidades de TR leves para baratear os TR pesados, quando então a xenotima seria a mais demandada.

Resumo das Tendências

. Aumento da oferta internacional de TR com algum processamento, proveniente da China e Austrália, tornando mais alto o custo de entrada na indústria mineral pelo aumento da competitividade.

. No curto prazo, preferência para consumo maior da monazita

em relação à bastnaezita e xenotima (BASHIR, 1978);

. Segurança no abastecimento para quem não dispõe de jazimento com diminuição de incerteza na matéria-prima, tornando mais baixas as barreiras de entrada para quem queira purificar TR.

. Desenvolvimento de solventes específicos.

4.1.2 INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO MINERAL

As publicações enfatizam os TR no estado purificado devido a seu elevado valor unitário, mas as estatísticas mostram (Tabelas 16 e 17) que, em volume, o consumo dos TR é muito mais comum na forma de concentrados e predominantemente do concentrado de TR leves.

Tabela 16 -- Evolução do mercado em volume, valor e pureza dos compostos

\	pureza\	VALOR		VOLUME	
		1988 (Mil US\$)	1995 (Mil US\$)	1988 (Mil lib)	1995 (Mil lib)
Compostos	>98%	131	194	1.7	2.4
Concentrados	<98%	184	188	37	38
Metais		28	75	1.6	2.9
total		343	457	40	43

Fonte: BCC(1989)

Embora um crescimento anual de 5% em volume represente muito pouco no montante global pois dar-se-á sobre uma base muito pequena, com 5,8% anuais em valor os compostos de alta pureza irão suplantar definitivamente os concentrados. Perce

be-se por isso, que a indústria está se voltando para a alta pureza. A Molycorp, por exemplo iniciou em 1987 um programa de modernização e expansão de cinco anos e 20 milhões de dólares para dobrar a produção de Co de alta pureza em Mountain Pass, triplicar a capacidade de produção de Nd de alta pureza, duplicar a capacidade de Y₂O₃ (itria) e La de alta pureza em Louviers e de ítrio metálico em Washington. Além disso irá melhorar o nível da instrumentação, processos de controle e outros processos da manufatura (EVANS, 1985).

Tabela 17- Evolução do crescimento de mercado em valor, volume e pureza dos compostos

pureza	\	taxa crescimento anual	
		VALOR	VOLUME
Compostos	>98%	5,8%	5,0%
Concentrados	<98%	0,31%	0,38%
Metais		15,0%	8,9%
total			

Fonte: BCC(1989)

Resumo das Tendências

- . Interconexão e internacionalização crescente neste campo através de joint ventures, favorecendo variadas possibilidades de associação (por tecnologia, capital, mercado, produto etc).
- . Domínio de empresas de grande porte.
- . Perfil de consumo e produção mudando para alta pureza
- . Demanda decrescente de TR no uso em catalisadores para cracking.
- . Desenvolvimento de solventes específicos.

. Abundância de Ce no mercado, conduzindo à necessidade de descoberta de novas utilizações para o Cério.

4.1.3 DA INDÚSTRIA DE USOS E CONSUMO FINAL

Como o número de novas tecnologias com perspectiva de desenvolvimento comercial comparado com aquelas maduras é muito grande, os produtores estão em fase de expansão para ir de encontro às necessidades da demanda potencial dos usuários.

Tabela 18 - Evolução do mercado por tipo de tecnologia

	VOLUME(MILH LB)		VALOR(MILH US\$)		CRESCIMENTO ANUAL		%
	1988	1995	1988	1995	volume	valor	
"Low"	38	40	195	232	0,74	2,5	
"High"	2	3,3	148	225	7,4	6,2	
Total	40	43,3	343	457	0,68	4,4	

Fonte: BCC(1989)

A demanda por pesados tem aumentado enormemente para utilização em várias aplicações de alta tecnologia nos países industrializados. Isto é particularmente verdade no Japão. A Tabela 18 e a Figura 3 demonstram que embora a taxa de crescimento anual prevista para utilizações de alta tecnologia seja muito mais alta que para tecnologias convencionais, o volume consumido permanecerá sendo muito maior em "Low-Tech".

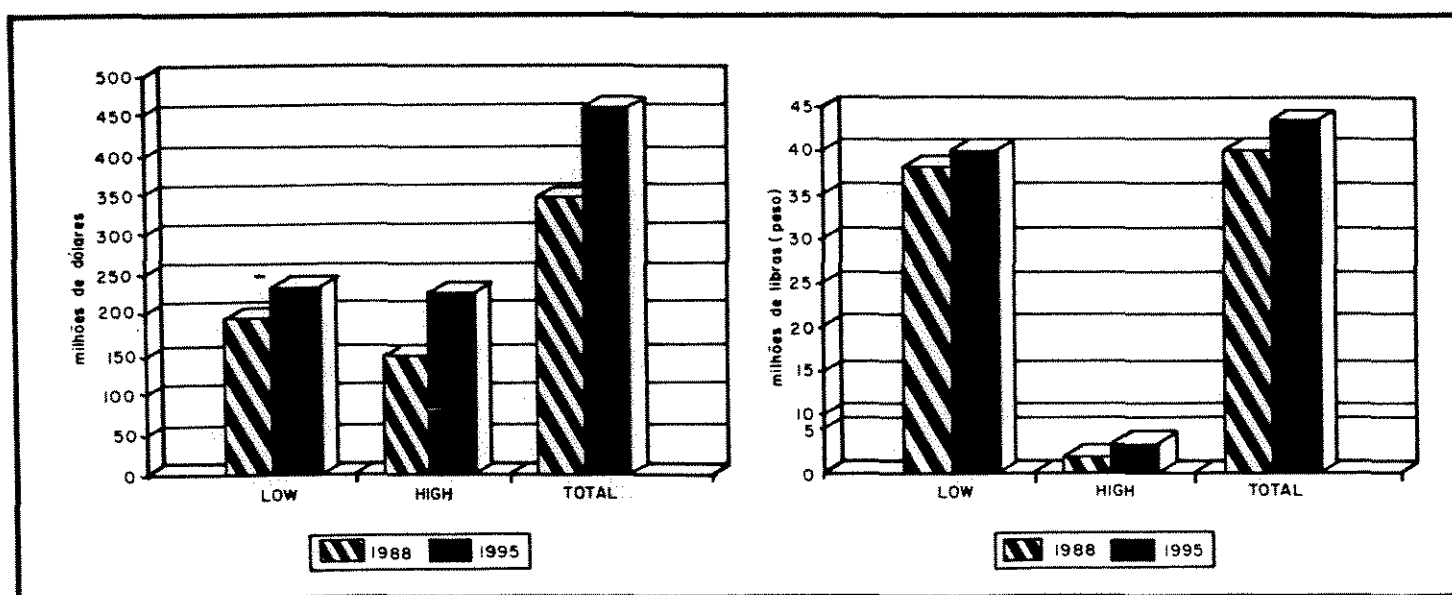


Fig 3-Composição do mercado por tipo de tecnologia.Fonte:BCC

Como muitas das novas aplicações estão em estágio de desenvolvimento é difícil afirmar-se com certeza o nível de sucesso que os esforços de pesquisa em "High Tech" terão ou o nível de solicitação por parte da indústria e clientes. Neste sentido é preciso considerar os seguintes aspectos:

... levará tempo para que a indústria de novos materiais com TR se torne lucrativa comercialmente. A época atual é de pouco crescimento e a demanda deve se expandir devagar. Os altos custos de pesquisa básica, o alto valor econômico da informação, os altos custos dos processos de fabricação, a dificuldade em reduzir custos ao não se conseguir produção em massa, indicam que quanto ao desempenho, os novos materiais com TR levam vantagem, porém sob a ótica do preço, eles não são tão vantajosos assim.

... existe uma barreira física para o crescimento da demanda de TR em novos materiais, representada pela pequena quantidade utilizada em relação ao alto valor agregado;

. Os custos elevados resultam na tendência dos usuários buscarem uma solução mais barata através de novos processos ou da substituição por outros materiais. Existem substitutos para muitas aplicações de elementos de TR embora geralmente pouco eficientes (ex: uso de magnésio ao invés de mischmetal para fusão de grafite nodular, uso de Hafnio ao invés de Európio para absorção de neutrons em submarinos atômicos, substituição de óxido de Cério por óxido de Estanho ou óxido de Zircônio para tornar esmaltes opacos).

. A evolução da supercondução e da cerâmica em motores por enquanto só permite especulações e hipóteses, sendo mercados ainda insignificantes ou inexistentes (KENNEY, 1983; LENOE, 1985; NOGAWA, 1987).

. A China tem perseguido uma estratégia de materiais caros e de alta pureza, mas não abandonou os usos e aplicações de grande volume (ZHOU, 1983). Eles tem obtido boas colheitas de trigo, arroz, amendoim, beterrabas, tabaco, melancia, soja, cana e repolho com fertilizantes de TR (WU, 1983; GUO, 1985; ZHAO, 1988).

Resumo das Tendências

- . Proibição do uso de Chumbo Tetra Etila para aumentar a octanagem da gasolina.
- . Desenvolvimento de novas tecnologias para purificação de TR individuais com diminuição de custos.
- . Desenvolvimento de usos especiais de TR individuais especialmente os pesados.

- . Protecionismo e barreiras na preservação e conservação de TR individuais de uso estratégico.
- . Desenvolvimento mercadológico lento e caro.
- . Necessidade de investimentos elevados para instalações e pessoal.
- . Possibilidades para empresas de pequeno porte.
- . Entrada de multinacionais do setor químico.
- . Diminuição gradativa da demanda e do consumo de mischmetal.
- . Substituição de ímãs convencionais por ímãs de TR e de ímãs Sm/Co por ímãs Nd/Fe/B .
- . Procura de maior pureza para cerâmica eletrônica e optoeletrônica.
- . Demanda por Sm e Nd (ímãs), Eu , Tb (tubo de televisão), Gd (nuclear), Y (cerâmico).
- . Países agrícolas deverão pesquisar o uso de TR em fertilizantes nos anos 90, mas os resultados deverão ainda demorar devido à necessidade de demonstração de viabilidade econômica e de considerações ambientais e de saúde.

4.2 TENDÊNCIAS DA OFERTA E DEMANDA POR ELEMENTO

Lentamente, cada elemento de TR estará se diferenciando e formando seu nicho de mercado. Alguns, como o Tb e o Gd , porque apresentam taxa anual prevista de crescimento por valor extremamente alta, (49% e 51% respectivamente) e outros, como La_2O_3 , Ce_2O_3 e Pr_6O_{11} , graças ao maior consumo em volume (38 milhões de libras) para 1995.

TABELA 19- PANORAMA COMPARATIVO PARA OS TR COM ALTA PUREZA

TR	VOL t M	US\$ Milh	PAIS/ REGIÃO	MINÉRIO	PUREZA %	PERSPECT MERCADO
Sc	<1	-	-	-	95-99,99	forte crescim
Y	425	55	Japão	Xenot. Res. Ur.	4N	crescim moderado
La	665	14	Japão	Bastn. Monaz.	99 e 50	crescim moderado
Ce	1675	20	Japão	Bastn. Monaz.	60 e 90	declíneo
Pr	51	1,9	Europa/ EUA	Bastn. Monaz.	96	crescim. baixo
Nd	570	45	Japão/ EUA	Bastn. Monaz.	95 a 99,99	crescim. alto
Sm	365	65	Japão	Monaz.	96 a 99	crescim. baixo, decl.
Eu	13	23	Japão	Argilas China	4N ou 5N	crescim moderado
Gd	85	11	EUA	Xenot. Monaz.	4N	crescim. baixo
Tb	10	9	Japão	Xenot.	4N	crescim moderado
Dy	15	1,3	EUA	Xenot.	85 a 99,9	crescim. baixo
Ho	-	-	-	Xenot.	-	estacionário
Er	12	2,4	EUA/ Europa	Xenot.	4N	forte crescim
Tm	1	-	-	Xenot.	-	estacionário
Yb	<<1	-	-	Xenot.	-	indefinido
Lu	<<1	-	-	Xenot.	-	indefinido

Fonte: BCC (1989), CRA (1988), Solvay (1991).

A Tabela 19 e a análise por TR de alta pureza que se segue, foram montadas combinando-se dados fornecidos pela Solvay, BCC e CRA.

4.2.1 ESCÂNDIO

O Escândio tem um mercado mundial muito restrito (menos de uma tonelada ano), mas tem uma perspectiva de crescimento acelerado no futuro (PETKOF, 1980), liderado por uso em lasers (desenvolvidos nos EUA e Japão). Tubos para telas gigantes (da Mitsubishi) e telas de alta definição (da Hitachi) também têm perspectiva de "alavancar" o crescimento. O custo do Escândio é um fator limitante para o crescimento mais rápido do mercado para produtos de iluminação. Os níveis de pureza a serem ofertados situam-se entre 95 e 99,99%.

Usos e aplicações são previstos em:

- a) catodos de tubos, pois suporta maiores densidades de corrente.
- b) Lasers, pois aumenta capacidade de armazenagem.
- c) Produtos de Iluminação, devido ao maior ajuste espectral à luz solar e mais alta intensidade e fluorescência.

