



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005

ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Cristiane Mello Galdino

A IMPORTÂNCIA DAS TERRAS RARAS NO MERCADO BRASILEIRO E INTERNACIONAL

PALMAS-TO

2015

Cristiane Mello Galdino

A IMPORTÂNCIA DAS TERRAS RARAS NO MERCADO BRASILEIRO E
INTERNACIONAL

Trabalho de Conclusão de Curso (TCCII) elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Minas pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Dr. Erwin Francisco Tochtrop Junior

Co-Orientador: Prof. Dr. Dorival Carvalho Pinto

PALMAS-TO

2015

Cristiane Mello Galdino
A IMPORTÂNCIA DAS TERRAS RARAS NO MERCADO BRASILEIRO E
INTERNACIONAL

Trabalho de Conclusão de Curso (TCCII) elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Minas pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Dr. Erwin Francisco Tochtrop Junior

Co-Orientador: Prof. Dr. Dorival Carvalho Pinto

Aprovada em 17 de Julho de 2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Erwin Francisco Tochtrop Junior
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. M.Sc. Daniel Francisco Padilha Setti
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. Esp. José Cleuton Batista
Centro Universitário Luterano de Palmas

PALMAS-TO

2015

RESUMO

GALDINO, Cristiane Mello. **A Importância das Terras Raras no Mercado Brasileiro e Internacional**. 50 f. Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Curso de Engenharia de Minas, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2015.

O presente trabalho confere abordagens sobre o mercado brasileiro e mundial de terras raras, tendo em vista, a análise quanto a potencialidade do Brasil e sua capacidade de investimento para a extração e desenvolvimento desse segmento da mineração. Através das prospecções bibliográficas realizadas, constatou-se o evidenciamento do desinteresse do setor mineral local, na busca pela qualificação bem como por demasiados incentivos para alçar-se patamares equivalentes ao de outras atividades. Para tanto, pretende-se através da exploração de meios técnicos e de literaturas diversas, o dimensionamento da grandeza da mineração de terras raras e seu papel no cadenciamento produtivo mineral para o Brasil.

Palavra-chave: Terras Raras, Brasil, potencialidade.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ELEMENTOS DE TERRAS RARAS, SUA SIMBOLOGIA E SEU NÚMERO ATÔMICO. - 14 -	
TABELA 2 - OCORRÊNCIAS GEOLÓGICAS DE TERRAS RARAS.-----	15 -
TABELA 3 - APLICAÇÕES DOS ELEMENTOS DE TERRAS RARAS, POR ORDEM ALFABÉTICA, Y E Sc. -----	27 -
TABELA 4 - PREÇO DAS TERRAS RARAS (US\$/KG) -----	31 -
TABELA 5 - RESERVAS DE TERRAS RARAS NA CHINA -----	37 -
TABELA 6 - COMPARAÇÃO DA PRODUÇÃO DE TERRAS RARAS. -----	40 -
TABELA 7 - EVOLUÇÃO DE PREÇOS DE ALGUNS ÓXIDOS DE TERRAS RARAS (PUREZA MÍNIMA DE 99%). -----	41 -
TABELA 8 – PRINCIPAIS INSTITUIÇÕES BRASILEIRAS COM LINHAS DE PESQUISA EM TERRAS RARAS -----	43 -

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DE DEPÓSITOS E OCORRÊNCIAS DE TERRAS RARAS NO BRASIL.....	
.....	- 21 -
FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO DOS DEPÓSITOS DE ETR LAGOA SECA NORTE (VERDE) E CÓRREGO DO GARIMPO	- 23 -
FIGURA 3 - PROPORÇÃO ESTIMADA DO CONSUMO DE TR, SEGUNDO A INDÚSTRIA, EM 2011...	
.....	- 26 -
FIGURA 4 - AS TERRAS RARAS NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA.	- 28 -
FIGURA 5 - DIVERSAS APLICAÇÕES DOS ELEMENTOS DE TERRAS RARAS.	- 29 -
FIGURA 6 - VISTA ESQUEMÁTICA DE UMA TURBINA EÓLICA.....	- 30 -
FIGURA 7 - EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE TERRAS RARAS DESDE 1950.....	- 39 -
FIGURA 8 - EVOLUÇÃO DOS PREÇOS DE ALGUNS ÓXIDOS DE 2002 AO SEGUNDO QUADRIMESTRE DE 2011.	- 42 -

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - COTAS DE EXPORTAÇÃO DA CHINA DE TERRAS RARAS. - 38 -

LISTA DE ABREVIATURAS

AM	Amazônia
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento
CETEM	Centro de Tecnologia Mineral
CBMM	Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração
CNEM	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CODEMIG	Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais
DF	Distrito Federal
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
ETR	Elemento de Terras Raras
EUA	Estados Unidos da América
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
GO	Goiás
IEN	Instituto de Energia Nuclear
INB	Indústrias Nucleares do Brasil
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MG	Minas Gerais
NUCLEBRÁS	Empresas Nucleares Brasileiras S/A
NUCLEMON	Nuclebrás de Monazita e Associados Ltda
ORQUÍMA	Indústrias Químicas Reunidas S/A
OTR	Óxidos de Terras Raras
ROM	Produção Bruta do Minério (Runof Mine)
SULBA	Sociedade Comercial de Minérios Ltda
TR	Terras Raras
UPRA	Usina de Praia
USAM	Usina de Santo Amaro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	- 10 -
2 REFERENCIAL TEÓRICO	- 12 -
2.1 HISTÓRIA DAS TERRAS RARAS NO BRASIL	- 12 -
2.2 ASPECTOS GEOQUÍMICOS DAS TERRAS RARAS.....	- 13 -
2.3 GEOLOGIA DAS TERRAS RARAS	- 15 -
2.4 LAVRA E BENEFICIAMENTO	- 15 -
2.4.1 Lavra	- 16 -
2.4.2 Beneficiamento	- 17 -
2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE ECONOMIA MINERAL	- 18 -
2.6 RESERVAS	- 18 -
2.6.1 Reservas Mundiais	- 18 -
2.6.2 Reservas Brasileiras	- 20 -
2.7 PRODUÇÃO.....	- 24 -
2.7.1 Produção no Mundo	- 24 -
2.7.2 Produção no Brasil	- 25 -
2.8 CONSUMO.....	- 25 -
2.9 APLICAÇÃO	- 26 -
2.10 PREÇO.....	- 31 -
3 MATERIAIS E MÉTODOS	- 33 -
3.1 DESENHO DO ESTUDO	- 33 -
3.2 OBJETO DE ESTUDO	- 33 -
3.3 DETALHAMENTO DOS PROCEDIMENTOS.....	- 33 -
3.4 INSTRUMENTOS DE COLETA, ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS DADOS.....	- 34 -
3.5 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO	- 34 -
3.6 VARIÁVEIS	- 34 -
3.7 ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS DADOS	- 34 -
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	- 36 -
4.1 IMPORTÂNCIA DAS TERRAS RARAS NA CONJUNTURA ECONÔMICA... - 36 -	
4.2 VERACIDADES DO MONOPÓLIO CHINÊS.....	- 36 -
4.3 POTENCIAL DE PRODUÇÃO	- 38 -
4.4 PREÇOS	- 40 -
4.5 BRASIL E SUAS PROPOSTAS.....	- 42 -
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	- 46 -
6 REFERÊNCIAS	- 48 -

1 INTRODUÇÃO

A economia das terras raras nos leva a afirmar que ela é o “Ouro do século XXI”, em que tais elementos estão mais frequentes no subsolo do que metais como o ouro, prata e platina, dado que praticamente somos todos dependentes da tecnologia e do que a indústria mineral das terras raras nos proporciona. O uso desses 17 elementos químicos está ligado a grande evolução tecnológica da atualidade, com suas características eletrônicas, ópticas e catalíticas (SENADO FEDERAL, 2013)

As avaliações econômicas de projetos de mineração de terras raras são essenciais, vista que é uma substância que vem crescendo com a demanda do mercado. Tais aplicações estratégicas em tecnologias limpas e produtos de ponta, explica a realidade da ampla evolução tecnológica internacional (LAPIDO – LOUREIRO, 2013).

O Brasil tem enorme potencial para produzir terras raras, sendo uma das pioneiras a produzi-las. O que se sabe atualmente é que o país vem tentando ingressar novamente no mercado mundial como um dos maiores produtores de terras raras, como também consumi-las. Para isso deve-se investir evidentemente em tecnologia e mão de obra qualificada, em que perde consideravelmente para os principais produtores e consumidores (LAPIDO – LOUREIRO, 2013).

Como qualquer outro tipo de exploração e exploração mineral, a de TR devem cumprir categoricamente com as normas ambientais, afim de progredir sem agredir o meio ambiente. A China, ao contrário, segue produzindo minérios de terras raras por meio de garimpo, mão de obra barata, sem nenhuma preocupação com a sustentabilidade (SENADO FEDERAL, 2013).

As numerosas aplicações das terras raras e a nossa dependência da tecnologia intensifica a economia mineral, de modo que, a demanda e a escassez do produto aumente a produtividade e evidentemente seu preço no mercado mundial ao longo do tempo (LAPIDO – LOUREIRO, 2013).

O cenário que se observa é promissor pois, países dependentes do monopólio da China, estão rigorosamente em busca de novas perspectivas de prospecção dos elementos de terras raras, e buscam ampliar sua produção ainda irrelevante (SENADO FEDERAL, 2013).

As perspectivas dos próximos anos é que aumente a competitividade dos países na exportação e na crescente aplicação das terras raras. Um mundo onde estão cada vez mais preocupados com a sustentabilidade, com leis rigorosas visando o equilíbrio da exploração e evitar degradações ao meio ambiente (SENADO FEDERAL, 2013)

2 REFERENCIAL TEÓRICO

As terras raras, que não são terras muito menos raras, estão ganhando cada vez mais mercado no mercado tecnológico, visto que a aplicação dos elementos é bastante ampla. Mas como são elementos insubstituíveis se tornam cada vez mais cobiçados e necessários para o atual mundo que vivemos. Dessa forma, são esses elementos que possuem por sua vez viabilidade decretada e sua conveniência para diversas esferas tecnológicas. É imprescindível ao mercado o desenvolvimento das tecnologias para extração e comercialização destes elementos, ganhando assim sua importância na economia mineral e do país.

2.1 HISTÓRIA DAS TERRAS RARAS NO BRASIL

A exploração das terras raras no Brasil se veio por meio da retirada de areia monazítica na região de Prado na Bahia por volta de 1885, a retirada era gratuita vista que o governo não teria a real noção da importância das terras raras. O pretexto usado, naquela época, para a retirada de areia era que as areias seriam utilizadas como lastro dos navios que não poderiam voltar vazios à Europa ou aos Estados Unidos (FILHO; SERRA, 2014).

Nas décadas de 1940 e 1950 por meio da iniciativa privada da Usina de Santo Amaro – USAM, pertencente à Indústrias Químicas Reunidas S/A – ORQUIMA S/A, dominaram o processo de extração, separação e obtenção de óxidos de terras raras (FILHO; SERRA, 2014).

A produção da Usina de Santo Amaro, a partir da monazita, produzida na Usina de Praia - UPRA, pertencente à Sociedade Comercial de Minérios LTDA – SULBA em que em 1960 determinou sua estatização devido a presença de urânio e tório na monazita, assumindo suas atividades pela Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN (CETEM, 2008).

Em 1988, é criada as Indústrias Nucleares do Brasil S/A – INB, que sucede a Empresas Nucleares Brasileiras S/A – NUCLEBRÁS que foi criada em 1974 e também a Nuclebrás de Monazita e Associados Ltda – NUCLEMON que foi criada em 1976 (CETEM 2008).

Por fim, no final de 1990, por meio do Instituto de Energia Nuclear – IEN, desenvolveram atividades para a obtenção dos óxidos individuais de terras raras. E em 1998, em Convênio entre a Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, a INB, o

Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT e o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN para fabricação de ímãs permanentes (CETEM, 2008).

2.2 ASPECTOS GEOQUÍMICOS DAS TERRAS RARAS

A química das terras raras é predominantemente iônica e determinada principalmente pelo tamanho de seus cátions trivalentes (ABRÃO, 1994, p. 05).