4.2.2 ÍTRIO

O mercado mundial de ítrio estará passando por transformações. O maior mercado atualmente (cerca de 65% em volume e valor) está na utilização em fósforos, principalmente no Japão, mas a expectativa de crescimento é

baixa pois os produtos estão em declínio. Usos em lasers e principalmente cerâmicos, que somados dão cerca de 25% em volume e valor, apresentam taxa de crescimento de utilização alto pois seus produtos estão na fase inicial do ciclo de vida no Japão, EUA e Europa. Usos em eletrônica são de volume pequeno e existe muita insegurança nos desenvolvimentos da tecnologia para uso em supercondutores.

São demandados níveis de pureza entre 95 e 99,9999%. Mais comumente será ofertado em 99,99% (4N).

Usos e aplicações em:

- a) Fósforos para TV e Raio X, devido à alta intensidade de fluorescência (mais ou menos 60%, cerca de US\$ 28 milhões).
- b) Iluminação, pois proporciona alta intensidade fluorescente em lâmpadas halógenas, infravermelhas e fluorescentes.
- c) Cerâmicos - sensores de oxigênio (<10%, cerca de US\$ 3 milhões), zircônia cúbica (<5%, cerca de US\$1 milhão), componentes cerâmicos de motores, cerâmica refratária e estrutural, pigmento amarelo, "plugs glow".
- d) Lasers, devido ao alto raio de refração e baixa reflexão.
- e) Magnéticos, Eletrônicos e Supercondutores.

4.2.3 LANTÂNIO

O mercado mundial apresentará crescimento moderado, equilibrado entre aplicações de alta e baixa intensividade tecnológica. Catalisadores do tipo FCC e outros, que contêm La como o TR de maior quantidade, apresentam um maior mercado nos EUA mas são de baixa pureza e de preço mais

baixo, além de terem sofrido declínio acentuado devido à mudanças nas prioridades de refino norte americanas. Os catalisadores automotivos por sua vez, estão em alta pois parece irreversível a onda protecionista do meio ambiente em todo mundo, principalmente na Europa.

O mercado para Lantânio de alta pureza será sustentado pelo grande número de aplicações em produtos de iluminação, lentes e fibras óticas consumidos no Japão e na Europa.

O Lantânio continuará a ser produzido principalmente à partir de Bastnaezita e Monazita mais que de Xenotima pois, enquanto este último minério apresenta 0,5% de La₂O₃ contido, os outros dois minérios apresentam 30% e 21% respectivamente de óxido contido.

Os níveis de pureza a serem ofertados giram em torno de 99% (para produtos de iluminação, para armazenamento de Hidrogênio e ligas especiais) e 50% nos catalisadores. São previstos graus de pureza mais elevados (4N e 5N) em alguns outros usos e aplicações tais como:

- a) Fósforos, devido à alta intensidade de fluorescência em telas de raio X.
- b) Fibras óticas, graças ao controle do índice de refração do núcleo da fibra.
- c) Capacitores - atuação no controle dos efeitos da temperatura de dielétricos de cerâmicas em capacitores.
- d) Lentes, graças ao controle do índice de refração de vidros óticos para lentes multifocais e instrumentos óticos.

4.2.4 CÉRIO

O Cério, que já foi o TR mais utilizado na forma de concentrado e puro tem sofrido declínio constante na sua utilização, o que repercute negativamente sobre todo o mercado de TR. O declínio acentuado no uso de catalisadores do tipo FCC devido a mudanças radicais nas prioridades de refino derrubou o consumo de Cério principalmente nos EUA, que eram seu maior consumidor.

Catalisadores automotivos têm previsão de grande consumo na Europa, mas são de baixa pureza (aproximadamente 60% de CeO_2). Outras aplicações tais como pó de polimento de vidros, corante amarelo de vidro e pigmentos inorgânicos exigem purezas de até 90% mas têm perspectiva de crescimento baixa ou moderada.

O mercado mundial para Cério de alta pureza (4N), por enquanto apresenta perspectivas apenas na fabricação de telas de TV e monitores, onde atua na eliminação de traços de Ferro e proteção contra radiação gama. Por isso, o Cério deverá ser ofertado preponderantemente em níveis baixos de pureza.

O Cério continuará a ser produzido principalmente a partir de bastnaezita e monazita mais que de xenotima, pois enquanto esta última apresenta 5% de CeO_2 contido, os outros dois minérios apresentam 50% e 46% respectivamente.

4.2.5 PRASEODÍMIO

Em relação ao seu "irmão" Neodímio, o Praseodímio de alta pureza é um TR de futuro pouco expressivo. Parece não haver usos e aplicações em desenvolvimento que utilizariam o Praseodímio. Em cerca de 80% em volume e em valor o Praseodímio purificado é usado para obtenção da cor amarela vítrea usada em ladrilhos cerâmicos e louça sanitária nos mercados da Europa e dos EUA. Mas esta aplicação tem baixa perspectiva pois Praseodímio é um pigmento muito caro.

O Praseodímio continuará a ser produzido principalmente da bastnaezita e monazita que contêm aproximadamente 5% de Pr_6O_{11} contido contra os 0,7% na xenotima. Será ofertado em níveis de pureza médios (96%) para suas aplicações principais: pigmento e ímãs permanentes.

4.2.6 NEODÍMIO

Segundo Boswel (1985), o advento dos ímãs permanentes Neodímio-Ferro-Boro ($\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$) em substituição aos ímãs Samário-Cobalto (SmCo_5) confere ao Neodímio uma expectativa de futuro promissora especialmente para indústria de pequenos motores usados no complexo eletro-eletrônico e em automóveis (Ver anexo 2). Apesar de em 1987 cerca de 70% em volume e valor (US\$ 18 milhões) do Neodímio terem sido consumidos na fabricação de capacitores principalmente no Japão, os magnetos que aparecem em segundo lugar (25% em volume e valor em 1987 - US\$ 10 milhões) apresentam taxa de crescimento acima de 10% anuais, contra menos de 2% para os

capacitores. Outros usos como lasers (5% ou cerca de US\$2 milhões) e memórias óticas também apresentam perspectivas de crescimento alto embora sejam utilizações de menor volume.

Os níveis de pureza a serem ofertados serão aqueles dos ímãs permanentes e capacitores (95% a 99,99%), dependendo da capacidade tecnológica de utilização pelo consumidor final e do produto específico a ser produzido.

O Neodímio será produzido das suas maiores fontes Bastnaezita (14% de Nd_2O_3) e a Monazita (18% de Nd_2O_3) mais que de xenotima (2% de Nd_2O_3), (WIKLER, 1985; MIKOLAJCZAK, 1985).

4.2.7 SAMÁRIO

Oitenta por cento do mercado mundial de Sm em 1987, tanto em volume como em valor, era direcionado para ímãs permanentes (US\$ 132 milhões) e consumido principalmente no Japão. Contudo historicamente, o consumo de Sm esteve sempre limitado pela capacidade de produção não só de Samário, como também de Cobalto. A recente introdução bem sucedida de ímãs com Neodímio deve causar um decréscimo efetivo no consumo de Sm no futuro. Por isso, apesar das perspectivas de um crescimento alto de emprego do Sm como corante especial e em fibras óticas, o potencial de mercado para o Samário é reduzido. O Samário poderá ser produzido de Bastnaezita, Xenotima ou Monazita que apresentam um conteúdo de Sm_2O_3 entre 1% e 4%. O grau de pureza oferecido será de 96% a 99%.

4.2.8 EURÓPIO

O Japão é o grande mercado para Eu de alta pureza usado como material fosforescente, graças à sua alta luminosidade de cor vermelha e a fluorescência tripla que, por combinação de três cores, recria a luz branca do dia com maior fidelidade. Em 1987, 78% do mercado era voltado para usos como fósforo (aproximadamente US\$ 18 milhões), ficando o restante para usos em controles nucleares e aparelhos detetores de fótons.

O Európio apresenta concentração muito baixa (em torno de 0,15% de Eu₂O₃) nos minérios fontes tradicionais. Por isso, a principal fonte de Europio deverão ser as argilas ion-adsorvidas da China. A pureza oferecida será 4N ou 5N.

4.2.9 GADOLÍNIO

Os EUA detêm o domínio em quase todas as formas de utilização do Gadolínio. Cerca de 47% da sua utilização destina-se à fabricação de fósforo de alta intensidade utilizados principalmente em telas de raio-X. Do mercado mundial que era de cerca de 11 milhões de dólares em 1987, 5 milhões eram para uso em fósforos (45%). Tendo em vista que a expansão prevista do mercado de fósforos é pequena e não está havendo desenvolvimento de novos usos e aplicações, as perspectivas futuras da demanda para uso do Gadolínio permanecem baixas, apesar da previsão de demanda crescente para lentes, memórias óticas e lasers (cristais gálio-

gadolínio).

O Gadolínio será extraído principalmente de Xenotima e Monazita, onde o Gd_2O_3 está presente em 4% e 3% respectivamente, enquanto a Bastnaezita apresenta apenas 0,3%. Será ofertado com pureza 4N para todas as aplicações e usos.

4.2.10 TÉRBIUM

O mercado de Têrbio em 1987 era cerca de 9 milhões de dólares, sendo metade disto para uso como fósforo (produz as cores vermelho brilhante, verde e o branco de monitores profissionais e é usado como ativador em telas de raio-X) e os outros 50% para produtos de iluminação, memórias óticas e lasers. Perspectivas de crescimento da demanda moderadas para o uso como fósforo são determinantes de uma perspectiva de demanda global apenas moderada para Têrbio, mesmo em vista da demanda alta para produtos de iluminação e memórias óticas.

Para a maior parte das aplicações o Têrbio será ofertado ao nível de pureza 4N. Têrbio poderá ser produzido de muitas fontes pois em qualquer caso o conteúdo de Tb407 é bem baixo (Xenotima 1%, Monazita 0,15% e Bastnaezita, 0,01%).

4.2.11 DISPRÓCIO

O mercado para Disprósio era estimado em 1.3 milhões de dólares em 1987. Cerca de 87% em volume e valor eram

utilizados em magnetos permanentes. Os Estados Unidos são o maior consumidor para Disprósio. A demanda para Disprósio será baixa, uma vez que ele é utilizado preponderantemente como aditivo em ligas magnéticas e ligas para discos óticos, cuja perspectiva é de crescimento moderado a baixo não existindo novos usos em perspectiva que demandem grande quantidade de Dy. Será oferecido com purezas de 85% a 99,9%(3N).

O Disprósio será mais facilmente extraído de Xenotima (9% de Dy₂O₃). Poderá ser utilizada também a Monazita(1%) e menos provavelmente a Bastnaezita (0,03% de Dy₂O₃).

4.2.12 HÓLMIO

O consumo estimado deste TR de menor importância não atingiu 1 ton métrica em 1987 e não existem grandes perspectivas de novos desenvolvimentos para usos e aplicações que venham a demandar Hólmio. Atualmente é usado para melhorar o desempenho de magnetos permanentes de Nd e na dopagem de lasers. O Hólmio está presente principalmente na Xenotima (2,1% de Ho₂O₃) e em pouquíssima quantidade na Monazita (0,1%) e bastnaezita (0,01%).

4.2.13 ÉRBIO

De um mercado estimado em 1987 em 2,4 milhões de dólares concentrado principalmente nos EUA e Europa, 42% era utilizado para fibras óticas e outros 42% em cores especiais. Como a perspectiva de crescimento do uso do érbio

é alta também para os outros usos (lasers e produtos de iluminação) as perspectivas de crescimento da demanda são altas, embora sobre uma base pequena.

Será ofertado preferencialmente como Er_2O_3 pureza 4N, para fibras óticas, lasers e produtos de iluminação. O érbio poderá ser produzido de muitas fontes tais como: Monazita (0,53% de Er_2O_3), Bastnaezita (0,50%) e principalmente Xenotima (0,50%).

4.2.14 TÚLIO

O consumo estimado deste TR de menor utilização (fósforo e produtos de iluminação) atingiu cerca de 1 ton metrica em 1987 e não existem grandes perspectivas de desenvolvimento de novos usos e aplicações que venham a demandar Túlio. Ele está presente principalmente na Xenotima (0,9% de Tm_2O_3), em menor quantidade na Monazita (0,2%) e muito pouco na bastnaezita (0,02%).

4.2.15 ITÉRBIO

A restrita utilização do Itérbio (ligas magnéticas para armazenamento em memórias óticas, produto de iluminação em lâmpadas fluorescentes de alta luminosidade e transdutores de pressão) produziu um consumo estimado em muito menos que 1 ton metrica em 1987 e não existem grandes perspectivas de desenvolvimento de novos usos e aplicações que venham a demandar Lutécio. Ele está presente principalmente em Xenotima (6,2% de Yb_2O_3), em menor quantidade em Monazita

(0,3%) e muito pouco na bastnaezita (0,01%).

4.2.16 LUTÉCIO

O consumo estimado de Lutécio somou muito menos que uma ton métrica em 1987 e não existem grandes perspectivas de desenvolvimento de novos usos e aplicações que venham a demandá-lo. É utilizado em pequenas quantidades depositadas em cristais gálio-gadolíneo para memórias "bubbles", tecnologia que está em decadência. Ele está presente principalmente em Xenotima (0,4% de Lu_2O_3) e em menor quantidade em Monazita (0,1%) e muito pouco na bastnaezita (0,01%).

4.3 PROSPECTIVA PARA O BRASIL

Não existe na prática empresarial da indústria dos TR brasileira a segmentação tecnológica por produtos, volume e/ou valor. As implicações deste perfil industrial para o futuro dos setores mineral e de transformação mineral são as seguintes:

- Deseconomia externa de consumo, se o perfil de consumo industrial do país continuar privilegiando usos de menor valor agregado e menor valorização econômica;

- Economia externa de consumo, se o crescimento da importância e das possibilidades de uso dos TR produzir um aumento no interesse, nos incentivos e nas perspectivas de ampliação e diversificação deste setor no país, o que levaria a uma melhora nos serviços e outras vantagens

recebidas pelos consumidores.

- Deseconomia externa de produção, se a reserva de mercado para monazita condicionar a produção aos interesses técnicos estratégicos da CNEN.

- Economia externa de produção devido a possibilidades que tem a Nuclemon e outros produtores de desenvolver uma linha de produtos paralela aos TR.

- Externalidades técnicas, se ocorrer aumento da troca de experiências entre empresas e centros de pesquisa visando domínio mais amplo das tecnologias em TR.

Fazendo-se o entrelaçamento das perspectivas e tendências mundiais com as condições vigentes internamente, será possível delinear as condições para a inserção do país no setor de TR. Começando da ponta do consumo para no final concentrar a análise na indústria mineral, tem-se nos próximos três itens um panorama prospectivo para os setores industriais brasileiros de TR.

4.3.1 INDÚSTRIA DE USOS E CONSUMO FINAL

O uso mais generalizado de produtos contendo TR fica dificultado via mecanismos de preços. Com a péssima distribuição de renda existente no Brasil, pode-se antever que a população será impedida de consumir produtos de alta tecnologia, restando um mercado interno pequeno, acanhado, seleto, insuficiente para sustentar ou induzir uma política industrial autônoma para estes materiais. Isto é, o crescimento da indústria de novos materiais com TR só poderá

acontecer subordinada, de variadas formas, aos imperativos da demanda externa para exportação.

Resultados que se pode esperar:

- a) Não se conseguir sustentar produção seriada de produtos "high-tech" contendo TR importando-se quando for necessário, mas continuando com um perfil "low-tech".
- b) Apesar de não se conseguir produção na indústria ótica e eletrônica ("high-tech"), conseguir-se romper com o perfil "low tech" nas indústrias química (catalisadores), cerâmica e metalúrgica.
- c) Com pequena defasagem, empresas no Brasil conseguirem produzir e comercializar produtos com TR para demanda de países com mercados de produtos "high-tech", utilizando TR de alta pureza.

4.3.2 INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO MINERAL

é fantasioso imaginar-se que no curto prazo os produtores conseguirão superar os variados problemas com o minério, possibilitando atingir produção eficiente de TR individuais e de extrema pureza. Não é o fato de no país existir uma indústria pequena de fabricação de TR que facilitará a obtenção, a preços competitivos, dos TR de mais alto valor agregado. Percebe-se uma tendência e a necessidade de aproximação com instituições estrangeiras, em contratos de entrega de matéria prima bruta ou menos processada. A Nuclemon e a Vale do Rio Doce estão promovendo

aproximação com grupos japoneses que, além de deterem tecnologia de ponta na separação, processamento e utilização dos TR, formam seu próprio bloco econômico, com penetração ainda nos blocos europeu e da América do Norte. A Solvay do Brasil está pleiteando apoio da matriz na Bélgica para incrementar a produção de TR de alta pureza.

Esta estratégia pode se revelar inócua se as empresas não conseguirem evoluir até a purificação de todos os TR, repassando os TR mais nobres "embutidos" nos produtos intermediários. Por esta razão, faz-se necessário fortalecer os centros de pesquisa e universidades envolvidos com os TR e investir no desenvolvimento de métodos analíticos rápidos e eficientes para caracterização de TR.

Resultados que se pode esperar:

- a) Os projetos de fabricação de compostos de TR no Brasil não conseguirem atingir viabilidade técnica nem econômica e permanecer-se com a atual estrutura industrial, pouco competitiva e pouco lucrativa, importando-se os TR de alta pureza se necessário.
- b) Os projetos de fabricação de compostos de TR atingirem viabilidade técnica e econômica para purificação dos TR leves, mas não para os pesados.
- c) Os projetos de fabricação de compostos de TR no Brasil atingirem viabilidade técnica e econômica com grau de competitividade, a ponto de disputar inclusive no mercado internacional de TR pesados.

4.3.3 INDÚSTRIA EXTRATIVA MINERAL

Para o Brasil continuar produtor mineral significativo de TR, a realização intensiva de pesquisa mineral para aumentar reservas e investimentos para tratamento e beneficiamento é urgente. Empresas de mineração detentoras de jazidas de TR possuem pouco "know-how" ligado aos TR, mas não fazem investimentos ou o fazem só em ritmo extremamente lento. Isto porque aspectos mercadológicos, institucionais e tecnológicos lhes são pouco motivadores: o prazo demasiado longo dos desenvolvimentos, os altos custos, a demanda esporádica e pontual, a prevalência de "modismos". Falta portanto o mínimo de pré-condições que permitam equilibrar no curto prazo as instabilidades perturbadoras da insegurança no mercado.

A presença de Tório no minério, a obrigatoriedade de deixá-lo com as INB, ou a necessidade de cuidados ambientais também inibem e trazem implicações institucionais e políticas que estão a exigir novas abordagens e reavaliação de posições.

Por fim, a comercialização só do minério esbarra em questões ambientais, legais, protectionistas e na concorrência com países como a China e a Austrália.

Resultados que se pode esperar:

a) A oferta internacional rebaixar os preços e não se viabilizar a pesquisa mineral e/ou a produção de reservas brasileiras.

b) Os detentores de reservas resolverem seus problemas tecnológicos e flexibilizarem a oferta de TR, aliviando ameaças de exaustão das reservas economicamente viáveis, mantendo-se porém a estrutura de oferta praticamente inalterada.

c) Os detentores de reservas resolverem seus problemas tecnológicos e se habilitarem a separar e comercializar TR de acordo com exigências do mercado nacional e/ou internacional, alterando significativamente a estrutura da oferta.

Frente a este perfil podem ser apontadas algumas alternativas de redirecionamentos e/ou ajustamentos de rota para a indústria mineral brasileira de TR:

A) Substituição de importações

A Tabela 8 e o Anexo 5 fornecem um quadro da demanda por produtos de TR não satisfeitas pela indústria nacional. é preciso considerar que a concorrência de quem já está atendendo a estas importações será alta e que, se a capacitação disponível ainda não fora capaz de satisfazer esta demanda, ela não deve ser muito alta, apesar de não ser absolutamente nula.

B) Aumento do grau de nacionalização

Pode-se buscar graus crescentes de nacionalização na produção de materiais similares aos importados, correndo-se menor risco.

C) Implementação de mudança tecnológica

O processo de exploração, beneficiamento e purificação do minério brasileiro é passível de várias mudanças tecnológicas que dêem melhor aproveitamento e maior rentabilidade à indústria mineral.

D) Inovação tecnológica

Tentativas de inovação como investir em processo de separação a partir de "blending" de minérios diferentes são muito arriscadas pois falta capacitação e o patrocínio potencial do comportamento inovador não tende a ser alto.

E) Fechamento do ciclo de transformação da matéria-prima

Procurar estabelecer joint ventures para obter os TR pesados e minimizar os riscos elevados de fracasso técnico e comercial frente à concorrência.

F) Diminuição do espectro de manufaturas

Concentrar-se em materiais e produtos de maior rentabilidade pela maior demanda, maior crescimento ou maior valor agregado unitário no mercado interno e/ou externo.

G) Integração para frente

Escolher um setor industrial e concentrar investimentos de forma integrada (da matéria prima ao produto final), provavelmente recorrendo à joint-venture.

H) Engenharia reversa ou abertura de patentes vencidas;

Produtos ou processos que eventualmente merecessem ser desenvolvidos e não estiverem mais protegidos, provavelmente já não tenham uma demanda significativa, o que é um risco comercial, além de ainda apresentarem algum risco tecnológico se o desenvolvimento for autônomo.

Nas Figuras 4 a 9, estas alternativas são mostradas levando-se em conta a concorrência e o o risco comercial, a demanda, o risco tecnológico e a melhor capacitação econômica, técnica, humana e instrumental disponíveis no país. As setas indicam existir flexibilidade na alternativa.

A *demanda* que pode ser efetiva e/ou potencial, dependendo da alternativa, foi definida e subdividida como:

Alta (A) - quando a demanda efetiva e/ou potencial é

principalmente do mercado externo.

Média (M) - quando a demanda efetiva e/ou potencial é

principalmente do mercado interno.

Baixa (B) - quando não há demanda efetiva e há dúvidas sobre a tendência da demanda potencial nos mercados interno e/ou externo.

Risco tecnológico foi definido e subdividido como:

Baixo (B) - quando existem provas de que na escala

industrial ou semi-industrial o desenvolvimento já deu certo.

Médio (M) - quando está provado o sucesso só até a escala piloto.

Alto (A) - quando o desenvolvimento deu-se apenas em escala laboratorial ou no máximo de protótipo.

Concorrência aqui foi definida e subdividida como:

Alta (A) - se houver risco comercial advindo de competição direta com os principais produtores

Média (M) - se houver risco comercial associado à competição indireta com os principais produtores.

Baixa (B) - se o interesse em competir dos principais produtores não se definir ou for indiferente .

Capacitação foi definida e subdividida como:

Alta (A) - quando há estimativa de competência e capacidade técnica/laboratorial de produzir pelo menos na escala de protótipo.

Média (M) - quando há estimativa de competência ao menos na escala laboratorial.

Baixa (B) - quando será preciso investir-se para romper a inércia e dar início à competência praticamente inexistente.

Nota-se a forte concorrência localizada exatamente nas células de maior demanda, como era de se esperar, pois é o Brasil que quer tentar inserção neste mercado. Outra característica visível é a tendência da capacitação nacional na maior parte das alternativas ser baixa. Por isso a política de joint-venture praticamente se impõe, como a única estratégia cabível no momento.

a-substituir importações b-aumentar grau de nacionalização
 c-mudança tecnológica d-inovação tecnológica
 e-ciclo matéria-prima f-diminuir espectro manufaturas
 g-integrar para frente h-engenharia reversa / patentes

C				
a A	f			
p				
a				
c	a			
i M	b			
t				
a				
ç	g		c	
ã B		h	d	
o	e			
	B	M	A	
	Risco Tecnológico			
	Figura 4			

A	e			c
D	g			
e				
m	f			
a M	b	h		d
n	a			
d				
a				
B				
	B	M	A	
	Risco Tecnológico			
	Figura 5			

C				
o				
n B				
c				
o				
r	e			
r M	g	h		d
ê				
n				
c	a			
i A	b			c
a	f			
	B	M	A	
	Risco Tecnológico			
	Figura 6			

C				
a A		f		
p				
a				
c				
i M		a b		
t				
a				
ç	g	h		
ã B	e			
o	c	d		
	A	M	B	
	Demanda			
	Figura 7			

C				f
a A				
p				
a				
c			a	
i M			b	
t				
a				
ç		e g		
ã B		d h	c	
o				
	B	M	A	
	Concorrência			
	Figura 8			

C				
o				
n B				
c				
o				
r	e	h		
r M	g	d		
ê				
n				
c		a b		
i A	c	f		
a				
	A	M	B	
	Demanda			
	Figura 9			

CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência de adotar a metodologia Prospectiva para estudo de "commodities" minerais esbarrou no grande número de variáveis a serem investigadas para a indústria dos TR. Restringiu-se a uma coleta, sistematização, síntese e estruturação de dados até então desconhecidos ou dispersos e que de outra forma resultariam de pouca ou nenhuma utilidade. O resultado final correspondeu a uma abordagem qualitativa das alternativas para indústria mineral brasileira de TR, sem aprofundar-se na recomendação de estratégias ou avaliação de tendências e opções.

Constata-se, após investigação da indústria dos TR da vulnerabilidade a que ficam submetidos países produtores restritos à ponta inicial da indústria mineral. Isto se deve ao fato de que progressivamente vem se implementando um modo de produção onde não é a matéria-prima o fator de produção, mas sim o material dela derivado.

Também progressivamente vem se implantando um modo de produção onde não é a mão-de-obra barata um fator de produção realizável, mas sim a tecnologia (conhecimento com competência de produção e domínio de mercado) embutida nos materiais e produtos.

Apesar do concentrado de TR poder ser tratado como uma "commodity" mineral, os elementos de alta pureza de TR

tratam-se na verdade de novos materiais ajustados às preferências do consumidor (GRIBOV et al., 1977). Neste mercado, os produtos são de múltiplas especificações e são comuns rápidas mudanças nas demandas técnicas dos clientes. Para conquistar e manter posição significativa nesse mercado, faz-se necessário pesquisa tecnológica considerável e apoio sistemático ao cliente.