Os lantanídeos, mais conhecidos como terras raras, faz parte de um conjunto de 15 elementos químicos pertencentes ao grupo III-B da tabela periódica, envolvendo os elementos químicos com números atômicos situados entre 57 e 71, acrescidos do escândio (Sc) e do ítrio (Y), que apresentam comportamentos químicos similares (VIEIRA E LINS, 1997, p.12).

Os minérios de terras raras são caracterizados por três tipologias: Monazita, Bastnaesita e Xenotímio, em que são os mais importantes minerais contendo TR (possuem 95% dos óxidos de Terras Raras – OTR) (ABREU, 1991).

A Monazita é um fosfato de terras raras, especialmente cério, lantânio e ítrio. A Bastnaesita é um fluor carbonato do grupo do Cério. O Xenotímio é um fosfato de ítrio encontrado no mesmo ambiente geológico da Monazita (HEDRICK, 1984; 1985 e 1986 apud ABREU, 1991). Sendo que a Monazita e Bastnaesita são as variedades mais importantes.

Os mais importantes minerais contendo terras raras são a Monazita, Bastnaesita e Xenotímio, em que possuem 95% dos óxidos de terras raras (VIEIRA; LINS, 1997).

A monazita é um ortofosfato de terras-raras, onde predominam os elementos leves. A fórmula estrutural da monazita é $R-PO_4$, sendo R o grupo dos elementos de terras raras Cério, Lantânio, Neodímio e Samário, associados ao radical fosfato. A monazita apresenta teores variáveis: 40-50% de cério, 20-36% de lantânio, 8-16% de neodímio, 3-5% de praseodímio, 0,5-3% de samário e 0,1-3% de ítrio. O lantânio, cério, neodímio e praseodímio constituem aproximadamente 90% dos elementos de terras raras presentes na monazita. Outros elementos, como o tório e o urânio, também encontram-se no mineral, tornando-o radioativo. O conteúdo de tório é muito variável, podendo oscilar entre 0,1 e 30%. A quantidade de urânio é menor, podendo atingir até 1,5% (VIEIRA; LINS, 1997, p. 15).

A bastnasita, fluorocarbonato de terras-raras, contém majoritariamente os elementos da fração leve das terras-raras. A sua fórmula química é $(Ce,La)(F,OH)CO_3$. Esse mineral apresenta teores variáveis de elementos de terras-raras: 40-54% de cério, 25-40% de lantânio, 8-16% de neodímio e 3-5% de praseodímio. A bastnaesita

apresenta uma distribuição desses elementos similar à monazita; porém, o conteúdo de tório é menor, normalmente inferior a 0,1%. É uma das mais importantes fontes de terras-raras, tanto pelas suas reservas como pelos seus teores (VIEIRA; LINS, 1997, p. 15).

O xenotímio é um fosfato de ítrio e outros elementos da fração pesada das terras-raras, apresentando teores variáveis desses elementos, 40-69% de ítrio, 4-19% de itérbio, 4-14% de érbio, 5-14% de disprósio e 1-8% de gadolínio. É a mais importante fonte de ítrio, apresentando em média um teor de 60%. O xenotímio ocorre associado usualmente à monazita, porém, em quantidades menores que essa. Entre suas mais importantes propriedades físicas, pode-se mencionar que é mais fortemente magnético que a monazita, fato que permite sua separação por métodos magnéticos (VIEIRA; LINS, 1997, p. 16).

Com base nas similaridades dos raios iônicos os lantanídeos são subdivididos em dois grupos: leves ou pesados.

O grupo dos elementos leves é formado por Lantânio-La, Cério-Ce, Praseodímio-Pr, Neodímio-Nd, Promécio-Pm, Samário-Sm e Európio-Eu. No grupo dos elementos pesados, encontram-se Gadolínio-Gd, Térbio-Tb, Disprósio-Dy, Hólmio-Ho, Érbio-Er, Túlio-Tm, Itérbio-Yb e Lutécio-Lu. Além desses ainda é empregado no grupo dos elementos pesados o Ítrio-Y e o Escândio-Sc, dado que ambos possuem propriedades químicas semelhantes às dos outros elementos do grupo, e também por ocorrer na natureza associado às terras raras (VIEIRA; LINS, 1997, p.12).

Na Tabela 01 são apresentados os 17 elementos que compõem as terras raras, sua simbologia e seu número atômico.

Tabela 1 - Elementos de terras raras, sua simbologia e seu número atômico.

	ELEMENTOS DE TERRAS RARAS	SÍMBOLO	NÚMERO ATÔMICO
LEVES	Lantânio	La	57
	Cério	Ce	58
	Praseodímio	Pr	59
	Neodímio	Nd	60
	Promécio	Pm	61
	Samário	Sm	62
	Európio	Eu	63
PESADOS	Gadolínio	Gd	64
	Térbio	Tb	65
	Disprósio	Dy	66
	Hólmio	Ho	67
	Érbio	Er	68
	Túlio	Tm	69
	Itérbio	Yb	70
	Lutécio	Lu	71
	<i>Ítrio</i>	Y	39
	<i>Escândio</i>	Sc	21

Fonte: Vieira; Lins, 1997.

A tabela acima detalha os elementos específicos dos dois grupos na qual os lantanídeos se dividem, os leves e pesados com suas respectivas simbologia e números atômicos.

2.3 GEOLOGIA DAS TERRAS RARAS

Os elementos de terras-raras podem ser encontrados como constituintes das rochas carbonatíticas, granitos, pegmatitos e em rochas silicatadas, em concentrações que variam de 10 a 300 µg/g (VIEIRA; LINS, 1997). Ocorrem também, de forma secundária, pois os minerais de terras raras podem se concentrar em depósitos arenosos aluviais ou marinhos, denominados pláceres (BNDES, 2012).

A Tabela 02 lista o modo de ocorrências dos principais minerais portadores de terras raras, na qual a monazita, bastnasita e xenotímio são os minerais mais importantes contendo terras raras.

Tabela 2 - Ocorrências geológicas de terras raras.

Mineral	Ocorrência
<i>Gadolinita</i>	Em veios pegmatíticos, principalmente
<i>Bastnasita</i>	Em pegmatitos de granitos alcalinos e depósitos Metassomáticos
<i>Monazita</i>	Em granitos, gnaisses, aplitos e pegmatitos e em depósitos detríticos (areias)
<i>Allanita</i>	Em granitos, sienitos, dioritos e pegmatitos; em rochas metamórficas, ocorre em gnaisses, anfibolitos, skarnitos e outras; raramente como espécie detrítica (areias)
<i>Xenotímio</i>	Em granitos e pegmatitos
<i>Loparita</i>	Em rochas metamórficas e associado a intrusões máficas, sienitosnefelínicos e carbonatitos
<i>Fergusonite</i>	Em pegmatitos graníticos e rochas alcalinas
<i>Samarskita</i>	Em pegmatitos de granitos
<i>Euxenit</i>	Em pegmatitos
<i>Argilas lateríticas</i>	Íons retidos

Fonte: BNDES, 2012.

A tabela acima evidencia os principais minerais portadores de terras raras além dos mais abundantes como a monazita, bastnasita e o xenotímio, a fim de demonstrar as variedades dos minerais portadores dos elementos estratégicos.

2.4 LAVRA E BENEFICIAMENTO

Para o desenvolvimento das etapas de lavra e beneficiamento de um empreendimento mineiro é necessário a tecnologia e recursos humanos qualificados

para um desenvolvimento sustentável. No Brasil, por exemplo, quando houver radioatividade na mineração a licença de lavra é obtida pelo órgão estadual do meio ambiente; com radioatividade, porém, ela é dada pelo Ibama e ainda é preciso passar por fiscalização da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), que ainda exige licença para o tratamento químico e lavra.

Quando o minério, peculiar como as terras raras, mostra elevados graus de radioatividade, a tecnologia de lavra e beneficiamento a ser implementado torna o projeto ainda mais caro, uma vez que utiliza ataques químicos para a abertura do minério. Mais com todas as medidas tomadas para um processo de lavra e beneficiamento perspicaz se evitam danos a natureza e gastos extras reparando danos então gerados com a prática ilegal e com pouco investimento.

2.4.1 Lavra

Os minérios de terras raras caracterizados por suas diferentes tipologias e são lavrados de diferentes formas, não necessariamente de forma padronizada. A Monazita e o Xenotímio são lavrados basicamente por dragagem de aluviões e areias de praia mineralizados, outros depósitos também são lavrados de forma superficiais, usando desmonte hidráulico, pás carregadeiras, trator de lâmina e caminhões. No caso da Bastnaesita o método de lavra aplicado é de lavra em bancadas à céu aberto, utilizando técnicas de perfuração e detonação, transportados para o processo de cominuição em moinhos, logo após cominuídos são peneirados, aquecidos e encaminhados a usina de beneficiamento (ABREU, 1991).

No Brasil, no final da década de 1940 a Usina Santo Amaro - USAM, pertencente à Indústrias Químicas Reunidas S/A - ORQUÍMA S/A planejou e montou instalações de processamento de areias monazíticas e sucessivamente iniciando suas operações. Em 1988 é criada as Indústrias Nucleares do Brasil S/A - INB até a paralização temporária das atividades temporárias em 1992. Apesar da paralização, as atividades de pesquisa e desenvolvimento continuaram, sendo em 1998 assinado um convênio entre a Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN e a INB com o objetivo de desenvolver a tecnologia para a fabricação de pós metálicos que são matérias primas para a fabricação de ímãs permanentes (LUZ; LINS, 2008).

2.4.2 Beneficiamento

De acordo com a proposta do CETEM, as concentrações se dividem-se em três estágios de beneficiamento: primário, secundário e terciário. Nas unidades de tratamento de minério primário é feito um processo de separação hidrogravimétrica, em que se utiliza espirais de Humphrey para separação do concentrado de minerais pesados do estéril. Ressalta-se a importância do uso do estéril para recuperação da área degradada, onde todo terreno lavrado é transferido para o lugar de origem. No beneficiamento secundário se utiliza métodos físicos conjugadas de processos de separação, tais como a separação eletrostática, magnética e gravítica. Para finalizar o beneficiamento terciário somente é executado para purificação dos concentrados trabalhados, também por métodos físicos conjugados (LUZ; LINS, 2008).

Após a concentração física do minério procede-se a abertura e separação por componentes principais (NARAYANAN, 1988 apud ABREU, 1991). Os processos de abertura dos minérios são ocorridos por ataque ácido ou ataque alcalino, e por calcinação a alta temperatura com reagentes especiais, como por exemplo, redutores, oxidantes, neutros, alcalinos ou ácidos (ABREU, 1991).

Podemos mencionar como principais depósitos de terras raras no Brasil os processos de concentração como o de Poço de Caldas, Araxá e São Gonçalo do Sapucaí em Minas Gerais, Pitinga no Amazonas, e Córrego do Garimpo em Goiás (CETEM, 1997).

O estudo de concentração no depósito do Morro Ferro situado no complexo alcalino de Poço de Caldas, 15 km ao sul da cidade do mesmo nome, envolve flotação, separação magnética e concentração gravítica. Dos trabalhos realizados no minério de São Gonçalo do Sapucaí objetivam a separação da monazita por meio da flotação seletiva como uma alternativa aos métodos físicos de concentração. Na mina de Pitinga efetuaram-se ensaios de microflotação, no entanto, os resultados remeteram a teores insatisfatórios. No depósito do Córrego do Garimpo, os estudos de caracterização realizados se tornaram economicamente caros com métodos gravíticos e/ou magnéticos por terem um grau de dificuldade elevado, e o alto consumo de energia na etapa da moagem (CETEM, 1997).

2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE ECONOMIA MINERAL

Um dos principais efeitos que os recursos minerais proporcionam a um país, indiscutivelmente, é seu rendimento econômico, vista que a mineração está em toda parte. A economia mineral trata de conhecer os princípios, as metodologias aplicadas e de instrumentos usados para a avaliação econômica e financeira à indústria de mineração, ou seja, o potencial e a viabilização econômica dos bens minerais seja ela por investimentos privados ou públicos que um minério pode proporcionar. Para isso é necessário saber desde sua disponibilidade de reservas (quantidade, qualidade, localização), sua demanda para o mercado nacional e internacional, seu conhecimento tecnológico para exploração e desenvolvimento, o seu impacto no meio ambiente, política mineral existente no país. Assim se torna possível a aplicação de investimentos para sua exploração (DNPM,2013).