O Brasil já deteve liderança mundial em tecnologia de processamento de TR, mas após a dissolução da ORQUIMA as patentes caducaram e o país perdeu a expressão. Neste período duas empresas, a Molycorp dos EUA e Rhône Poulenc da França, desenvolveram tecnologias e consolidaram domínio do mercado e principalmente dos canais de comercialização. Hoje, são os japoneses que estão impondo a qualidade dos seus materiais e produtos com TR. Também a China vem se diferenciando e se destacando graças a ações estratégicas.

Apesar de TR ser um mineral/material estratégico, falta ao país uma "postura estratégica" em relação a ele.

Este trabalho revelou algumas alternativas capazes de gerar estratégias e subsidiar ações para modificar a estrutura da indústria mineral de TR no Brasil, conseguindo no longo prazo, estabelecer uma posição melhor em relação à Molycorp, a Rhône Poulenc, as empresas japonesas e os chineses.

Este trabalho mostrou também que a metodologia prospectiva, respeitada algumas limitações, poderá ser de

muita utilidade no estudo e avaliação de outros minerais e/ou materiais estratégicos.

E finalmente, se a metodologia prospectiva, mesmo ao ser aplicada a bens minerais complexos e com grande número de incógnitas como os TR, conseguiu lançar novas bases e patamares para avanço da discussão abrindo caminhos para avaliação de políticas e formas de gestão dos TR, com maior probabilidade será aplicável na investigação "commodities" mais consolidados no mercado mineral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, J.W., STAATZ, M.H. Rare earth elements. [s.l.]: U.S. Geological Survey, 1973. (Professional Paper n.820)
- AL'PERINA, E.M., TSYGANKOVA, G.V. Current state of production and consumption of rare earth metals and their compounds. Tsvetna Metall, v.56, n.1, p.108-110, 1983.
- ANSTETT, T. F. Availability of rare earth, Yttrium, and related thorium oxides : market economy countries. Washington : Bureau of Mines, 1986, 19 p. (Bureau of Mines Information Circular n. 9111).
- ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO. Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1979 a 1990.
- BCC-Business Communications Co. Inc, Rare earths : Worldwide markets, applications. Norwalk: jun. 1989. 289p.
- BARREYRE, P. Y. Le choix de sous traitance dans la stratégie de l'entreprise. Revue Française de gestion, Paris, p. 76, jan./fev., 1978.
- BASHIR, V. S. Monazite, the basic rare material for rare earths beneficiation from beach sands. Materials Science Forum, v. 30, p. 33-43, 1988.
- BIBLIOGRAPHY of chinese rare earth science and techonology. Journal China Rare Earth Society, v.3, n.1, p. 93-8, 1985.
- BOSWELL, P.G. Worldwide growth prospects for neodymium-iron permanent magnets: a comparison of market opportunities. In: MITCHELL, I.V. Permanent magnets: their present and future applications. London: Elsevier, 1985. p.57-62
- BRUSDEYLINS, A., HERGET, C.S., REINHARDT, K. Aplication and economical significance Chemical Zeitung, Kothen, v. 97, p.557-64, 1973.
- CANNON, J.G. The flux of the matter-lanthanides - What is the attraction? In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON RARE EARTH MAGNETS AND THEIR APPLICATION, 8TH/INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MAGNETIC ANISOTROPY AND COERCIVITY IN RARE EARTH TRANSITION METAL ALLOYS, 4TH, 1985, Dayton. Proceedings... Dayton: University of Dayton/ School of Engineering, 1985. p. 365-376.
- CHINA RARE EARTH INFORMATION NEWSLETTER. Baotou Reserch Institute of Rare Earth, n.1, 1986 Trimestral.

CUNHA, Antônio Geraldo da Dicionário Etimológico da Língua Portuguesa. Editora Nova Fronteira S/A, 1982.

EVANS, P.W. Molybdenum and the lanthanides. In: MITCHELL, I.V. Permanent magnets: their present and future applications. London: Elsevier, 1985. p.29-32

FALCONNET, P. Industrial strategy and economics in rare earth Rare Earths, n. 13, p. 43-57, 1988.

FISCHER, G. Summary of Japan's innovative industrial materials American Ceramic Society Bulletin, Easton, v.64, p.34-38, 1985.

FONTINHA, Rodrigo Novo Dicionário Etimológico da Língua Portuguesa. Porto : Ed. Domingos Barreira, 1958.

GARNAR JR., T.E. Heavy minerals industry of North America. In: INDUSTRIAL MINERALS INTERNATIONAL CONGRESS, 4th, 1980, Atlanta. Proceedings ... London: Metal Bulletin, 1981. p.29-42.

GIESBRECHT, E., VICENTINI, G., ZINNER, L.B. Rare earth research at the University of São Paulo. Química Nova, São Paulo, v.7, n.4, p.273-305, Oct. 1984

GILMORE, J.S. et al. Trace elements patterns at a non-marine cretaceous tertiary boundary. Nature, London, v. 307, p.224-8, 1984.

GOTO, K.I., KAWAGUCHI, Y. Resources of rare earths - its present and future. Rare Earths, v.7, p.25-33, 1985.

GOZON, J. S., PARDAVI-HORVATH, M., DENTAM, C. M. Demand and supply of rare earth metals for application in magnetic industry. In : SYMPOSIUM ON PRECIOUS AND RARE METALS, 1988. Proceedings ... Amsterdam : Elsevier Science Pub., 1989. p. 497 - 507.

GRIBOV, A.I., MATVEEV V.S. Meeting customer's requirements rare metals in new technology. Tsvet Met. , v. 50, n. 10, p. 39-41, 1977.

GRIFFITHS, J. Rare earths attracting increasing attention. Industrial Minerals, London, n.199, p.19-37, apr. 1984

GSCHNEIDER JR., K.A. Availability and costs of rare earth metals - especially the heavy lanthanides. Underwater Acoustics, v.27 p. 159-64, 1977.

GSCHNEIDER JR, K.A. Rare earth chemical and physical metallurgy. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RARE EARTH DEVELOPMENT AND APPLICATIONS, 1985, Beijing. Proceedings ... Beijing: Science Press, 1985. p. 5-10.

- GUO, B.S. Present and future of rare earth in chinese agriculture. Journal China Rare Earth Society, v.3, n.3, p.89-94, 1985.
- GUO, B.S. Present and future situation of rare earth research in chinese agronomy. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RARE EARTH DEVELOPMENT AND APPLICATIONS, 1985, Beijing. Proceedings ... Beijing: Science Press, 1985. p.1522-1526.
- HASEGAWA, R. Survey research on rare earth alloys and compounds. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RARE EARTH DEVELOPMENT AND APPLICATIONS, 1985, Beijing. Proceedings ... Beijing: Science Press, 1985. p.1127-1130.
- HASKIN, L.A., FASTER, T.P. Geochemistry and Mineralogy of the rare earths. In: Handbook of the physics and chemistry of rare earths. Amsterdam: North-Holland, 1979 v.3, 1979.
- HEDRICK, J.B. Rare earth mineral and metals. In: The Bureau of Mines Minerals Yearbook. Washington: U.S. Department of the Interior, 1984. p.1-12.
- HEDRICK, J.B. Overview of rare earth reserves and worldwide availability. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON RARE EARTH MAGNETS AND THEIR APPLICATION, 8TH/INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MAGNETIC ANISOTROPY AND COERCIVITY IN RARE EARTH TRANSITION METAL ALLOYS, 4TH, 1985, Dayton. Proceedings... Dayton: University of Dayton/ School of Engineering, 1985. p. 365-376.
- HEDRICK, J.B. Rare earth minerals and metals. Washington: U.S. Department/Bureau of Mines, 1985.
- HEDRICK, J.B. Rare earth minerals and metals. In: Bureau of Mines Mineral Yearbook. Washington: U.S. Department of Interior/Bureau of Mines, 1986.
- HEDRICK, J. B. Rare earth minerals and metals. In : Bureau of Mines Minerals Yearbook. Washington : Bureau of Mines, 1987. 12 p.
- HEDRICK, J. B. Availability of rare earths. American Ceramic Society Bulletin, Easton, v. 67, p. 858-61, 1988.
- HEDRICK, J. B. Rare earth: lanthanides, Yttrium and Scandium. Mining Journal, London, p. 610-611, Jun. 1991.
- HERGET, C.S. Currente patent situation in the field on the new permanent mangnet material. In: MITCHELL, I.V. PermanenI magnets: their present and future applications. London: Elsevier, 1985. p.243-258.

HO, W.W. Rare earth cobalt permanent magnet research and a development in Peoples Republic of China. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON RARE EARTH COBALT PERMANENT MAGNETS AND THEIR APPLICATION, 5th, 1981, Dayton. Proceedings... Dayton: University of Dayton, 1981. p.503-524

HO W.W. Development and research on permanent magnets in the People's Republic of China. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON RARE EARTH-COBALT MAGNETS AND THEIR APPLICATIONS, 6th/INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MAGNETICS ANISOTROPY AND COERCIVITY IN RARE-EARTH-TRANSITION METAL ALLOYS, 3rd, 1982, Vienna. Proceeding... Vienna : Technical University of Vienna, p. 511-524, 1982.

HOLLOWAY, Charles A. Decision making under uncertainty : Models and choices Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1979. 522p

HYDROGEN storage alloys. Japan New Materials Reports, v. 1, p. 11-12, 1986.

ISOZAKI, T. Availability of rare earth for the rare earth cobalt permanent magnets market. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON RARE EARTH COBALT PERMANENT MAGNETS AND THEIR APPLICATIONS, 1979, 4th, Tokyo. Proceedings... Tokyo: Society of Non-Traditional Technology, 1979. p. 317-323.

IWAMA, Y. Review of recent permanent magnet development In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON RARE EARTH COBALT PERMANENT MAGNETS AND THEIR APPLICATION, 5th, 1981, Dayton. Proceedings... Dayton: University of Dayton, 1981. p.281-312

KAMITANI, M. Rare earth resources of the world. Rare earths, n. 13, p. 59-73, 1986.

KANAMORI, T. Recent advances in fluoride glass fiber optics in Japan. Material Science Forum, v. 19/20, p. 363-73, 1987.

KANEKO, H. Recent developments of permanent magnet materials in Japan. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON RARE EARTH COBALT PERMANENT MAGNETS AND THEIR APPLICATION, 7th, 1983, BEIJING. Proceedings... Beijing: China Academic Pub. 1983. p.421-428

KATRAK, F. E. et al. Noncommunist world markets for rare earth minerals. In : SYMPOSIUM ON RARE EARTHS, EXTRACTION PREPARATION AND APPLICATION, 1988. Las Vegas. Proceedings ... Las Vegas : TMS Reactive Metals Committee, 1989. p. 3-14.

KENNEY, G. B. High Tech ceramics in Japan: current and future markets. American Ceramic Society Bulletin, Easton, v. 62, p. 590-6, 1983.

KILBOURN, B.T. Lanthanides and Yttrium. American Ceramic Society Bulletin, Easton, v.63, p.736, 1986.

KILBOURN, B. T. Yttria In : BEVER, M. B. Encyclopedia of Materials Science and Engineering. Oxford : Pergamon Press, 1986. p. 5309-10.

KILBOURN, B. T. Lanthanide oxides. In : BEVER, M. B. Encyclopedia of Materials Science and Engineering. Oxford: Pergamon Press, 1986. p. 2496-97.

KILBOURN, B. T. The asterisk elements. Advanced Materials & Processes Metals Park, v. 2, n. 1, p. 40-6, 1986.

KLIMAN, M.I. Rare earth Ceramic technology. Watertown, Army Materials and Mechanics Research Center, 1978. 73p.

KOKAI TOKKYO KOHO, H. Nakamura et al. Japanese patent. JP n. 85-184, 660. 20, sep.1985. 4p.

KORKISCH, J. Practical applications : rare earth elements. In : Handbook of ion exchange resins : their application to inorganic analytical Chemistry. Boca Raton : CRC Press, 1989. v. 1, p. 115-293.

KURIHARA, T, YAMADA, N. speed wire dot kanji character print head. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON RARE EARTH-COBALT PERMANENT MAGNETS AND THEIR APPLICATIONS, 5th, 1981, Dayton. Proceedings ... Dayton: University of Dayton, 1981. p. 57-72

LAN, R. H. The present aspect and development of guangdong rare earth industry. In : WORKSHOP HELD, 1988. Venice : Padova, 1989. p. 37-39.

LAUL, J.C. Rare earth element behavior and the development of energy resources. In INTERNATIONAL CONFERENCE NUCLEAR METHODS IN ENVIRONMENT AND ENERGY RESEARCH, 5th, 1984. [s.1]: U.S. Dept. of Energy, 1984.

LENDE, E.M. International perspective on ceramic heat engines. American Ceramic Society Bulletin, Easton, v.64, p.271-275, 1985.

LI, C. Q. Rare earth additives used for iron making and steel-making in China. Beijing : Metallurgical Industry Publishing House, 1987. p. 51-5.

- LOWKE, J. Rare earth phosphors and lighting applications. In : CONFERENCE NATIONAL MEASUREMENT LABORATORY, 1987, Lindfield. Proceedings ... Lindfield : [s.n.], 1987, p. 199-213.
- LU, G.C. et al. A preliminary hygienic study of light rare earth mining area. Journal China Rare Earth Society, special issue, p.107-112, 1985.
- LU, G., AGGARWAL, I. Recent advances in fluoride glass fiber optics in USA. Materials Science Forum, v. 19/20, p. 373-9, 1987.
- LYAKISHEV, N.P. New structural materials in ferrous metallurgy Izvestija Akademii Nauk. SSSR, Moskva, n.2, p.22-30, 1981.
- MACKEY, T.S. Recent developments in U.S.A rare earth science and applications. In: In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RARE EARTH DEVELOPMENT AND APPLICATIONS, 1985, Beijing. Proceedings ... Beijing: Science Press, 1985. p.1131.
- MADDOX, J. Why celebrate laser birthday? Nature, London, v.316, p.291, 1985
- MAHADEVANT, T. M. Rare earth resources. Material Science Forum, v. 30, p. 13-32, 1988.
- MCCULLOCH, A. Rare earths : new horizons for Australia. Materials Australasia, v. 19, p. 5-7, 1987.
- MICRO, R. Dictionnaire du Francais Primordial. Paris : Garnier-Flammarion, 1973.
- MIKOLAJCZAK, C. Availabilities and economics of neodymium from non Western World sources. In: MITCHELL, I.V. Permanent magnets: their present and future applications. London: Elsevier, 1983. p.33-9
- MOORE, C.M. Rare-earth elements and Yttrium. Washington: Dept. of Interior/Bureau of Mines, 1979.
- MOORE, C.M. Rare-earth elements and Yttrium. In: Mineral facts and problems. Washington: Bureau of Mines, 1980.
- NARASIMHAN, D.S.V.L. Comparative study of NdFeB and 2:17's Rare earth magnets. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON RARE-EARTH MAGNETS AND THEIR APPLICATIONS, 78th. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MAGNETIC ANISOTROPY AND COERCIVITY IN RARE-TRANSITION METAL ALLOYS, 4th, 1985, Dayton. Proceedings...Dayton: University of Dayton/ School of Engineering, 1985. p.459-473.

- NARAYANAN, M. S. et al. Processing of monazite at the rare earths division, cedyogamandal. Material Science Forum, v. 30, p. 45-56, 1988.
- NEVSKY, V.A., CHIRKOV, I.V. Deposits of rare-earths. Moscow: Nedra Press, 1974.
- NI, J.Z. Progress of researches on rare earth chemistry in China. Journal China Rare Earth Society, v.1, n.1, p.6-12 1983.
- NICHOLSON, R. L., "Technological Forecasting as a Management Technique". [s.l.]: HMSO, 1968.
- NOGAWA, H. High temperature superconducting materials, the current situation. In : Japan Materials Report. Metals Parks : ASM International, 1987. 184 p.
- OHMACHI, R. History of the rare earth metals industry in Japan. Rare Earths, n.1, p. 3-10, nov. 1982
- OIWA, I.T. Production and uses of rare earths in Japan. In: RARE EARTH RESEARCH, 10th., 1973. ProceedingsJapan: NTIS, 1973. v.1 p.26-33.
- OKADA, F. Recent advance of microwave ferrite devices in Japan. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FERRITES, 4th, ... 1984, San Francisco. Proceedings...San Francisco: The American Ceramic Society, 1985. p. 1-9.
- PETKOF, B. Scandium In: Mineral Facts and Problems. Washington: Bureau of Mines, 1980.
- PETRICK, A.J.R. et al. The economics of byproduct metals: lead, zinc, uranium, rare earth, iron, aluminium, titanium and lithium systems. Washington: Bureau of Mines, 1973. (Information Circular 8570)
- POIGNANT, H. Fluoride glass optical fibers in France. In : ALMEIDA, R. M. Halide glasses for infrared fiber optics. [s.l.]: Martinus Nijhoff Pub., 1987. p. 265-81.
- RARE earths - industry profile and market review. Industrial Minerals, London, n.138, p.21-59, 1979.
- RARE earths : World wide markets, applications. Norwalk: BCC-Business Communications Co. Inc, jun. 1989. 289p.
- RATTNER, H. Estudos do Futuro e Previsão Tecnológica. In : SIMPÓSIO SOBRE PREVISÃO TECNOLÓGICA, 1984, Brasília. Anais ... Ministério do Exército : 1984. p. 53-83.

- REN, X. A brief account on geology of rare earth mineralization in China. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RARE EARTH DEVELOPMENT AND APPLICATIONS, 1985, Beijing. Proceedings ... Beijing: Science Press, 1985. p. 39-41.
- ROBINSON, A.L. Powerful new magnet material found. Science, Washington, v.223, p.920-2, 1984.
- SCHMITT, A. Minerals that contain rare earth elements: a summary. Chemical Techn. v.35, p.630-2, 1983.
- SHEPPARD, L. M. Advanced Materials in Japan. Metal Progress, Cleveland, v. 130, p. 8-16, 1986.
- SHIMODA, T. Current situation of bonded rare earth magnets in Japan. In : INTERNATIONAL WORKSHOP ON RARE EARTH MAGNETS THEIR APPLICATIONS, 9th, 1987, West Germany. Proceedings ... West Germany : C. Herget and R. Poerschke Ed., 1987. p. 657-65.
- SINGER, R et al. The cerium industry in German territory including reports on radium and mesothorium. London: British Intelligence Objectives Sub-committee, 1945. 105p. (BIDS Final Report n 400)
- SMIRNOV, I.A. Rare earth semi-conductors studies in the Soviet Union. Journal Phys, v.41, p.143-154, 1980.
- SPEDDING, F.H., WHEELWRIGHT, E.J., POWELL, J.E. Method of separating rare earths. [s.l.]: U.S. Patent, 1957. 3p.
- SUN, H.R. A brief introduction of the mineral resources and production of less common metals in China. Rare Meta., v.2, p.1-9, 1983.
- SUN, W. J. et al. The rare earth niobium mineral series and the direction of comprehensive utilization of the ores at the west region of Baiyun-ebo deposit, China. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RARE EARTH DEVELOPMENT AND APPLICATIONS, 1985, Beijing. Proceedings ... Beijing: Science Press, 1985. p. 64-66.
- TAKAHASHI, S. Recent advances in fluoride optical fibers in Japan. Material Science Forum, v.5, p.371-74, 1985.
- TAO, L. H. Application of rare earths in cast alloys in China. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RARE EARTH DEVELOPMENT AND APPLICATIONS, 1985, Beijing. Proceedings ... Beijing: Science Press, 1985. p.1425-1440.

- TAWARA, Y., KANEKO, H. The development of permanent magnet alloys in Japan In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON RARE EARTH-COBALT MAGNETS AND THEIR APPLICATIONS /6th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MAGNETICS ANISOTROPY AND COERCIVITY IN RARE-EARTH-TRANSITION METAL ALLOYS, 3rd 1982, Vienna. Proceeding... Vienna : Technical University of Vienna, 1982. p. 499-510
- TAYLOR, R. K. A. Rare earth processing : status, development and opportunities for Australia. Materials Australasia, v. 19, p. 16-19, 1987.
- THE ECONOMICS of rare-earths and Yttrium. 6 ed. London: Roskill Information Services Ltd., 1986. 270p.
- TIEN, J.K., NARDONE, V.C. The U.S. superalloys industry - status and outlook. Journal Metals, New York, v. 36, n.9, p.52-57, 1984.
- TOWNER, R. , MCLEOD, I. R., WARD, J. Rare earths - Australia's resources. Materials Australasia, v. 19, p. 8-11, 1987.
- TOWNER, R. Australia - a major world source of earths. In : CONFERENCE NATIONAL MEASUREMENT LABORATORY, 1987, Lindfield. Proceedings ... Lindfield : [s.n.], 1987. p. 87-102.
- TYREN, C. Giant magnetostriction creating new technologies in European and U.S. industries - opportunities for Australia. In : CONFERENCE NATIONAL MEASUREMENT LABORATORY, 1987, Lindfield. Proceedings ... Lindfield : [s.n.], 1987, p. 129-30.
- VOGGELY, William A. Metals Demand Conference Materials and Society, New York, v. 10, n. 3, p. 237-239, 1986.
- WANG, K. Distribution characteristics of the rare earth elements in Bayanobo iron deposit. Scientia Geologica Sinica, Beijing, p.360-7, 1987.
- WANG, Z. The RE distribution patterns of granitoids. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF GEOLOGY OF GRANITES AND THEIR METALLOGENETIC RELATIONS, 1982, Nanjing. Proceedings... Beijing: Nanjing University, 1984 p.787-96.
- WIKLER, H. Availability and economics of raw materials for Nd metal production. In: MITCHELL, I.V. Permanent magnets: their present and future applications. London: Elsevier, 1985. p.25-8

- WU, Z.M. et al. Studies on the effect of rare earth elements on the increasement of yeld in agriculture: preliminary studies on the distribution and content of rare earth elements in plants. Journal China Rare Earth Society, v.1, n.1, p.70-74, 1983.
- XU, X.F. A new collector for bastnaesite and its effect in mineral processing. Journal China Rare Earth Society; v.3, n.4, p.6-8, 1983.
- YAMADA, O. The situation of the rare earth cobalt magnets in Japan. Goldschmidt Informiert; v.2, n.48, p.43-49, 1979.
- YAN, M.G., WANG, H.C. Overview: investment alloys for aircraft parts Metal Progress, Cleveland, v.129, n. 4, p. 39-51, 1986.
- YANG, Y. Q. Magnetic Materials in China. In : INTERNATIONAL CONFERENCE ON PHYSICS OF MAGNETIC MATERIALS, 3rd, 1986, Szczyrk-Bila. Proceedings ... Singapore : World Scientific Pub, 1987. p. 4-14.
- YEN, T.S. An overview of chinese research on processing microstructure and porpoerties of new ceramic materials. In: Microstructure and properties of ceramic materials. Beijing: Science Press, 1984. p. 1-35
- YOSHIDA, S. Progress in fiber preparation in Japan. In : ALMEIDA, R. M. Halide glasses for infrared fiberoptics. (s.l.l: Martinus Nighoff Pub., 1987. p. 283-92.
- YU, J.S. Recent progress of rare earth treated steel in China. Journal of Metals, New York, v. 37, n.3, p.55-58, 1985
- YU, J. S., YU, Z. S. The review and prospect of the application of rare earths in iron and steel in China. Beijing : Metallurgical Industry Publishing House, 1987. p. 3-19.
- ZHANG, X., LIN, H.Z. The present status of microwave ferrite materials and devices in China. IEEE Transactions Magnetics, New York, v.19, p.1457-1463, 1983.
- ZHAO, G. W. The applications of rare earth elements in agriculture. Rare Earths, n. 12, p. 78-81, 1988.
- ZHOU, Z.D. To give full development to China's rare earth industry for the four modernizations. Journal China Rare Earth Society, v.1, n.1, p.1-5, 1983.

ZINNER, L.B. Production and application of rare earths: a poorly explored field of activities in Brazil. In: ANNUAL SYMPOSIUM OF THE SÃO PAULO ACADEMY OF SCIENCE, 6th, 1982, São Paulo Proceedings... São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, p. 110-46, 1982.

REFERÊNCIAS GERAIS SOBRE OS TERRAS RARAS

ANDERSON, D.L. Hotspots, basalts, and the evolution of the mantle Science, Washington, v.213, p.82-9, 1981.

ANDRES, U.T.S. Magnetic liquids Material Science Engineering, Lausanne, p.269-75, 1976.

BARKER, J. C., WARNER, J. D. USBM inventories alaskan rare earth deposits. Engineering Mining Journal, New York, v. 169, n. 2, p. 42-3, 1988.

BASU, A.R., TATSUMOTO, M. Samarium neodymium systematics in kimberlites and in the minerals of garnet lherzolite inclusions. Science, Washington, v.205, p.398-401, 1979.

BICKLE, M.J. Suspect Sm-Nd whole rock ages. Nature, London, v.312, p.702-3, 1984.

BRUZZONE, M., CARBONARO, A. Influence of catalysts on the production cost of some polyolefins, with reference to new catalysts based on 4 and 5F group elements of the periodic tabel. Inorganic Chim. Acta, London, v.94, p.249-258, 1984.

BYRNS, D.A., OVERSTREET, G.E. High precision with satellite laser ranging. Industrial Research Development, Chicago, v.22, n.4, p.126-9, 1980.

CAMERON, K.L. Rare earth element differentiation trends in rhyolites from the western United States and México. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RARE EARTH DEVELOPMENT AND APPLICATIONS, 1985, Beijing. Proceedings... Beijing: Science Press, 1985. p. 61

CARTER, S.R. et al. Neodymium and strontium isotope evidence for crustal contamination of continental volcanics Science, Washington, v.202, p.743-747, 1978.

CHEN, X.G. et al. An assessment of the exhaled Thorion activity of the mines in Baiyan Ebo iron mine. Journal China Rare Earth Society, v.3, n.3, p.76-81, 1985.