2.6 RESERVAS

As mineralizações de terras raras são habitualmente encontradas em associação com complexos intrusivos alcalinos ou peralcalinos, por vezes associadas a óxidos de ferro, em placers ou paleoplacers de monazita, como também em mineralizações polimetálicas (LAPIDO-LOUREIRO, 2013, p.58).

2.6.1 Reservas Mundiais

As Reservas de terras raras aparecem de forma distribuída na crosta terrestre e passíveis de uma exploração econômica. Dos três minérios que contém terras raras, apenas os minerais de bastnaesita e monazita estão dominadas nas principais reservas (LAPIDO – LOUREIRO, 2013).

Os depósitos de bastnaesita da China e dos EUA constituem a maior reserva mundial de recursos econômicos de terras raras (LAPIDO – LOUREIRO, 2013. p.58). O Brasil dispõe atualmente da segunda maior reservas de óxidos de terras raras leves do mundo, aproximadamente 22 milhões de toneladas (DNPM, 2013).

Estima-se que as reservas lavráveis em OTR sejam de 135.730 milhões de toneladas. Desse total, a China possui 55.000 milhões de toneladas, seguida pelo Brasil com 22.000 milhões de toneladas, os EUA ocupam o terceiro lugar, com uma reserva de 13.00 milhões de toneladas, seguidas pela Índia, Austrália, Malásia e

outros países que incluem as Comunidades dos Estados Independentes (Rússia) e outras repúblicas da ex-União Soviética (DNPM, 2013).

Ressalva-se a seguir o estudo dos teores e tipificações das principais reservas da China, Austrália, Canadá, EUA, Dinamarca (Groenlândia) e África do Sul de minérios de terras raras. A China, dominante em produção e mercado conforme citação.

Na China os elementos de TR contidos na bastnasita são obtidos nas províncias da Mongólia Interior, de Gansu e de Sichuan. Na primeira província, o mineral é obtido como subproduto da extração do ferro, o que garante custos relativamente baixos em relação aos demais produtores. Nas duas outras, a bastnasita é obtida diretamente por mineração. As reservas na Mongólia Interior atingem trezentos milhões de toneladas, a um teor de 1,5% de óxidos e fator de recuperação de 25% a 50%. Em Sichuan, as reservas chegam a 17 milhões de toneladas, a um teor de 3% de óxidos de TR e fator de recuperação de 50%. O mineral extraído em Sichuan tem composição semelhante. A extração de elementos de TR ocorre também nas províncias de Guangdong, de Hunan, de Jiangxi e de Jiangsu, a partir de argilas lateríticas. Nessas argilas, o conteúdo de cério é baixo, mas o de elementos pesados de TR e de ítrio é particularmente elevado (BNDES, 2012).

Na Austrália as reservas de MountWeld foram estimadas em 12,2 milhões de toneladas de minério de monazita, a um teor de 9,7% de óxidos. A fina granulação do minério torna difícil seu tratamento. As reservas do projeto Nolans são estimadas em 30,3 milhões de toneladas, a um teor de 2,8% de óxidos. Outros projetos como o DubboZirconia estimam-se que tenha uma reserva de 73,2 milhões de toneladas de minério, a um teor de 0,75% de óxidos. Além deste, o país conta com o Projeto Cummins Range, que se encontra no estágio de perfurações (BNDES, 2012).

No Canadá o projeto Hoidas Lake estima-se uma reserva de minério de 1,4 milhão de toneladas, a um teor de 2,56% de óxidos. O projeto Thor Lake estima-se uma reserva de minério de 64,2 milhões de toneladas, a um teor de 1,79% de óxidos. Outros projetos como o Benjamin River e Douglas River, com elevados teores de elementos pesados de TR, Eden Lake, Elliot Lake e Zeus (BNDES, 2012).

Nos EUA, o Mountain Pass trata-se da reabertura da mina que já foi a maior do mundo, mas que, por razões ambientais e baixos preços das TR, foi fechada em 2002. As reservas provadas são de cinquenta milhões de toneladas de minério, a um teor de 8,6% de óxidos, e de vinte milhões de toneladas, a um teor de 9,4%. Predominam os elementos cério e lantânio. O projeto DeepSandsbaseia-se em areias enriquecidas em elementos de TR. Os teores de óxido oscilam entre 0,14% e 0,80%, os quais, embora baixos, são compensados pelo tipo de material e a grande quantidade estimada de minério, entre vinte e 120 milhões de toneladas. Outros projetos como oBokan Mountain realiza a exploração de TR, embora como objetivo secundário. Tem reserva estimada em 170 milhões de toneladas de óxidos de elementos de TR, majoritariamente pesados. O projeto BearLodge

apresenta reserva inferida de 8,9 milhões de toneladas de óxidos, a um teor de 4,1% (BNDES, 2012).

Na Dinamarca (Groenlândia) o projeto Kvanefjeld, ainda em fase de pré-viabilidade, tem reservas indicadas e inferidas de 457 milhões de toneladas, a um teor de 1,07%. Além de elementos de TR, pretende-se explorar depósitos de urânio e de minerais de zinco e fluoreto de sódio, o que reduzirá os custos de extração das TR (BNDES, 2012).

Na África do Sul a mina de Steenkampskraal trata-se de uma antiga mina de tório que esteve ativa entre os anos de 1952 e 1963. Nos anos 1990, pretendeu-se a exploração de TR, mas tornou-se inviável por causa dos preços baixos do material chinês. Estima-se que nas 249,5 mil toneladas de minério e de rejeito o teor de óxidos seja de 16,74%. Outras reservas na África do Sul é o caso do projeto Zandkopsdrift tem reserva estimada de 31,5 milhões de toneladas, a um teor de 3,6% de óxidos de TR. No Malawi, há reservas inferidas de 107 mil toneladas, a um teor de 4,24% de óxidos, e baixos teores de tório (BNDES, 2012).

Os minerais portadores de terras raras, como por exemplo, a monazita encontra-se na Austrália, Canadá e África do Sul, tais concentrações são obtidas em depósitos aluviários de areia monazíticas. Enquanto na China, EUA é constituído principalmente por concentrações de bastnaesita.

2.6.2 Reservas Brasileiras

É reconhecido que o Brasil tem um grande potencial, dispondo de reservas significativas de terras raras, ainda não exploradas e já reconhecidas mundialmente. (LAPIDO - LOUREIRO, 2013).

O Brasil além de dispor de reservas significativas de terras raras, ainda não exploradas, é reconhecida mundialmente.

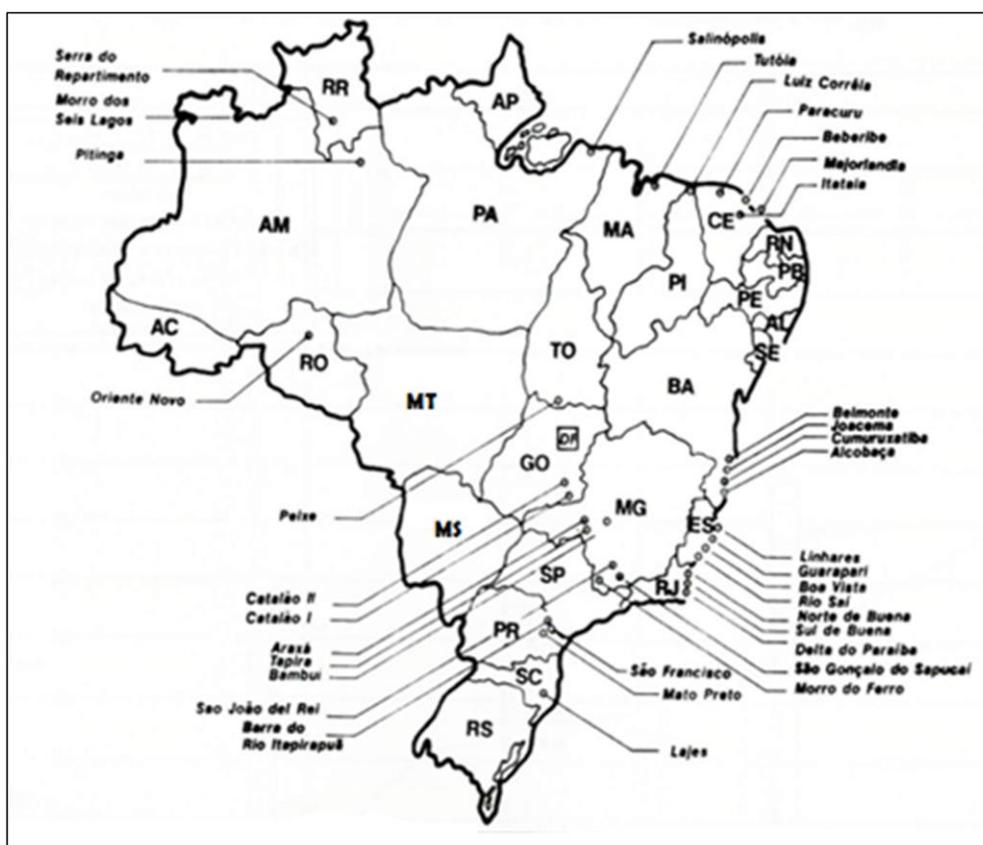
De acordo com o Sumário Mineral do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM (2013) informa que no final de 2012 foi aprovado reservas lavráveis de grande potencial econômico ao país com um dos maiores teores de terras raras e nióbio conhecidos em Araxá – MG. Do mesmo modo foram apresentadas outras empresas que dispõem reservas, ampliando o grande potencial do Brasil.

Aprovou novas reservas lavráveis, em duas áreas de Araxá com 14,20 Mt e 7,73 Mt de OTR contidos, com teores de 3,02% e 2,35%, respectivamente, e uma área em Itapirapuã Paulista, com 97,96 mil t de OTR contidos, teor de 4,89%, elevando o Brasil à posição de segundo maior a possuir mundialmente reservas de Elementos de Terras Raras, logo após a China. As empresas que detêm essas reservas são: CBMM (14 Mt de reservas lavráveis), CODEMIG (8 Mt de reservas lavráveis) e Vale Fertilizantes S/A. Outras reservas

pertencem à Mineração Terras Raras (6 Mt de reservas medidas, com teor de 0,5% de óxidos de TR, num total de 30 mil t contidas, em processo de reavaliação); Indústrias Nucleares do Brasil – INB (609 mil t de reserva lavrável, com teor de 0,103% de monazita, com 422t contidas) e Vale S/A (17,2 mil t de TR de reservas medidas e indicadas, contendo 57% de monazita, equivalente a 9,7 mil t). Outras reservas, ainda não aprovadas pelo DNPM, encontram-se na província mineral de Pitinga, em Presidente Figueiredo, na Amazônia – AM, e Catalão em Goiás – GO (DNPM, 2013).

A figura 01 ilustra a existência de 11 tipos de depósitos e ocorrências de terras raras no Brasil.

Figura 1 - Localização de depósitos e ocorrências de terras raras no Brasil



Fonte: LAPIDO-LOUREIRO, 2011.

As Terras Raras do depósito de Morro do Ferro – Complexo Alcalino de Poços de Caldas (MG) localizam-se a 15km ao sul da cidade de Poço de Caldas. Este depósito é onde surge a maior radioatividade natural conhecida, que é em razão de elevado teor de tório, ocasionando prejudicialmente em sua comercialização (LAPIDO – LOUREIRO, 2013).

A rocha hospedeira é um solo siltítico-argiloso, por vezes muito ferruginoso, com densa rede de vênulas de magnetita e limonita. Além da magnetita, pirita,

rutilo/anatásio, foram identificados em amostras de superfície, um silicato de terras raras “monazita com sílica”, zircão com terras raras, coffinita, chlopinita e pirocloro (FUJIMORI, 1982 apud LAPIDO – LOUREIRO, 2013).