- CHEN, X.G. et al. An assessment of exhaled thoron activity of the miners in Baiyuan iron mine. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RARE EARTH DEVELOPMENT AND APPLICATIONS, 1985, Beijing. Proceedings ... Beijing: Science Press, 1985. p. 692-693.
- CHENG, J.K. Recent chinese research on analytical chemistry of the rare earths. Inorganic Chim. Acta, v.94, p.249-258, 1984
- CLAUQUE-LONG, J. et al. Revised Sm-Nd sustematics of Kambalda Greenstones, Western Australia. Nature, London, v. 307, p.697-701, 1984.
- CONZEMIUS, R.J., CAPELLEN, J. A review of the applications to solids of the laser ion source in mass espectrometry. International Journal Mass Spectrometry and Ion Physics, Amsterdam, v.34, p.197-271, 1980.
- DEREVYANKIN, V.A. et al. Behaviour of scandium and lanthanum is the production of alumina from bauxites. Izvestija Vyssih Ucebnyh Zavedenij Tsvetn. Metall, Gorkij, v.24, n.4 p.86-8, 1981.
- DING, X.S. et al. Yttrioceberisite, a new CE-BE-RICH silicate. Geological Review, Peking, v.27, n.5, p.459-66, 1981.
- DU, S.L., TANG, D.X. Some progress in study on rare earth metals and their alloys by fused salt eletrolysis in China. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RARE EARTH DEVELOPMENT AND APPLICATIONS, 1985, Beijing. Proceedings ... Beijing: Science Press, 1985. p.1117-1126.
- FAGGART JR., B.E. Origin of the subbury complex by meteoritic impact: neodymium isotopic evidence. Science, Washington, v.230, p.436-440, 1985.
- GIESBRECHT, E., VICENTINI, G., ZINNER, L.B. Rare earth research at the University of São Paulo. Quimica Nova, São Paulo, v.7, n.4, p.273-305, Oct. 1984
- HIGH purity scandium oxide. Japan New Materials, v. 2, n. 1, p. 12, 1987.
- HUANG, H. S., QIU, H. Q., SHENG, D. Rare earth treated vermicular graphite cast iron in China. Beijing : Metallurgical Industry Publishing House, 1987. p. 94-106.
- IVANOV, V.V., YUSHKO-ZAKHAROVA, O.E. Deposits of dispersed elements. Moscow: Nedra Press, 1974.

- JI, Y.L. The investigation for productive environment of rare earth nitrate. Journal China Rare Earth Society, special issue, p.103-106, 1985.
- JOSLYN JR, D.A., WAHLL, M.J. Russian alloys containing rare earths excerpts from MCIC-HB-05 In: Handbook of soviet alloy composition. Columbus: Battelle's Columbus Laboratories, 1980.
- KANG, J. A preliminary study on the micas and feldspars of the reebearing granites in Jiangxi province. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF GEOLOGY OF GRANITES AND THEIR METALLOGENETIC RELATIONS, 1982, Nanjing. Proceedings... Beijing: Nanjing University, 1984.
- KHOMYAKOV, A.P. Rare-earth minerals as potential geothermometers. Doklady Akademii Nauk, Leningrad, v.191, p.440-2, 1970.
- KOPP, J. Permanent magnet disk separators. IEEE Transactions on Magnetics, New York, v.20, p.1204-1206, 1984.
- LOUBET, M. ALLEGRE, C.J. Behavior of the rare earth elements in the Okla natural reactor. Geochimica et Cosmochimica Acta, London, v.41, p.1539-48, 1977.
- MCCULLOCH, M.T., WASSERBURG, G.J. SM-ND and RB-SR chronology of continental crust formation. Science, Washington, v.200, p.1003-1011, 1978.
- MEGUMI, K. ET al. The enhancement in photosensitivity of strontium barium niobate with cerium doping. Ferroelectricity, v.19, p.168, 1978.
- OKAZAKI, K. Grain boundary research activities in Japan. In: SYMPOSIUM HELD AT THE CONRAD, 1980, Chicago. Proceedings... Chicago: American Ceramic Society, 1981.
- PLAYFORD, P.E. et al. Iridium anomaly in the upper devonian of the Canning basin, Western Australia. Nature, London, v. 226, p.437-9, 1984.
- ROALDSET, E., ROSENQUIST, I.T.H. Norwegian gneisses unusual lanthanide distribution. Nature Physical Science, London, v.231, p.153-4, 1971.
- RODRIGUES, O. D. et al. Hyperfine interaction characterization of iron minerals in brazilian monazite sands. Hyperfine interactions, Amsterdam, v. 35, p. 913-17, 1987.
- ROSS, I.N. mischmetal Metall. Material Technol. v.6, p.311-6, 1974.

- RUAN, D. ZHU, Y. The evolution of magma and RE in a Region within the Nanling RE granite belt. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF GEOLOGY OF GRANITES AND THEIR METALLOGENETIC RELATIONS, 1982, Nanjing. Proceedings... Beijing: Nanjing University, 1984 p.837-51.
- RUAN, D. Y. et al Preliminary study on magma evolution of RE igneous rocks in the east section on Nanlin Journal China Rare Earth Society, v.3, n.4, p.1-5, 1985.
- RUAN, D. Y. et al. Preliminary study of magma evolution of re-bearing igneous rocks in the east section of Nanlin. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RARE EARTH DEVELOPMENT AND APPLICATIONS, 1985, Beijing. Proceedings ... Beijing: Science Press, 1985. p. 57-60.
- SCHILLING, J.G. Sea floor evolution: rare earth evidence Philosophical Transactions of the Royal Society of London, London, v. 268, p.663-706, 1971
- SEN-GUPTA, J.G. Determination of traces of rare-earth elements, yttrium and thorium in several international geological reference. Geostandards Newsletter, Paris, v.1 n.2, p.149-155, 1977.
- SHEPPARD, L.M. Powers that explode into materials: a solid state combustion process can produce refractory materials for both coatings and components. Advanced Materials Processes, Metals Parks, v.2, n.2, p.25-32, 1986.
- SHIMIZU, H. Cerium in chert as an indication of marine environment of its formation. Nature, London, v.266, p.346-B, 1977.
- STRNAT, K.J. Mesurement methods and standards: introduction to the session program. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON RARE EARTH COBALT PERMANENT MAGNETS AND THEIR APPLICATION, 7th, 1983, BEIJING. Proceedings... Beijing: China Academic Pub. 1983. p.389-390
- TAKASE, J. et al. Mineral chemistry of hydrous rare earth carbonates. Rare Earths, n. 6, p. 80-81, 1985.
- TANAKA, T. et al. Combined La - Ce and SM - ND isotope systematics in petrogenetic studies. Nature, London, v. 327, p. 113-17, 1987.
- TURNER, R. Brazilian titanium Engineering and Mining Journal, New York, v. 187, n.1, p. 40-2, 1986.
- WANG, Z.G. Advances in the studies of rare earth geochemistry in China. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RARE EARTH DEVELOPMENT AND APPLICATIONS, 1985, Beijing. Proceedings ... Beijing: Science Press, 1985. p.42-44.

ZHANG, P.S., TAO, K.J. Mineralogical Characteristic of rare earth minerals in China. Journal China Rare Earth Society, v.3, n.3, p.1-6, 1985.

ZHANG, P.S. Some main mineralogical characteristics of rare earth minerals of China. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RARE EARTH DEVELOPMENT AND APPLICATIONS, 1985, Beijing. Proceedings ... Beijing: Science Press, 1985. p. 49-52.

ZHANG, P. S. Characteristics of the fergusonite group and aeschynite group minerals in China. Journal Chinese Rare Earth Society, v. 5, n. 1, p. 1-7, 1987.

ZHU, Q. Qi., LIU, Z. Soluble rare earth elements in soils. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RARE EARTH DEVELOPMENT AND APPLICATIONS, 1985, Beijing. Proceedings ... Beijing: Science Press, 1985. p.1511-1514.

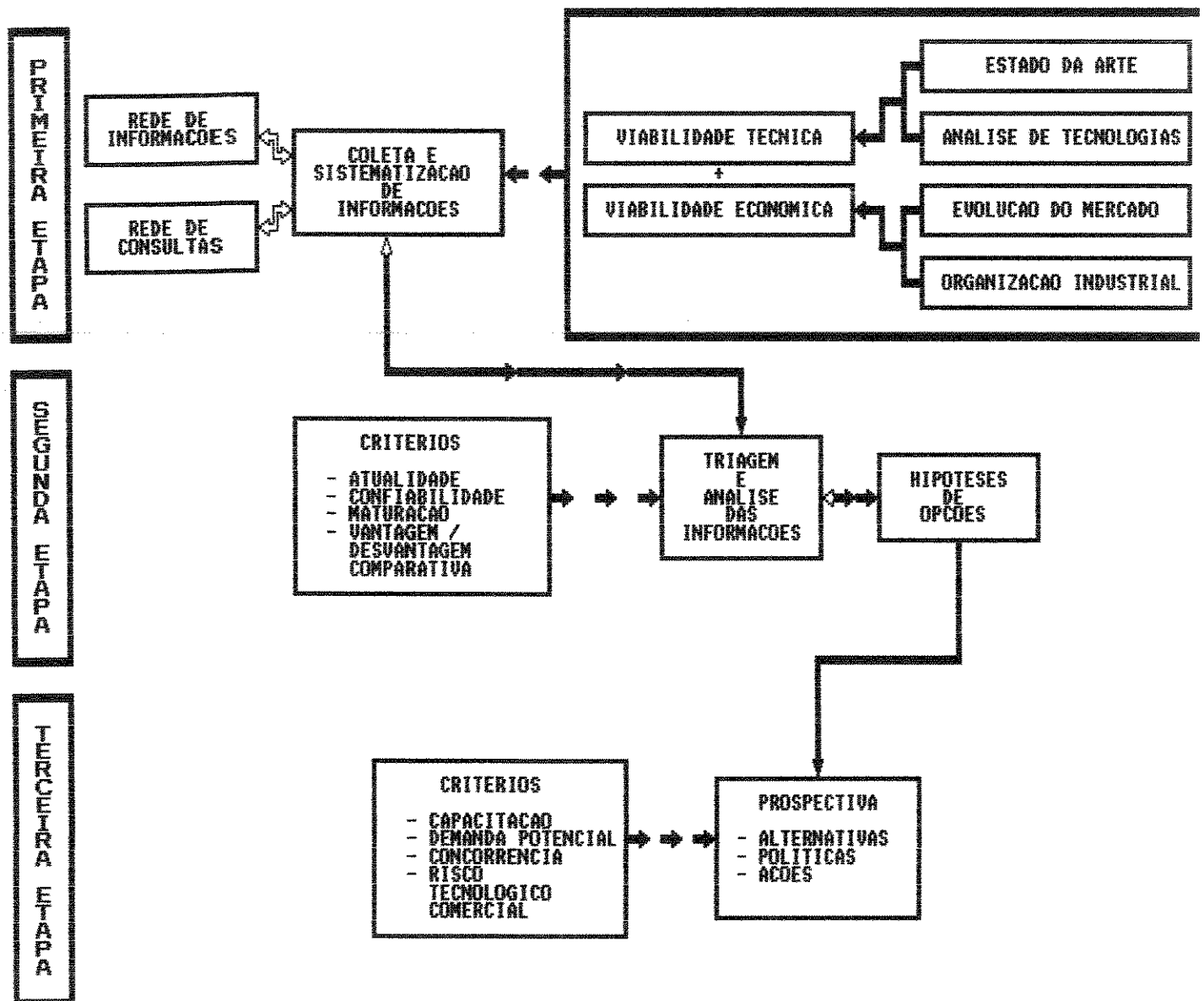
ZHU, Q. Q., LIU, Z. Rare earths in soils of eastern part of China. Journal Chinese Rare Earth Society, v. 6, n.4, p. 59-63, 1988.