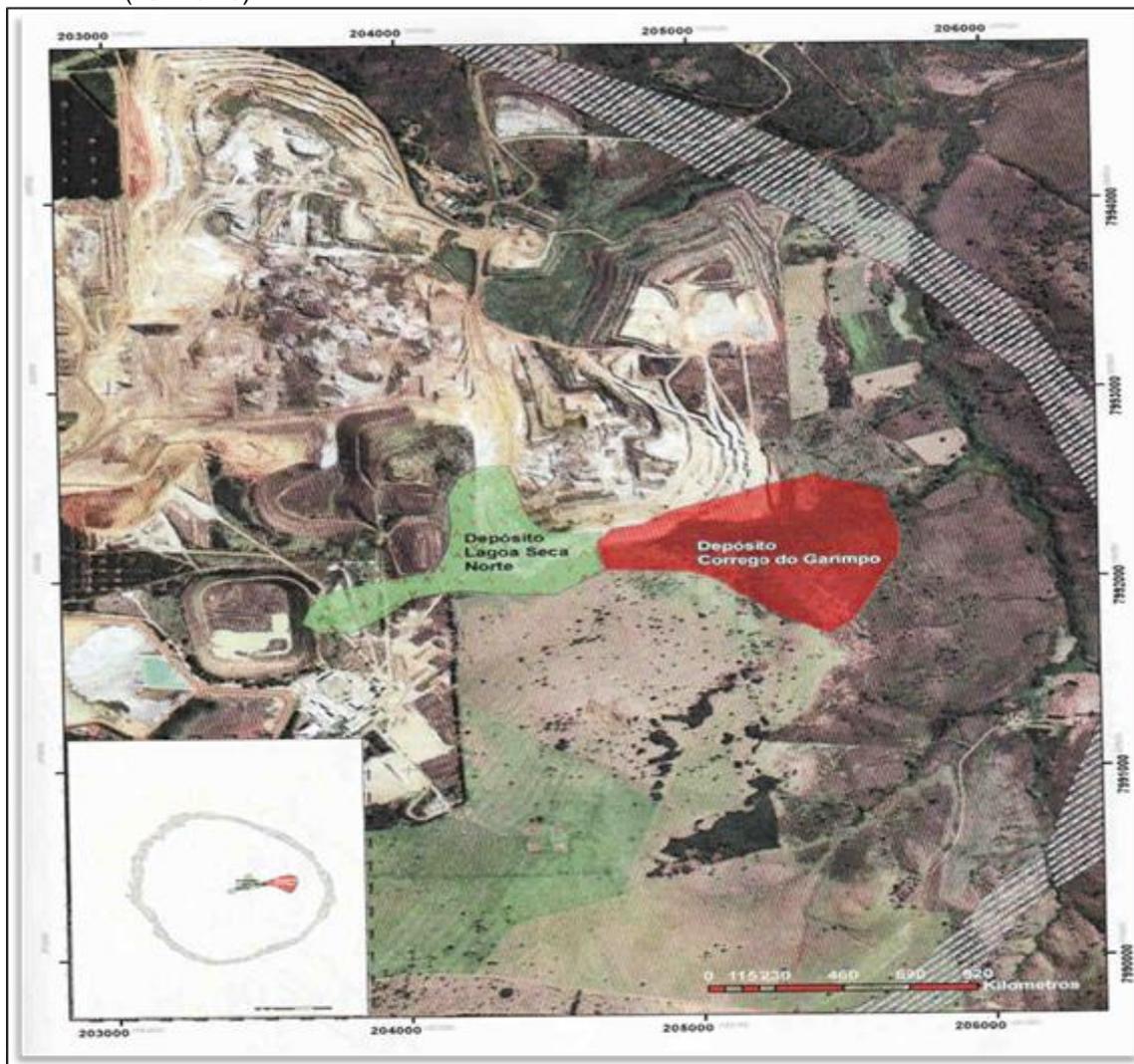
O Depósito do Córrego do Garimpo – no domo de Catalão (GO), é formado por três tipos de minérios: carbonatítico, saprolítico e silicoso. E pode ser considerado, um quarto tipo de minério nomeado por “minério nelsonítico”, que resulta da ação de fluidos carbonatíticos sobre rochas da série foscorítica, o que dá origem a camadas de monazitito e veios de monazita cortando o nelsonito (RIBEIRO, 2008).

O que apresenta teores médios, elevados de elementos de terras raras é o minério silicoso, no valor de 10,5%. Corresponde ao intemperismo do minério carbonatítico já referido. É composto de quartzo, monazita, hematita e goethita, além da barita, cerianita, apatita e hollandita subordinada (LAPIDO – LOUREIRO, 2013).

A figura 02 a seguir, exibe a localização dos depósitos no Córrego do Garimpo e um depósito associado a ele denominado de Lagoa Seca Norte, em que apresenta algumas características do tipo do Córrego do Garimpo.

O depósito da Lagoa Seca Norte apresenta mineralização de monazita, onde a mineralização está encaixada nos foscoritos em camadas horizontais de nelsonitos (RIBEIRO, 2008).

Figura 2 -Localização dos depósitos de ETR Lagoa Seca Norte (verde) e Córrego do Garimpo (vermelho).



Fonte: Ribeiro (2008)

O Depósito da “Área Zero” – no complexo carbonatílico de Araxá (MG) situada na parte norte do complexo, formou-se por enriquecimento supergênico resultante do intemperismo de rochas carbonatíticas subjacentes, abundantes em terras raras. A sua concentração seria consequência de uma concentração residual. O corpo enriquecido em terras raras caracteriza-se pela horizontalidade dos níveis mineralizados, com faixas mais ricas em terras raras e urânio intercaladas entre camadas mais pobres nestes elementos (LAPIDO – LOUREIRO, 2013).

O complexo alcalino de Peixe – TO, de idade Mesoproterozoica (aproximadamente 1,5 Ga) é um corpo intrusivo, em metassedimentos do Grupo Serra da Mesa, composto por mecaxistos com granada e sillimanita. Tem uma forma alongada (cerca de 30 x 7 km), com seu eixo maior orientado no sentido N-S. O

complexo apresenta várias mineralizações de interesse econômico, incluindo córindon, allanita e zircão (LAPIDO – LOUREIRO, 2013).

O Tocantins ainda dispõe, além da cidade Peixe, outras cidades com ocorrências de terras raras, como no município de Jaú do Tocantins que devido a sua complexidade litológica, sua ocorrência está associada às sequências Metavulcano-sedimentares, rochas alcalinas e zonas pegmatíticas e de granitos metassomáticos e no município de Palmeirópolis (DA COSTA et al, 2007).

2.7 PRODUÇÃO

Mesmo em abundância, os minerais portadores de terras raras são difíceis de extrair, o que acaba encarecendo sua produção. Como a China não utiliza das tecnologias de primeiro mundo o país ocupa o primeiro lugar em produção, fornecimento e consumo, tornando uma potência mundial de terras raras.

2.7.1 Produção no Mundo

De acordo com o Sumário Mineral de 2013 do DNPM a produção mundial de óxidos de TR continua sendo liderada pela China, cerca de 87% produzidos em 2012, e 95% produzidos em 2011.

A produção de terras raras se encarece devido à dificuldade de extraí-los, mas não significa que essa atividade deixe de ser executada. A produção vem crescendo de forma significativa, pois é um minério de bastante interesse e que atualmente em suas diversas formas de aplicação se tornando substancial além de ser insubstituível. A China é maior produtora do mundo de elementos de terras raras com uma produção de 86,9%, e o Brasil produzindo apenas 0,2%, de forma que todos os países passem a depender da China por essa abundante produtividade.

Com o domínio chinês na produção de terras raras, outros países retomaram o mapeamento e a exploração desses elementos estratégicos devido ao aumento de restrições chinesas às vendas das TR para empresas e altos tributos alegando problemas ambientais. Assim as preocupações com o suprimento se intensificaram, e em resposta muitos dos países começaram a investir e iniciar projetos de exploração, caso dos Estados Unidos, Canadá, Austrália e Groenlândia, território da Dinamarca. Desta forma a produção do resto do mundo participará de forma competitiva na oferta mundial (BNDES, 2012).

2.7.2 Produção no Brasil

Atualmente, de acordo com o Sumário Mineral do DNPM, a produção interna em 2012 de TR no município de São Francisco do Itabapoana (RJ) foi de 205 t de monazita contida (0,18% em peso do ROM). Em 2012, 2.700 t de monazita foram exportadas para a China, a partir dos estoques da Indústrias Nucleares do Brasil – INB (em 2011, foram 1.500 t para o mesmo destino). Neste município, as reservas de monazita devem estar esgotadas em pouco tempo, no ritmo atual de produção.

Tradicionalmente o Brasil já foi o maior produtor de terras raras no mundo inicialmente exploradas nas praias de Cumuruxatiba, no sul da Bahia, em 1886. Percebendo seu potencial se tornou até 1915 o maior fornecedor mundial de areias monazíticas. Como não havia tecnologia naquela época, o Brasil não conseguiu se desenvolver e hoje tenta prosperar novamente na produção de terras raras (LAPIDO – LOUREIRO, 2013).

2.8 CONSUMO

O consumo global de TR (incluindo o ítrio) foi estimado em 124 mil toneladas. O maior consumidor foi a China, com 60% da demanda. EUA, Japão e sudeste da Ásia foram responsáveis por quase toda a demanda restante. Em 2010 o consumo chinês foi de setenta mil toneladas, diante de uma produção global de 130 mil toneladas. Atualmente a China consome mais de 67% da produção mundial, seguida pelo Japão, EUA e Alemanha. Embora haja muita pesquisa sobre o assunto, não há substitutos eficientes para os diversos usos dos ETR (DNPM, 2013).

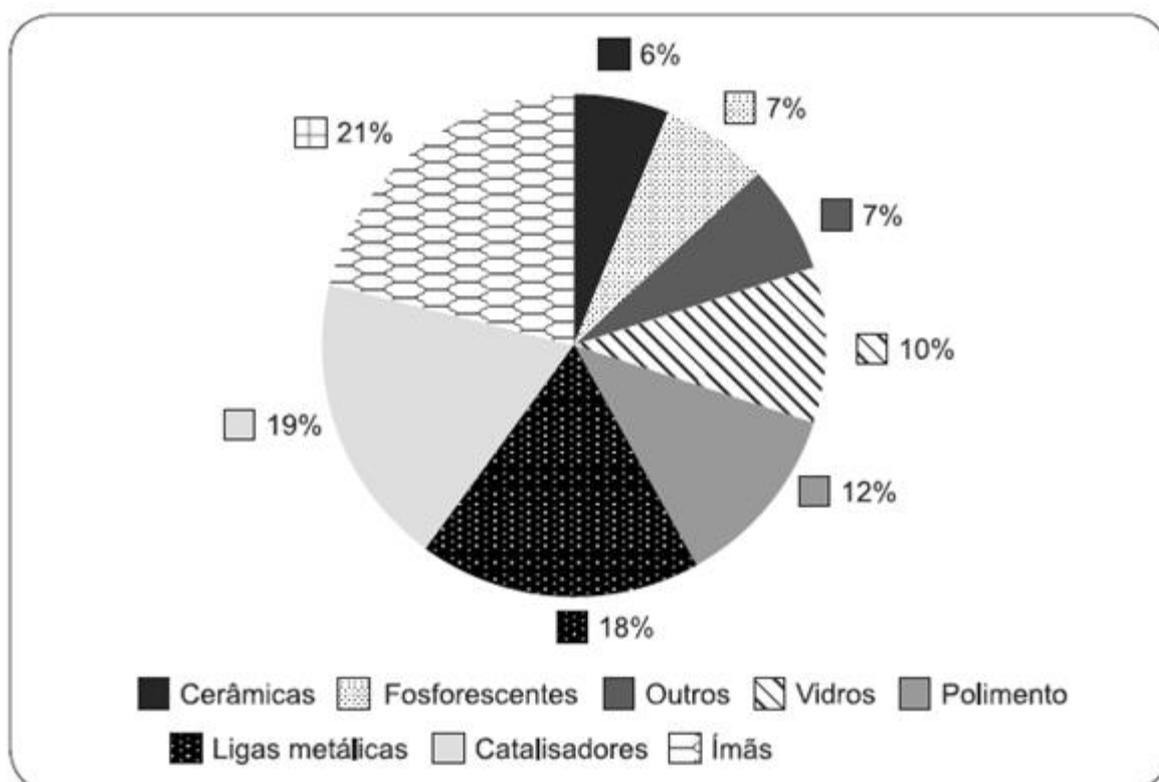
O crescimento significativo do consumo de terras raras é decorrente principalmente em aplicações para redução de impactos ambientais, bem como energia renovável, como é o caso da geração de energia eólica, e da alta tecnologia como em ímãs permanentes e baterias de carros híbridos e elétricos. A previsão de demanda de elementos de TR, comparada à de 2008, ano da crise cresce na aplicação de ímãs, catalisadores, ligas metálicas, polimento, vidros, fosforescentes, cerâmicas entre outros. Sendo as maiores taxas de crescimento se referindo a ímãs e ligas metálicas, que são utilizadas em veículos híbridos e elétricos (BNDES, 2012).

No que diz respeito ao consumo interno dos compostos de terras raras, as aplicações estão empregados em ímãs permanentes para motores miniaturizados e turbinas para energia eólica, composição e polimentos de vidros e lentes especiais,

catalisadores de automóveis, refino de petróleo, luminóforos para tubos catódicos de televisores em cores e telas planas de televisores e monitores de computadores, ressonância magnética nuclear, cristais geradores de laser, supercondutores e absorvedores de hidrogênio, armas de precisão (DNPM, 2013).

É possível observar na figura 3 a proporção estimada do consumo de TR segundo a indústria, em 2011.

Figura 3 -Proporção estimada do consumo de TR, segundo a indústria, em 2011.



Fonte:BNDES (2012).

A figura demonstra o consumo das principais aplicações substanciais dos elementos de terras raras, com destaque aos ímãs permanentes seguida dos catalisadores e ligas metálicas.

2.9 APLICAÇÃO

O campo de aplicações dos elementos de terras raras é bastante amplo compreendendo os importantes setores industriais, tais como: vidros, cerâmicas, catalisadores, metalurgia entre outros (BRESSIANI et al, 2011).

As terras raras apresentam propriedades químicas, magnéticas e luminescentes imensuráveis, com suas aplicabilidades variadas. Abrange desde produtos comuns do dia a dia até produtos de alta tecnologia. Separados ou em mistura, são utilizados em múltiplas aplicações (LAPIDO – LOUREIRO, 2013).

Como as terras raras têm as mais diversificadas aplicações, a seguir, apresenta-se uma tabela das aplicações de todos os elementos terras raras, incluindo o ítrio e o escândio.

Tabela 3 - Aplicações dos elementos de terras raras, por ordem alfabética, Y e Sc.

Elemento	Símbolo	Aplicações
Céριο	Ce	Catálise (automóveis e refino de petróleo), cerâmicas, vidros, <i>mischmetal</i> *, fósforos, pós para polimento.
Disprósio	Dy	Cerâmicas, fósforos e aplicações nucleares.
Érbio	Er	Cerâmicas, coloração de vidros, fibras óticas, lasers e aplicações nucleares.
Európio	Eu	Fósforos.
Gadólíneo	Gd	Cerâmicas, vidros, detecção ótica e magnética, visualização de imagens em medicina.
Hólmio	Ho	Cerâmicas, lasers e aplicações nucleares.
Lantânio	La	Catálise automotiva.
Lutécio	Lu	Cintiladores de cristal único.
Neodímio	Nd	Catálise, filtros infravermelho, lasers, ímãs permanentes, pigmentos.
Praseodímio	Pr	Cerâmicas, vidros e pigmentos.
Promécio	Pm	Fósforos, miniaturas de baterias nucleares e dispositivos de medida.
Samário	Sm	Filtros de microondas, aplicações nucleares e ímãs permanentes.
Térbio	Tb	Fósforos.
Túlio	Tm	Tubos de feixes eletrônicos e visualização de imagens médicas.
Ítérbio	Yb	Indústrias química e metalúrgica.
Ítrio	Y	Capacitores, fósforos, radares e supercondutores.
Escândio	Sc	Indústria aeroespacial, bastões de baseball, aplicações nucleares, iluminação e supercondutores.

**Mischmetal* – Liga de elementos de terras raras utilizada na remoção do oxigênio e enxofre, na purificação do aço, e em pedras de isqueiro.

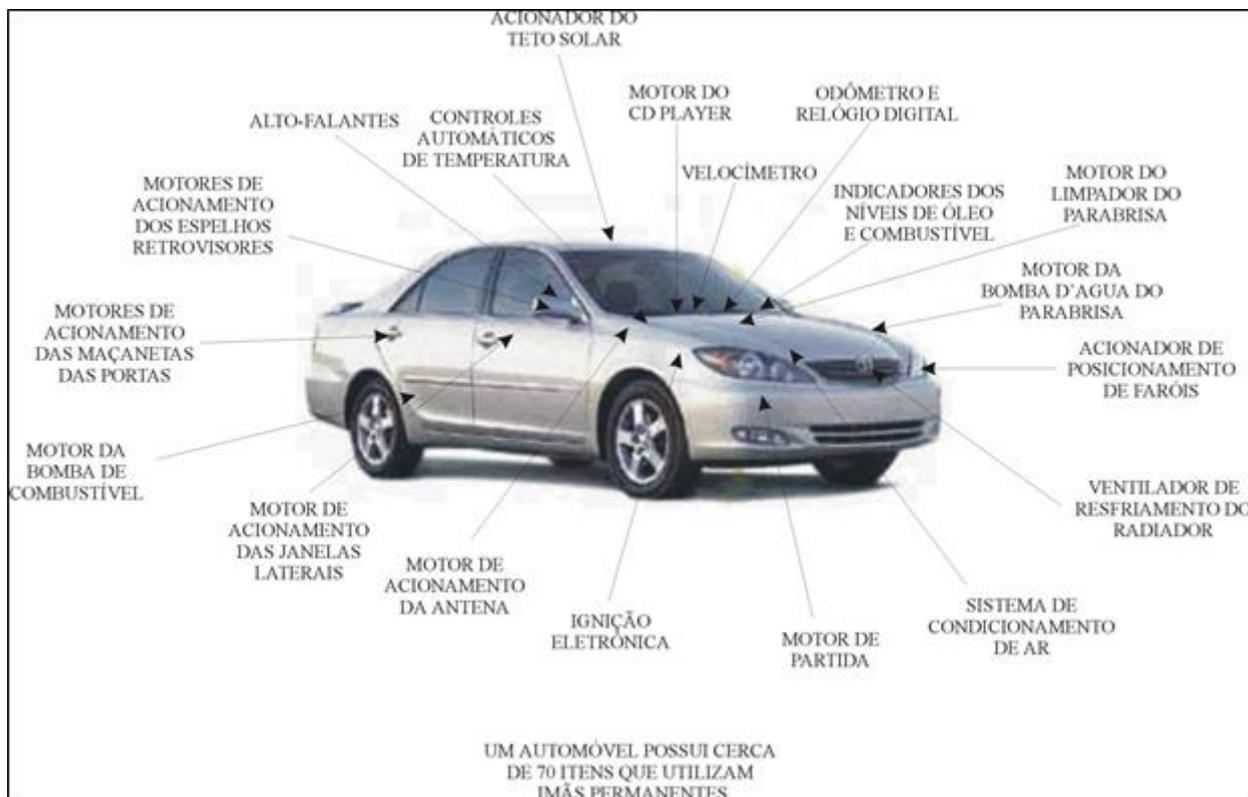
Fonte: LAPIDO – LOUREIRO, 2013.

De acordo com a tabela acima vemos as diversas aplicações de todos os elementos de terras raras, desde as aplicações mais simples de nosso dia a dia, como em fósforos, cerâmicas, vidros e pigmentos, como em aplicações da alta tecnologia como nas indústrias químicas nucleares, químicas e aeroespacial.

Atualmente a aplicação das terras raras tem grande importância na tecnologia moderna conhecida como “indústrias verdes” que é o caso das turbinas eólicas e dos carros híbridos. Como tal, são designados por “elementos verdes”. Essa dependência se reflete por razões ambientais que cresce concomitante ao desenvolvimento mineral (LAPIDO – LOUREIRO, 2013).

Na figura 4 se consegue identificar claramente a importância das TR na indústria automobilística, com seus principais componentes.

Figura 4 - As terras raras na indústria automobilística.



Fonte: BRESSIANI; LAZAR, 2011

A imagem acima demonstra a aplicabilidade das terras raras em ímãs permanentes utilizados em automóveis. Estão presentes no motor de partida, no sistema de condicionamento de ar, ventilador de resfriamento do radiador, motor da bomba d'água do para-brisa, nos indicadores dos níveis de óleo e combustível, no velocímetro, no odômetro e relógio digital, motor do cd player, acionador do teto solar, controles automáticos de temperatura, alto-falantes, motores de acionamento dos espelhos retrovisores, motores de acionamento das maçanetas das portas, motor da bomba de combustível, motor no acionamento das janelas laterais, motor de acionamento da antena, na ignição eletrônica.

A figura 5 a seguir destaca demais aplicações dos elementos de terras raras, seja elas pelas características ópticas, magnéticas e catalíticas.

Figura 5 - Diversas aplicações dos elementos de terras raras.

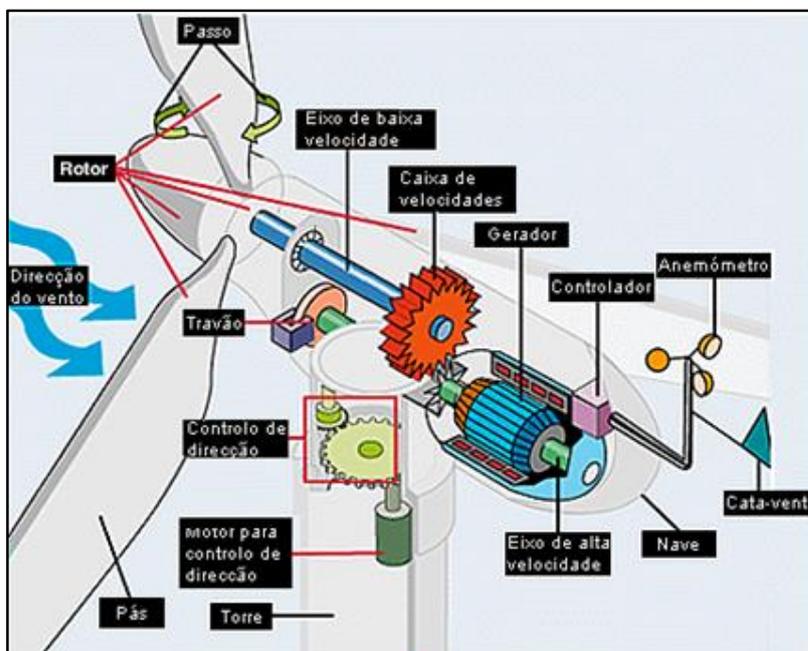


Fonte: SENADO FEDERAL, 2013

Como mostrado na figura 5 os campos de aplicação são muito variados, englobando produtos da alta tecnologia até produtos do nosso dia a dia, se referindo aos produtos da alta tecnologia, a indústria automobilística é um dos grandes consumidores de terras, os carros híbridos utilizam ligas de aço (La/Yb), ligas metálicas (Y/La), motores elétricos e híbridos (Dy/La/Nd), catalizador (La/Nd/Ce). Os ímãs (Tb/Gd/Nd/Sm/Yb/Pr/Dy). Os equipamentos médicos como os de Raios X (Tm). No refinamento do petróleo (Lu/La/Ce/Sc/Nd). Na indústria aeroespacial, na qual utiliza motor elétrico, ligas metálicas, petróleo refinado entre outras aplicações de terras raras. A indústria das turbinas eólicas, considerada como símbolo da indústria verde, utiliza em suas turbinas eólicas grandes quantidades de ímãs permanentes além de seus motores elétricos. Os exemplos simples que se aplicam os elementos de terras raras, temos as lâmpadas fluorescentes (La/Tb/Eu), o alto-falante (Nd/Sm), computadores (Ce/Nd), monitor de vídeo (Y/Te/Eu), o telefone celular utilizando alto-falantes com ímãs, lentes de câmaras fotográficas (La) (SENADO, 2013).