ANEXOS

ANEXO 1

FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA PROSPECTIVA APLICADA AOS TR

PROSPECCAO E PROSPECTIVA



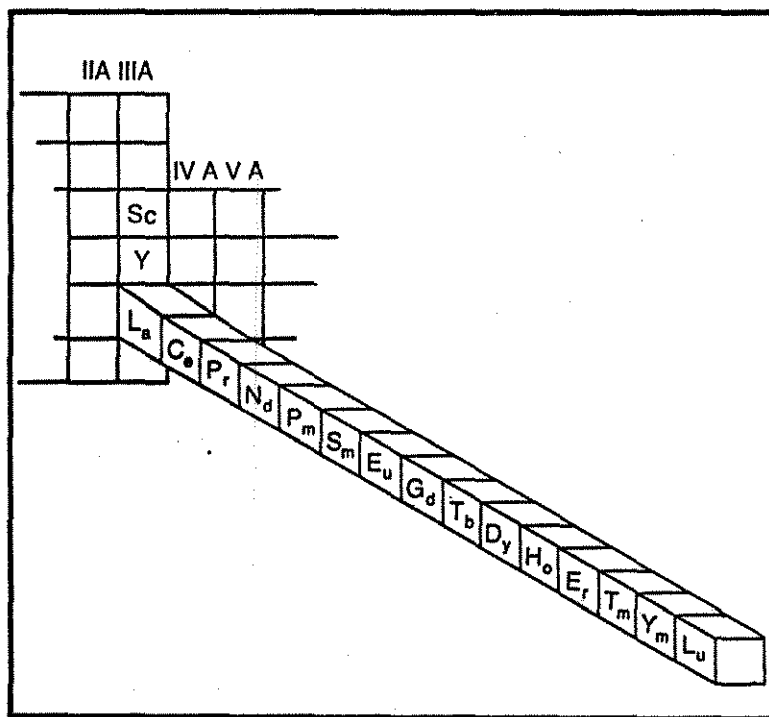
ANEXO 2

CLASSIFICAÇÕES PERIÓDICAS DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

1 H																1 H	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57** La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89*** Ac	104	105													

**Lanthanides	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
---------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

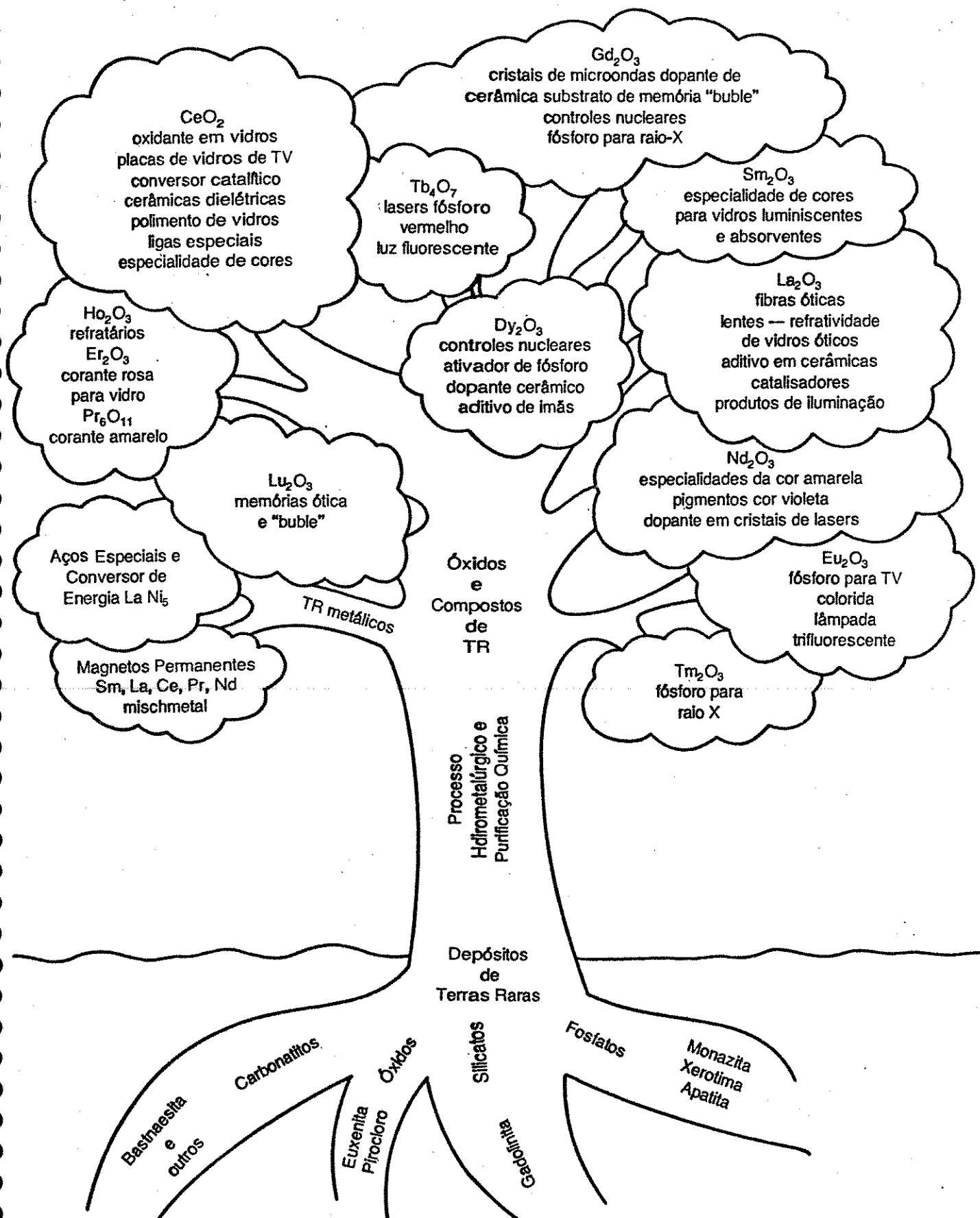
*** Actinides	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
---------------	----------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------





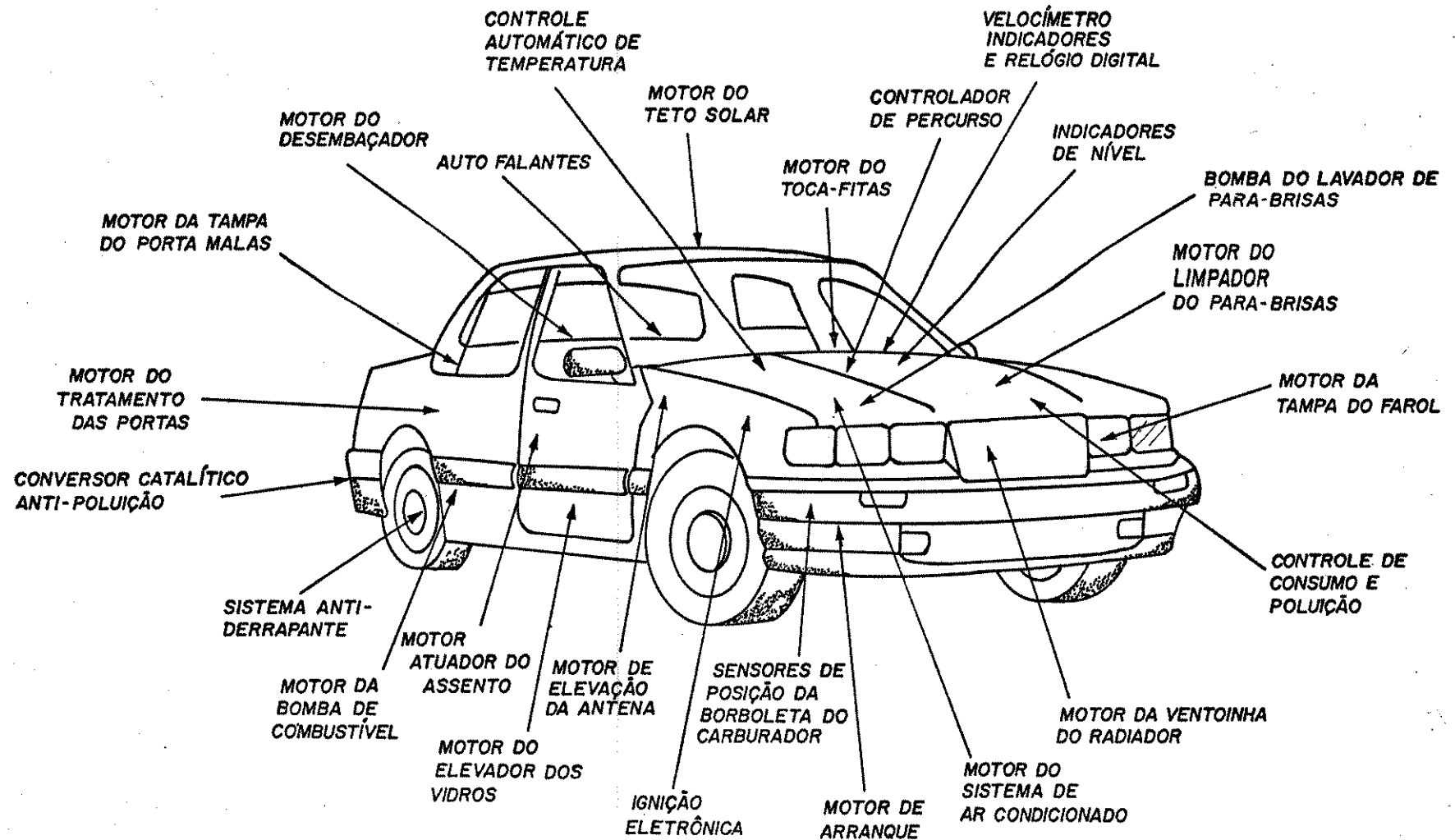
ANEXO 3

OS TERRAS RARAS E SEUS USOS E APLICAÇÕES



ÁRVORE GENEALÓGICA DOS TERRAS RARAS (A. Szymanski)

Os Terras Raras e o Automóvel



ANEXO 4

RESERVAS E JAZIDAS DA NUCLEMON

NUCLEMON - NUCLEBRAS DE MONAZITA E ASSOCIADOS LTDA.

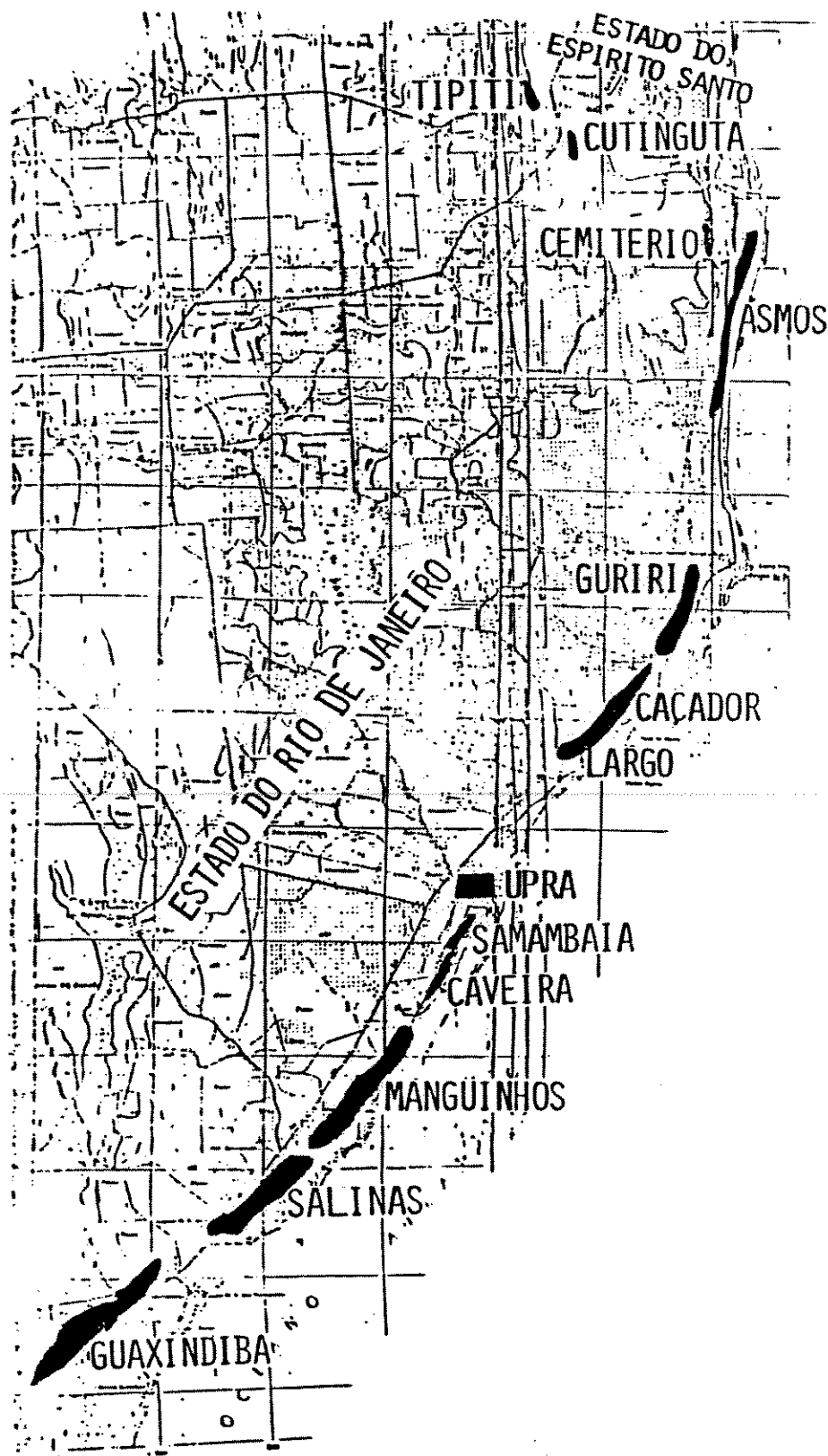
INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS E LAVRAS DE MINERAIS PESADOS



LEGENDA

- ✕ Lavra
- Usina de Concentração
- Usina de Separação
- △ Planta Química

JAZIDAS DA NUCLEMON NO NORTE-FLUMINENSE



ANEXO 5

IMPORTAÇÕES DE TERRAS RARAS

SCHMETAL - LIGA DE CERIO COM MAX 5% DE Fe (28.05.30.01.00)

	1985	1985	1986	1986	1987	1987	1988	1988	1989	1989
IMPORTADOR	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)
IAI CAMINHOS LTDA.	-	-	-	-	-	-	-	-	*	227540
IB S/A - PROD. MET.	-	-	-	-	-	-	-	-	*	166683
ID. AUXIL. DE ACEND. LTDA.	500	3250	-	-	-	-	-	-	*	22500
ITALMAGNESIO S/A	-	-	-	-	5000	38250	*	140000	*	210000
IP	-	-	-	-	-	-	(1	37	-	-
TOTAL	500	3250	-	-	5000	38250	*	140037	*	626723