Têm-se na figura 6 a vista esquemática de uma turbina eólica considerada como um símbolo da “indústria verde”, pois os motores elétricos das turbinas eólicas, quando de alto rendimento, são consumidores vorazes de terras raras, principalmente de Neodímio (Nd) (LIMA, 2012).

Figura 6 - Vista esquemática de uma Turbina Eólica.



Fonte: Página do Laboratório de Ambiente Marinho e Tecnologia, Universidade dos Açores.

Diante das múltiplas e específicas aplicações das terras raras, separados ou em mistura, seja para geração de energia limpa, seja para um maior controle de emissões atmosféricas, todos tem sua importância no mercado, sendo então considerados minerais estratégicos associados às preocupações com questões ambientais (BNDES, 2012).

As aplicabilidades dos elementos de terras raras estão principalmente envolvidas na alta tecnologia, se referindo na área de defesa, se aplica os elementos em caças, sistemas de controle de mísseis, defesa antimísseis e sistemas de comunicação e satélite (LIMA, 2012).

As terras raras com suas propriedades ímpares e insubstituíveis também são utilizadas em aditivos para vidros, com expressivas finalidades, desde sua utilidade em aumentar o índice de refração das lentes de vidro e reduzir os efeitos da presença

de ferro no produto em remoções de coloração indesejável em um determinado vidro comercial (CGEE, 2013).

2.10 PREÇO

Os elementos de terras raras nunca foram materiais baratos, embora eles ocorram abundantemente na natureza (GSCHNEIDER, 1977 apud ABREU, 1991). Os preços apresentam variações diversas, pois dependem de seu grau de pureza, das quantidades comercializadas, a demanda e escassez de determinado elemento.

Os valores de concentrados de terras raras aumentam de acordo com seu grau de processamento, são vendidos a teores de 99%, na forma de óxidos ou em ligas a teores variáveis (BNDES, 2012)

De acordo com estimativas adotadas pela empresa mineradora MBAC, que desenvolve um projeto em Araxá, os preços de ETR's, embora sujeitos a razoável volatilidade, deverão se manter abaixo dos altos níveis verificados em 2011, mais acima dos preços vigentes antes de 2010. Devido à crescente oferta de Lantânio e Cério os preços se manterão muito baixos de 2016 em diante (CGEE, 2013).

A Tabela a seguir demonstra o preço da maioria dos elementos das terras raras (US\$/kg) em que é constatado seu crescimento devido à crise de oferta.

Tabela 4 - Preço das terras raras (US\$/kg)

Elemento	Óxido		Metal	
	Fim – 2007	Fim Out - 2008	Fim - 2007	Fim Out - 2008
Ce	3,60	3,80	7,10	10,50
Dy	94,00	118,00	125,00	153,00
Er	35,00	35,00	N/A	N/A
Eu	368,00	525,00	560,00	700,00
Gd	N/A	N/A	25,00	28,00
La	4,60	8,00	6,00	13,00
Lu	550,00	550,00	N/A	N/A
Nd	30,00	20,00	40,00	29,00
Pr	28,00	20,00	37,00	29,00
Sm	4,40	4,40	14,00	26,00
Tb	633,00	621,00	750,00	793,00
Yb	55,00	55,00	N/A	N/A
Y	12,00	12,00	29,00	42,00
Liga metálica de lantanídeos (48% Ce)			6,00	8,00
Liga metálica de lantanídeos (25% La)			12,00	14,00

Fonte: LAPIDO – LOUREIRO, 2013.

A tabela 4 demonstrou detalhadamente os preços tanto dos óxidos e metais de cada um dos elementos de terras raras no fim dos anos de 2007 e 2008. Os elementos de terras raras pesados como o Lutécio (Lu) e o Tértio (Tb) se destacam por serem os mais caros, seguido pelo Európio (Eu) que é um elemento de terras raras denominado leve.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desse trabalho foram utilizados diversos recursos bibliográficos, que associado às orientações permitiram a finalização do mesmo.

3.1 DESENHO DO ESTUDO

O presente trabalho foi elaborado mediante consultas bibliográficas em modelos diversos de literatura referentes à economia mineral de terras raras, o mercado, reservas brasileiras e reservas mundiais, produção, consumo, aplicação e preço do mercado externo e interno, bem como sua importância para o desenvolvimento de atividades econômicas.

Os locais utilizados para sua elaboração foram na biblioteca e nos Laboratórios de Informática do Centro Universitário Luterano de Palmas e na própria residência da acadêmica.

3.2 OBJETO DE ESTUDO

O objeto do presente projeto foi a economia mineral de Terras Raras averiguando a importância deste insumo essencial na indústria de alta tecnologia e a demanda do produto no mercado global. Como também de conhecer o mercado atual da mineração, em relação a esses metais, verificando os principais projetos existentes, mencionando as diversas aplicações e suas variações no preço, além de verificar se existem incentivos para as empresas que desejam investir no mercado das terras raras.

3.3 DETALHAMENTO DOS PROCEDIMENTOS

As maneiras para o desenvolvimento do trabalho foram disponibilizadas pela própria acadêmica com acervos de livros com o tema relacionado. As demais ferramentas foram gratuitas adquiridas via internet, como publicações científicas, artigos, site do DNPM, BNDES, CETEM, entre outros sites diversos.

3.4 INSTRUMENTOS DE COLETA, ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS DADOS

A pesquisa para julgamento do tema abordado foi promovida entre os meses de agosto a novembro de 2014, em Palmas-TO. Após o período foi realizada uma complementação com demais estudos e pesquisas bibliográficas que se desdobrou no período de dezembro de 2014 a junho de 2015.

3.5 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

No trabalho são demonstrados apenas dados referentes a comparações de natureza correspondentes a economia mineral, com ênfase nos elementos das terras raras, como suas reservas, produções, consumo, aplicações e preço. Contudo, os itens abordados são necessários para discutirmos a necessidade de investimentos nos elementos de terras raras, fazendo jus aos objetivos apresentados.

3.6 VARIÁVEIS

As variáveis apresentadas no trabalho são provenientes de pesquisas bibliográficas, onde é adequado para o tema abordado. Para tanto, o fator de indicar as variáveis da importância da economia das terras raras visa a necessidade competitiva e monopolizada de elementos substanciais a interesse tecnológico, movendo a mais alta tecnologia, além de serem insubstituível. As variáveis que podem ser abordadas dentro do estudo, tais como: o estudo geológico, os aspectos geoquímicos, lavra e beneficiamento, aplicações, reservas, entre outros itens.

Ainda assim, tem a natureza expostas pelo autor e como considerações bibliográficas diversas.

3.7 ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Os dados apresentados no decorrer do trabalho, norteiam a ideia da importância dos elementos das terras raras, onde o Brasil destaca-se com grande potencial em reservas, de modo que se faça a defesa da conjuntura integrada em uma cadeia produtiva. Para tanto, foram promovidas análises em bibliografias que relatam principalmente as reservas, a demanda, as aplicações e o preço para a finalidade de explorar, e porque deste ainda ser pouco lavrado e produzido no Brasil.

Contudo, foram inseridos no estudo diversos dados, oriundos de pesquisas que demonstrassem a real eficiência das reservas e demanda para um país como o Brasil, de modo que o fator competitividade econômica, seja considerado no desenvolvimento de uma matriz produtora.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 IMPORTÂNCIA DAS TERRAS RARAS NA CONJUNTURA ECONÔMICA

Como já mensurado em partes anteriores do trabalho, os elementos de terras raras possuem comprovadamente importância em suas aplicações variadas na alta tecnologia e o Brasil, que já foi o maior produtor mundial, pode voltar fortemente a fornecer os elementos estratégicos, pois conta com reservas suficientes, em referência a existência de grandes volumes para produzi-las.

No entanto, é necessária a aplicação de investimento em diversos setores, desde o investimento em estudos tecnológicos em que visa buscar meios na inovação tecnológica, admitindo a necessidade de procedimentos caros para separá-los e alcançar o nível de pureza indicado. Nesse sentido, o desenvolvimento de medidas torna-se necessário.

Os elementos considerados estratégicos levam em consideração os elementos leves e pesados, sendo os elementos pesados já se encontra em escassez e são os mais cobiçados e fundamentais no mercado da alta tecnologia. O Brasil ainda não se destaca na produção de terras raras pesadas onde se encontra em um cenário considerado crítico a forma de obter tais elementos.

Para tornar o produto brasileiro competitivo no mercado externo é necessário e imprescindível, o investimento e o interesse público em querer estabelecer medidas incentivadoras para ser iniciada a retomada promissora do Brasil no mercado.

Com a intensa busca de novos depósitos, outros ambientes geológicos geradores de minérios poliminerálicos, haverá, certamente, progressiva definição de mais reservas e de novas tecnologias de extração, e o perfil mundial dos recursos identificados de terras raras irá certamente sofrer alterações (LAPIDO – LOUREIRO, 2013).

4.2 VERACIDADES DO MONOPÓLIO CHINÊS

A situação que se encontra hoje sobre o mercado das terras raras é a condição favorável que a China possui no sentido de reservas que nas quais detém das maiores, alta produtividade por possuir de mão de obra barata e boas condições de extração, fazendo com que o país seja o maior produtor, consumidor e exportador dos elementos de terras raras.

Com tais vantagens o país atingiu a liderança na produção, industrialização e comércio das terras raras no mundo, sabendo disso tomou medidas que abalaram o mercado dos elementos estratégicos, restringindo, por lei governamental, a sua produção e colocando cotas para a exportação. Tal mudança surgiu como um impacto no mercado mundial.

Comprovando imensurável poder sobre as reservas de TR, a seguir é demonstrada a quantidade de reservas da China por região/depósito.

Tabela 5 - Reservas de Terras Raras na China (10000 toneladas).

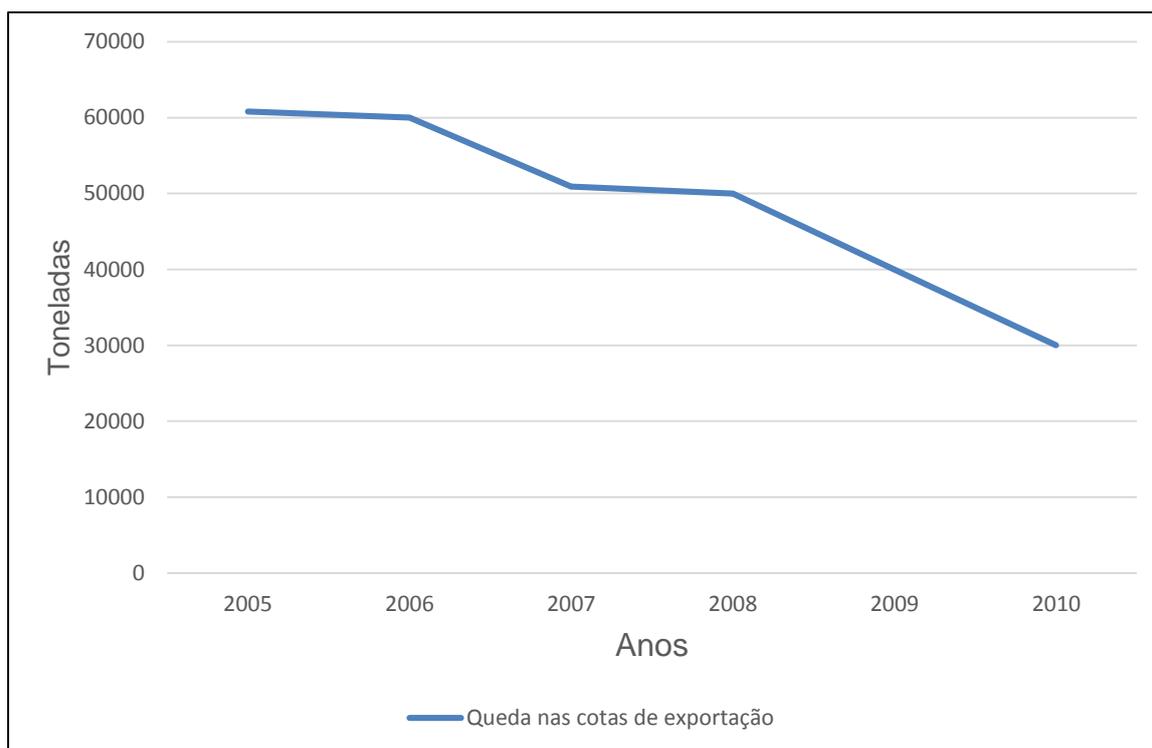
Área	Reservas Comprovadas	Reservas Industriais	Reservas de Longo Prazo
BayunObo. Baotou	10600	4350	>13500
Huishan, Sandong	1270	400	>1300
SevenProvinces in South	840	150	5000
Liangshan, Sichuan	240	150	>500
Zhiin, Guizhou	70		>150
Others	150	150	>225
Total	12270	5200	>21000

Fonte: Lapidó – Loureiro, 2013.

Na tabela acima detalha o tamanho das reservas chinesas, comprovando seu monopólio em terras raras pois elas são consideradas as maiores reservas do mundo.

No que diz respeito às cotas, é demonstrado a seguir um gráfico com a variação depois que a China restringiu a exportação. Comprovando assim, a necessidade de outros países buscarem outras formas de fonte geológicas para poder suprir suas necessidades tecnológicas.

Gráfico 1- Cotas de exportação da China de terras raras.



Fonte: Lima, 2012

A grande redução das exportações de terras raras ocorreu mesmo depois da China desmentir que iria reduzir para 2011 suas cotas de exportação. Para países de primeiro mundo é primordial a estabilidade e confiabilidade de suprimento de óxidos de terras raras, garantindo assim as necessidades do mercado (LIMA, 2012).

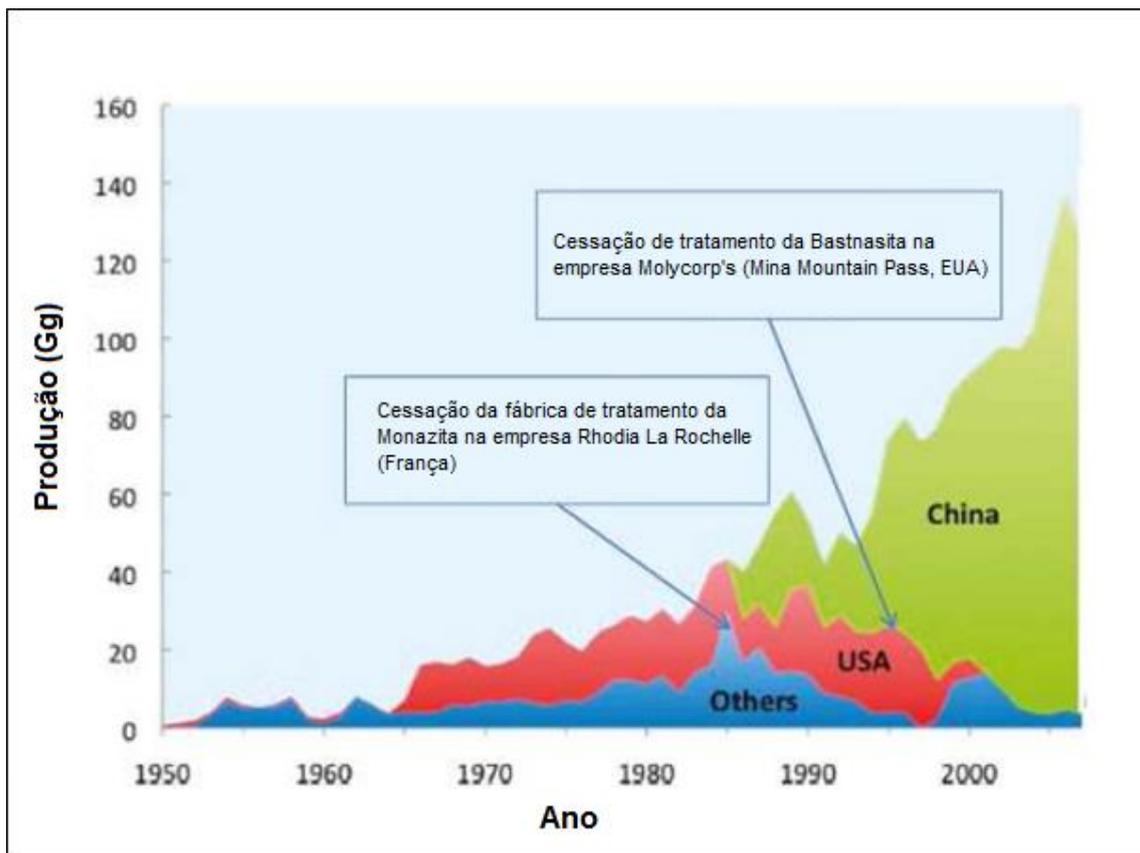
4.3 POTENCIAL DE PRODUÇÃO

Os elementos de terras raras estão a cada dia adquirindo potencial no mercado nas tecnologias atuais, tornando viáveis as atividades de pesquisa e desenvolvimento, visando contribuir para a expansão do mercado das terras raras.

O aumento da produção é caracterizado pelo desenvolvimento das tecnologias que modernizam cada vez mais, tornando indispensável novas fontes para suprir as nossas necessidades.

A figura a seguir, detalha de forma sucinta a evolução da produção de terras raras desde 1950, concluindo no que diz respeito sobre o uso das novas tecnologias e a grande evolução e o domínio da produção na China.

Figura 7- Evolução da produção de terras raras desde 1950.



Fonte: Lima, 2012

Tais tecnologias, por exemplo, são dispostas pelo mercado da medicina, como aparelhos de Raios X, produtos na tecnologia do ramo odontológico, em tecnologias verdes, como as células solares, as turbinas eólicas e também como supercondutores de alta-temperatura.

A seguir, é apresentada na tabela 6 uma comparação que demonstra a desvantagem do Brasil em vista de outros países produtores de elementos de terras raras nos últimos dois anos.

Tabela 6 - Comparação da produção de Terras Raras.

	ANO 2013	ANO 2014	RESERVAS (10³ t)
Estados Unidos	5,500	7,000	1,800,000
Austrália	2,000	2,500	3,200,000
Brasil	330	-	22,000,000
China	95,000	95,000	55,000,000
Índia	2,900	3,000	3,100,000
Malásia	180	200	30,000
Rússia	2,500	2,500	(**)
Tailândia	800	1,100	ND
Vietnã	220	200	(**)
Outros Países	ND	ND	41,000,000
Total Mundial (*)	110,000	110,000	130,000,000

(*) Aproximadamente;

(**) Incluído em outros países;

ND – Não disponível

Fonte: Extraído e adaptado de MINERAL COMMODITY SUMMARIES 2015.

A tabela acima mostra a produção mineral estimada, em milhões de toneladas, entre os anos de 2013 e 2014 onde evidencia o potencial em grandes reservas e produções da China, comparadas com outros países também citados.

4.4 PREÇOS

Os preços dos compostos de terras-raras têm sido estáveis nos últimos anos, e tende a permanecer assim, pois os que estão com preços altos são adquiridos em pequena quantidade. Os níveis mais baixos do preço das TR entre os anos de 2002 e 2003, antes de começarem a subir gradualmente até 2006. A taxa de aumento acelerou-se a partir desse ano, havendo um primeiro pico em 2008 e um grande pico de preços em 2011 (LIMA, 2012).

A seguir é demonstrada respectivamente uma tabela da evolução de preços de alguns óxidos de terras raras seguidas do gráfico referente aos dados dessa tabela.

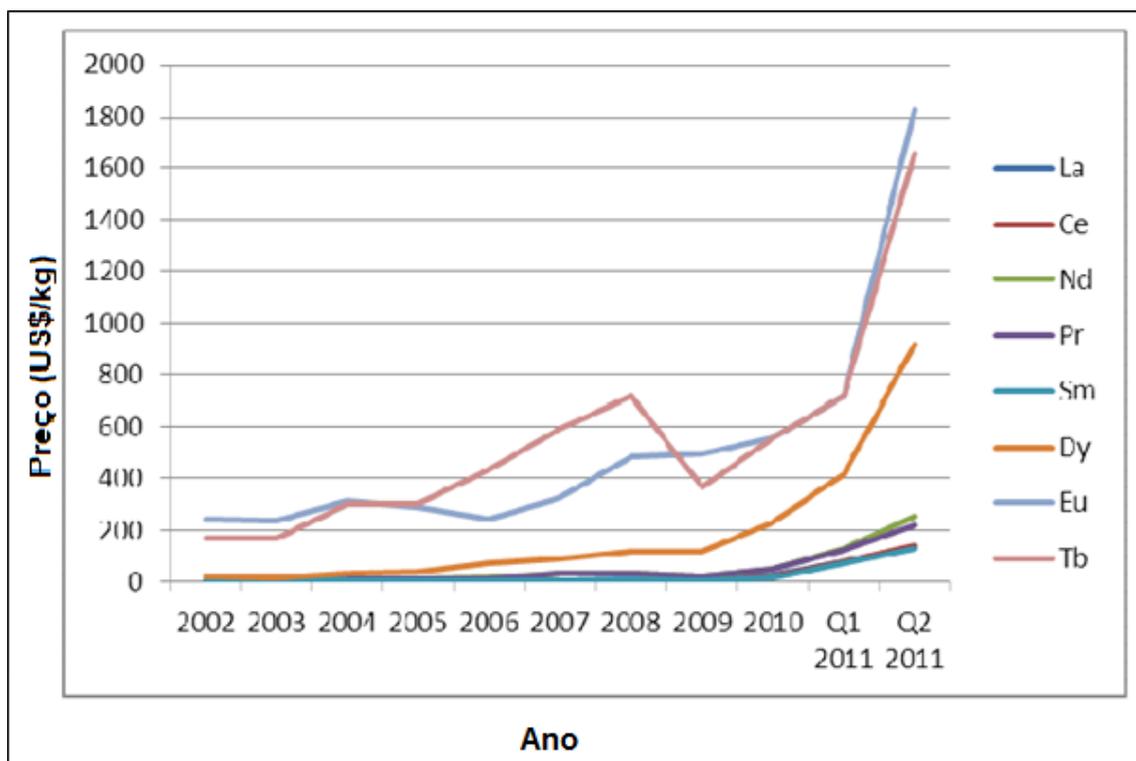
Tabela 7 - Evolução de preços de alguns óxidos de terras raras (pureza mínima de 99%).

Ano	Preço (US\$ por quilograma)							
	La	Ce	Nd	Pr	Sm	Dy	Eu	Tb
2002	2,3	2,3	4,4	3,9	3,0	20,0	240,0	170,0
2003	1,5	1,7	4,4	4,2	2,7	14,6	235,4	170,0
2004	1,6	1,6	5,8	8,0	2,7	30,3	310,5	300,0
2005	1,5	1,4	6,1	7,6	2,6	36,4	286,2	300,0
2006	2,2	1,7	11,1	10,7	2,4	70,4	240,0	434,0
2007	3,4	3,0	30,2	29,1	3,6	89,1	323,9	590,4
2008	8,7	4,6	31,9	29,5	5,2	118,5	481,9	720,8
2009	4,9	3,9	19,1	18,0	3,4	115,7	492,9	361,7
2010	22,4	21,6	49,5	48,0	14,4	231,6	559,8	557,8
Q1 2011	75,9	77,5	130,2	119,7	72,8	412,9	719,2	717,6
Q2 2011	135,0	138,3	256,2	220,1	125,6	921,2	1830,0	1659,0

Fonte: Lima, 2012.

A tabela acima demonstra a evolução dos preços em quilogramas de alguns óxidos de terras raras, desde o ano de 2002 até o ano de 2011. O Európio (Eu) considerado um elemento leve e o Térbio considerado um elemento pesado são os que possuem preços mais elevados dos demais elementos de terras raras.