Dado nao mais fornecido pela CACEX

importacoes da Suica (Ind. Auxil. de Acendedores) e Jugoslavia (Italmagnesio)

(28.05.90.02.00)

	1985	1985	1986	1986	1987	1987	1988	1988	1989	1989
IMPORTADOR	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)
NAC. DES. CIENT. TECN.	(1	44	-	-	(1	16	-	-	-	-
DE AMPARO A PESQ. DO EST. DE SP	(1	105	-	-	-	-	-	-	-	-
CRO INDS. CIRURG. OTIC. S/A	-	-	1	29	-	-	-	-	-	-
CAO CATALAO DE BÓIAS LTDA.	(1	22	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	*	171	1	29	(1	16	-	-	-	-

o não mais fornecido pela CADEX

RIO (28.05.30.03.00)

	1985	1985	1986	1986	1987	1987	1988	1988	1989	1989
IMPORTADOR	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)
SA. VALE DO RIO DOCE	-	-	-	-	-	-	*	147	-	-
INS. MAC. DES. CIENT. E TECNOL.	(1	247	-	-	-	-	-	-	-	-
IND. DE AMPARO A PESQ. DO EST. DE SP	(1	69	-	-	-	-	-	-	-	-
WITAL BRASIL LTDA.	-	-	-	-	-	-	-	-	*	17280
ETAGAL IND. E COM. LTDA.	-	-	-	-	-	-	*	3	-	-
QUINTRA COM. IND. QUIM. S/A	(1	23	-	-	-	-	-	-	-	-
JOS IPANEMA (VILLARES) S/A	-	-	-	-	30	11391	-	-	*	15840
VIVERSIDADE DE SAO PAULO	-	-	-	-	-	-	*	138	-	-
TOTAL	*	339	-	-	30	11391	*	290	*	33120

Dado nao mais fornecido pela CACEX

Importacoes do Reino Unido, da Belgica e da Alemanha

QUALQUER OUTRO COMPOSTO DE CERIO (28.46.10.99.00)

	1985	1985	1986	1986	1987	1987	1988	1988	1989	1989
IMPORTADOR	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)
CAO - CASA DA QUIMICA SOC. LTDA.	8	494	4	463	4	612	*	796	*	2025
ITALMAGNESIO NORDESTE S/A	-	-	-	-	-	-	96596	203045	*	135301
ITALMAGNESIO S/A IND. COM.	84000	145152	36000	75672	65025	136683	-	-	-	-
PARQUER QUIMICA DO BRASIL S/A	227	2661	-	-	-	-	-	-	-	-
QUINIBRAS INDS. QUIMS. S/A	9	629	2	260	13	2120	*	993	*	1945
QUINITRA COM. IND. QUIM. S/A	14	1101	21	2502	34	5858	*	2482	*	754
VETEC QUIMICA FINA LTDA.	-	-	10	210	10	211	*	110	*	782
TOTAL	84258	150037	36037	79107	65086	145484	*	207426	*	140867

* Dado não mais fornecido pela CACEX

CLORETO DE CÉRIO (28.46.10.01.00)

	1985	1985	1986	1986	1987	1987	1988	1988	1989	1989
IMPORTADOR	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)
FUND. DE AMPARO A PESQ. DO EST. DE SP	-	-	-	-	-	-	-	-	*	86
QUIMIBRAS INDS. QUIMICAS S/A	-	-	(1	91	(1	118	-	-	-	-
VETEC QUIMICA FINA LTDA.	-	-	-	-	-	-	5	264	-	-
TOTAL	-	-	(1	91	(1	118	5	264	*	86

* Dado não mais fornecido pela CACEX

IXIMO DE CERIO (28.46.10.02.00)

	1985	1985	1986	1986	1987	1987	1988	1988	1989	1989
IMPORTADOR	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)
ABC XTAL MICROELETRONICA S/A	-	-	40	481	*	482	-	-	-	-
CAO-CASA DA QUIMICA SOC. LTDA.	-	-	-	-	-	-	(1	30	-	-
CIA. VALE DO RIO DOCE	-	-	-	-	-	-	(1	218	-	-
CORNING BRASIL VIDROS ESPEC. LTDA.	-	-	-	-	*	38215	*	64610	*	19000
DEQUSSA S/A	15800	189865	10600	181934	*	416027	*	514201	-	-
FERROENAMEL DO BRAS. IND. COM. LTDA.	-	-	-	-	*	37800	*	82597	*	126360
FUND. DE TECNOLOGIA INDAL.	-	-	(1	45	(1	46	-	-	-	-
GLOBO INDUSTRIAL LTDA.	-	-	-	-	-	-	-	-	*	36
H.W. BETHENCOURT PROD. QUIM. LTDA.	-	-	900	2800	*	4550	-	-	*	2730
HOECHST DO BRASIL QUIM. FARM. LTDA.	3	460	-	-	-	-	-	-	-	-
IALO - IND. AMAZ. DE LENTES OPT. S/A	54240	334291	15840	101354	*	374687	*	206033	*	124493
IMP. E EXP. H.W. BETHENCOURT LTDA.	500	1700	-	-	-	-	-	-	-	-
I.P.T.	-	-	(1	143	-	-	-	-	-	-
METAGAL IND. COM. LTDA.	1920	10252	7200	38016	4320	22162	*	7634	*	11828
NEC DO BRASIL S/A	-	-	2	1231	2	2014	-	-	*	8853
ORSALENT PROD. OPTICOS LTDA.	-	-	-	-	*	2578	-	-	-	-
PETROBRAS S/A	(1	308	-	-	-	-	-	-	-	-
PHILIPS DO BRASIL LTDA.	960	6019	-	-	-	-	-	-	-	-
QUINTRA COM. IND. QUIM. S/A	-	-	-	-	-	-	*	15	-	-
RCA ELETRONICA LTDA.	-	-	102	878	-	-	-	-	-	-
RCT - COMPONENTES ELETRONICOS LTDA.	-	-	-	-	-	-	*	1208	*	2449
RENE GRAF. COMERCIAL E TECN. S/A	(1	23	-	-	-	-	-	-	-	-
RHODIA EXP. IMPORT. S/A	-	-	-	-	-	-	*	63504	*	94608
RIMA ELETROMETALURGICA LTDA.	39410	104759	55101	114168	*	163637	*	224947	*	56931
SALDEC - PRODS. QUIMS. E PEC. LTDA.	-	-	960	5718	-	-	-	-	-	-
SOC. ANONIMA BRAS. DE IND. OTICA	-	-	-	-	*	4466	2160	17863	-	-
SOLA BRASIL IND. OPTICA LTDA.	6480	45036	-	-	*	22680	*	30240	-	-
SOLIMPEX S/A IND. E COM.	2400	10032	4800	24624	*	12312	*	10032	*	20506
TELEC-BRAS. S/A - TELEBRAS	-	-	-	-	(1	97	-	-	-	-
THOMPSON CSF COMP. DO BRASIL LTDA.	20	305	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	121733	703050	95545	471392	182144	1101753	*	1223132	*	467794

* Dado nao mais fornecido pela CADEX

HIDROXIDO DE CÉRIO (28.46.10.04.00)

	1985	1985	1986	1986	1987	1987	1988	1988	1989	1989
IMPORTADOR	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)
PHILIPS DO BRASIL LTDA.	-	-	-	-	-	-	-	-	*	10530
QUIMTRA COM. IND. QUIM. S/A	-	-	-	-	-	-	-	-	*	242
TOTAL	-	-	-	-	-	-	-	-	*	10772

* Dado não mais fornecido pela CACEX

OXIDO DE PRASEODIMIO (28.46.90.01.00)

	1985	1985	1986	1986	1987	1987	1988	1988	1989
IMPORTADOR	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)
CAQ - CASA QUIM. SOC. LTDA.	-	-	(1	7	-	-	(1	9	-
COLOROBIA-BRAS. PRODS. P/ CERAMICA LTDA.	1500	38264	-	-	-	-	-	-	*
DEGUSSA S/A	10020	292359	4860	184203	4860	207784	*	206989	*
EMP. NUC. BRAS. S/A NUCLEBRAS	(1	118	-	-	-	-	-	-	-
FERROENAMEL DO BRASIL IND. E COM. LTDA.	7220	240966	6580	246608	7760	293310	*	315720	*
MARAZZI FRITAS LTDA.	540	18360	1080	40500	2080	75500	1000	35000	*
PETROBRAS S/A	(1	126	-	-	-	-	-	-	-
SERRANA S/A DE MINERACAO	-	-	(1	42	-	-	-	-	-
UNIVERSIDADE DE SAO PAULO	-	-	-	-	-	-	(1	58	-
TOTAL	19280	590193	12520	471360	14700	576594	*	557776	*

* Dado nao mais fornecido pela CADEX

Importacoes da Franca, Alemanha, Países Baixos e Reino Unido

QUER OUTRO METAL DAS TERRAS RARAS (28.05.99.00)

	1985	1985	1986	1986	1987	1987	1988	1988	1989	1989
IMPORTADOR	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)
AR TECNO CIENTIFICA LTDA.	-	-	10	300	-	-	-	-	-	-
CASA DA QUIMICA SOC. LTDA.	(1	22	-	-	-	-	-	-	-	-
VALE DO RIO DOCE	-	-	-	-	-	-	*	381	-	-
. NAC. DES. CIENT. TECNOL.	-	-	-	-	6	92	*	59	*	522
IND. METALURGICAS LTDA.	-	-	-	-	(1	169	-	-	*	170
ROMETAL S/A METAIS ESPECIAIS	-	-	-	-	7	3182	-	-	-	-
ROMETALUR S/A IND. COM.	1755	5605	-	-	-	-	-	-	-	-
S/A - PROD. METALURGICOS	100	2851	-	-	-	-	-	-	-	-
U. DE AMPARO A PESQ. DO EST. DE SP	(1	1745	-	-	(1	713	-	-	-	-
ACAO DE TECNOL. INDIAL.	-	-	7	2383	6	2454	-	-	-	-
AGRO CARBO INDIAL. LTDA.	-	-	-	-	10000	51000	-	-	-	-
MAGNESIO S/A IND. COM.	150	4212	-	-	-	-	-	-	*	4700
ARACAO CATALAO DE GOIAS LTDA.	1	354	-	-	-	-	-	-	-	-
LAB. PROD. EQUIP. PARA LAB. LTDA.	-	-	7	469	7	474	-	-	-	-
S. DO BRASIL S/A	-	-	-	-	-	-	*	6212	-	-
IANA S/A DE MINERACAO	1	207	-	-	-	-	-	-	-	-
ER GAUSS PROD. MAGNETICOS LTDA.	10	1096	-	-	-	-	-	-	-	-
ERSIDADE DE SAO PAULO	-	-	10	1430	(1	33	*	510	-	-
TOTAL	2017	16092	34	4582	10026	58117	*	7162	*	5392

ido nao mais fornecido pela CACEX

rtacoes dos EUA e Austria

isificacao muito generica - exclui so o Itrio

TIROS COMPOSTOS DE TERRAS RARAS (28.46.90.99.00)

	1985	1985	1986	1986	1987	1987	1988	1988	1989	19
IMPORTADOR	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	US\$ (FOB)	QUANT. (Kg)	U (F)
Q-CASA DA QUIMICA SOC. LTDA.	-	-	<1	47	-	-	<1	34	*	
RYTRONIC - CER. ELET. I. C. LTDA.	11900	71140	11240	90189	*	69000	*	70874	*	
A. VALE DO RIO DOCE	-	-	-	-	-	-	<1	183	-	
MS. NAC. DES. CIENT. TECNOLÓGICO	-	-	-	-	<1	176	-	-	-	
RMING BRASIL VIDROS ESPEC. LTDA.	120	16475	-	-	*	36954	-	-	*	
P. NUCLEARES BRAS. S/A - NUCLEBRAS	<1	109	-	-	-	-	-	-	-	
IC FAB. CARIOCA CATOL. S/A	-	-	-	-	-	-	-	-	*	1
MAIA S/A - IND. E COM.	-	-	25	1000	-	-	*	1125	*	
OLAB PROD. MED. HOSP. LTDA.	-	-	-	-	-	-	-	-	*	
YROBRAS DISTRIBUIDORA S/A	-	-	-	-	-	-	-	-	*	
ILIPS DO BRASIL LTDA.	5	527	22	3002	*	2824	*	1565	*	
ILIPS ELETRONICA DO NE S/A	45	4621	33	6200	*	4958	*	6456	*	
IMIRAS INDS. QUIMS. S/A	33	1513	69	3977	5	1953	-	-	*	
IMITRA COM. IND. QUIM. S/A	20	1257	161	2996	*	2085	20	6179	*	
IONE POULENC DO BRASIL LTDA.	8000	52130	-	-	-	-	-	-	-	
IRANA S/A DE MINERACAO	-	-	<1	67	-	-	-	-	-	
IMPSON COMPON. DA AMAZONIA LTDA.	50	579	-	-	*	405	-	-	*	1
IMPSON COMPON. DO BRASIL LTDA.	-	-	-	-	-	-	-	-	*	
ITEC QUIMICA FINA LTDA.	-	-	54	767	*	1020	*	413	*	
TOTAL	20173	148351	11604	108245	*	125375	*	86829	*	4

Dado nao mais fornecido pela CACEX