Figura 8- Evolução dos preços de alguns óxidos de 2002 ao segundo quadrimestre de 2011.



Fonte: Lima, 2012.

A figura acima demonstra de forma significativa a evolução do preço de alguns óxidos de terras raras, com destaque ao Európio (Eu), Térbio (Tb) e o Disprósio (Dy) que possuem os preços mais elevados.

4.5 BRASIL E SUAS PROPOSTAS

O Brasil possui várias linhas de apoio a pesquisa para o desenvolvimento nas cadeias produtivas de elementos de terras raras. O apoio ao desenvolvimento tecnológico em terras raras é fomentado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, agência do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI, que tem como objetivo apoiar os projetos de pesquisa científica e tecnológica que visem contribuir significativamente para o desenvolvimento científico e tecnológico do país em terras raras, visando agregar valor, adensar o conhecimento e promover a sustentabilidade e competitividade da cadeia produtiva desse elemento no Brasil (CNPq, 2013).

Os grupos de pesquisa e especialistas existentes no Brasil incluem no total 496 especialistas, 49 instituições e 113 grupos de pesquisa. Tais grupos concentram-se em 17 estados e o Distrito Federal – DF.

A tabela a seguir dispõe das principais instituições brasileiras com linhas de pesquisa em terras raras.

Tabela 8 – Principais instituições brasileiras com linhas de pesquisa em Terras Raras

Instituição	Nº de Grupos de Pesquisa
Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN	11
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Unesp	7
Universidade Federal de Goiás – UFG	1
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE	6
Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ	6
Universidade de São Paulo – USP	5
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar	5
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ	4
Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG	4
Universidade Federal de Sergipe – UFS	4
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS	4
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES	4
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-Rio	2
Instituto Federal de Sergipe – IFS	2
Universidade Federal de Alagoas – UFAL	2
Universidade Federal do Ceará – UFC	2
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS	2
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN	2
Universidade Federal de Uberlândia – UFU	2
Universidade de Brasília – UnB	2
Universidade Federal de São Paulo – Unifesp	2
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF	2
Centro de Tecnologia Mineral – Cetem	2
Universidade Estadual de Campinas – Unicamp	2
Universidade Federal da Bahia – UFBA	2
Universidade Federal Fluminense – UFF	2
Instituto de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro	2

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB	1
Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – Ceeteps	1
Instituto Federal do Maranhão – IFMA	1
Instituto Federal de Pernambuco - Reitoria – IFPE	1
Universidade Estadual de Maringá – UEM	1
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS	1
Universidade Estadual da Paraíba – UEPB	1
Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG	1
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG	1
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN	1
Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF	1
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP	1
Universidade Federal da Paraíba – UFPB	1
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE	1
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC	1
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM	1
Universidade de Franca – Unifran	1
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR	1
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF	1
Instituto Nacional de Tecnologia – INT	1
Universidade de Caxias do Sul – UCS	1
Universidade Federal do Vale do São Francisco – Univasf	1

Fonte: CGEE, 2013.

É de grande valia as pesquisas desenvolvidas, visando contribuir com a difusão de conhecimento tecnológico sobre o processamento e uso de elementos de terras raras, além de impulsionar o país a reduzir a dependência externa. Todas as pesquisas auxiliam no aperfeiçoamento de mão de obra qualificada, com o desenvolvimento de competência tecnológica para fazer frente aos desafios de

implantação de uma cadeia produtiva de terras raras no País, além de fortalecer os grupos de pesquisa, modernizando e consolidando a infraestrutura laboratorial e piloto em terras raras nas instituições executoras do projeto (CNPq, 2013).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se nos tempos atuais, que as indústrias da mineração no que se referem às Terras Raras, elementos estratégicos de grande potencial para aplicação em produtos de alta tecnologia merecem uma atenção especial. Vista que sua aplicação está voltada principalmente para energia verde (turbinas eólicas e células fotovoltaicas), em que se busca de forma sustentável o desenvolvimento dessa cadeia produtiva.

No que tange a preocupação com o meio ambiente são buscadas medidas mais sustentáveis, na qual é notável o crescimento mundial do consumo de elementos de terras raras além das diversas aplicações como nas tecnologias nucleares, aeroespaciais, tecnologia eletrônica. Assim, é inegável que os países detentores de reservas devem ter um olhar global sobre a importância e necessidade desses elementos estratégicos.

Notadamente, deve-se destacar o aumento das pesquisas e prospecções mundiais, tendo em consideração que os elementos de terras raras são insubstituíveis. Levando em consideração também as restrições dadas pelo maior produtor de TR, a China, que não será superada por nenhuma outra potência que dispõe de reservas, capazes apenas de diminuir a demanda do produto. O monopólio criado pela China, levando em consideração a existência da falta de tecnologia qualificada para a extração dos elementos de terras raras, a falta de mão de obra especializada, em que não se encarece o processo industrial de remoção e concentração são fatores que levam a serem líderes na produção e comercialização.

Em alento aos visíveis problemas correlacionados a baixos preços no mercado internacional, deficiência em tecnologia, falta de competitividade, exploração sustentável desses minerais, qualificação e capacitação profissional, interfere literalmente no desenvolvimento deste segmento. O estudo em questão, abordou o cenário da economia atual e sua viabilidade de elementos tão promissores que é as terras raras. Trata-se de problemas que apesar de diagnosticados, e suas soluções tenham sido em algum momento de sua história apontada; ainda não foram mitigados, não desenvolvendo a capacidade nacional em termos de reserva, que o compasso de crescimento de outros nos obriga a importações de tal elemento que há em abundância em território nacional.

Observa-se que como apontado no decorrer do trabalho, que alguns investimentos têm que ser levados em consideração, visando sempre uma mineração

sustentável. O Brasil mesmo, tem verdadeiro potencial para voltar a ser pioneiro nas indústrias das terras raras, para isso deve existir verdadeiros incentivos fiscais, mudança nos órgãos de política mineral e a simplificação para as concessões de lavra, tais medidas, todas propostas no novo marco regulatório. Mais não basta uma mudança somente da legislação, mais também na capacitação dos profissionais e setores relacionados.

O Brasil pode além de exportar óxidos de terras raras, como também se tornar autossuficiente, para isso deve-se incentivar estados promissores que possuem reservas de terras raras, ou ainda intensificar o mapeamento geológico, como por exemplo, no estado do Tocantins, onde possuem além do complexo alcalino de Peixe, ocorrências nos municípios de Jaú do Tocantins e Palmeirópolis.

Contudo, o referente assunto abordado deixará possibilidades para futuros estudos, tendo em vista que as tecnologias de pesquisa e exploração dos elementos de terras raras poderão ser alcançadas para viabilização de outros meios e facilitar tais processos. Pois o estudo visa buscar meios para incentivar as inovações e tecnologias de um trabalho pouco conhecido.

6 REFERÊNCIAS

- ABRÃO, A. **Química e Tecnologia das Terras Raras**. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq 1994. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/publicacao/series_stm/stm-66.pdf> Acesso em: 09 ago.2014.
- ABREU, V. A. **Investigação Prospectiva na Indústria dos Terras Raras. Subsídio para Políticas e Gestão em Minerais/ Materiais Estratégicos**. 1991. 143 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 1991.
- BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Terras-raras: situação atual e perspectivas**. Rio de Janeiro: BNDES Setorial, 2012. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3511.pdf>. Acesso em: 28 set. 2014.
- BRASIL. João Pinheiro. DNPM. **Economia Mineral no Brasil**. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00001076.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2014
- BRESSIANI, J. C.; LAZAR, D. R. R. **Fracionamento, Purificação, Caracterização Química e Aplicações de Terras Raras: A Experiência do IPEN**. In: I SEMINÁRIO BRASILEIRO DE TERRAS RARAS, 2011, Rio de Janeiro. **Power Point**. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=630:i-seminario-brasileiro-de-terras-raras&catid=42:palestras&Itemid=101>. Acesso em: 13 set.2014.
- CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS. **Laboratório de Apoio a Instrumentalização Científica – LAIC**. Disponível em: <<http://ulbra-to.br/laic/>>. Acesso em: 21 out.2014.
- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. **Chamada MCTI/ CNPq/ CT Mineral n 76/2013:Apoio ao desenvolvimento tecnológico em terras raras**. Brasília: MCTI, 2013.
- DA COSTA, D. T.; Moreira, M. R.; Rodrigues, R. M. M.; Camargo, S. T. & Freitas, U. R.;**Avaliação e Diretrizes para o Setor Mineral do Estado do Tocantins**. Organizado por Rodrigo Meireles Mattos Rodrigues. MINERATINS, Palmas-TO, SEPLAN,2007.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL – DNPM. **Terras Raras**. Sumário Mineral 2013 – Vol. 33. DNPM, Brasília. 137p.
- FILHO, P. C. DE S.; SERRA, O. A.**TERRAS RARAS NO BRASIL: HISTÓRICO, PRODUÇÃO E PERSPECTIVAS**.Quim. Nova, Vol. 37, No. 4, 753-760, 2014

FILHO, W. R. P. **Determinação de Impurezas Metálicas em Óxidos de Terras Raras de Alta Pureza Pela Espectrometria de Massa (Setor Magnético) com Fonte de Plasma Induzida por Argônio (HR ICP-MS) e Cromatografia Líquida de Alto Desempenho (HPLC)**. 2000. 196 f. Tese (Doutorado em Ciência na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, 2000.

LAPIDO – LOUREIRO, F. E. **O Brasil e a Reglobalização da Indústria das Terras Raras**. Rio de Janeiro: CETEM/ MCTI, 2013.

LAPIDO – LOUREIRO, F. E. Terras-Raras - Tipos de Depósitos, Recursos Identificados e Alvos Prospectivos no Brasil. In: I SEMINÁRIO BRASILEIRO DE TERRAS RARAS, 2011, Rio de Janeiro. **Power Point**.

Disponível em:

<http://www.cetem.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=630:i-seminario-brasileiro-de-terras-raras&catid=42:palestras&Itemid=101>. Acesso em: 13 set.2014.

LIMA, P. C. R. **Mineração e materiais: a falta de um planejamento estratégico**. In: II SEMINÁRIO BRASILEIRO DE TERRAS RARAS, 2013, Rio de Janeiro. **PDF**

Disponível em:

<http://www.cetem.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=319:ii-seminario-brasileiro-de-terras-raras&catid=36:comunicacao&Itemid=246>. Acesso em: 15 set.2014.

LIMA, P. C. R. **Terras Raras: Elementos estratégicos para o Brasil**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2012.

LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. **Rochas e Minerais Industriais: usos e especificações**. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. Disponível em:

<<http://www.cetem.gov.br/biblioteca/publicacoes/livros>>. Acesso em: 01 nov. 2014.

MCTI, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. CGEE. **Usos e aplicações de Terras Raras no Brasil:2012-2030**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2013.

Disponível em:

<<http://www.cgee.org.br/busca/ConsultaProdutoNcomTopo.php?f=1&idProduto=8629>>. Acesso em: 21 set. 2014.

RIBEIRO, C. C. **Geologia, Geometalurgia, Controles e Gênese dos Depósitos de Fósforo, Terras Raras e Titânio do Complexo Carbonatítico Catalão I, GO**. 2008. 508 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília – UNB 2008.

SENADO FEDERAL. **Terras Raras: Estratégia para o futuro**. [s.l.]: Em Discussão – Revista de Audiências Públicas do Senado Federal, set. 2013. Disponível em:

<[http://www.senado.gov.br/NOTICIAS/JORNAL/EMDISCUSSAO/upload/201304-setembro/pdf/em discussão!_setembro_2013_internet.pdf](http://www.senado.gov.br/NOTICIAS/JORNAL/EMDISCUSSAO/upload/201304-setembro/pdf/em%20discussao!_setembro_2013_internet.pdf)>. Acesso em: 29 out. 2014

VIEIRA, E.V.; LINS, F. A. F. **Concentração de minérios de terras-raras: uma revisão**. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq. 1997. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/publicacao/series_stm/stm-73.pdf> Acesso em: 09 ago.2014.