



MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
Coordenação Geral de Estudos, Projetos e Disseminação da Informação Tecnológica - CEPIT
Diretoria de Patentes - DIRPA



Radar Tecnológico

Terras raras

Rio de Janeiro
2016

Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI
Presidente: Luiz Otávio Pimentel

Diretoria de Patentes - DIRPA
Júlio César Castelo Branco Reis Moreira

Coordenação Geral de Estudos, Projetos e Disseminação da Informação Tecnológica- CEPIT
Alexandre Lopes Lourenço

Divisão de Estudos e Projetos- DIESP
Cristina D’Urso de Souza Mendes Santos

Autores

Flávia Romano Villa Verde
Priscila Rohem dos Santos
Alexandre Lopes Lourenço

Revisão

Irene von der Weid Andrade Oliveira

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Economista Claudio Treiguer - INPI

V712m Villa Verde, Flávia Romano.

Terras raras / Flávia Romano Villa Verde, Priscila Rohem dos Santos e Alexandre Lopes Lourenço; revisão: Irene von der Weid Andrade Oliveira. Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, Diretoria de Patentes - DIRPA, Coordenação Geral de Estudos, Projetos e Disseminação da Informação Tecnológica - CEPIT, Coordenação de Pesquisa em Inovação e Propriedade Intelectual – COPIP, Divisão de Estudos e Projetos- DIESP, 2016.

Radar Tecnológico - n. 12; 13 f.; il.; tabs.

1. Informação Tecnológica – Patente. 2. Informação Tecnológica – Terras raras.
4. Metais de terras raras. I. Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Brasil).
II. Villa Verde, Flávia Romano. III. Santos, Priscila Rohem dos. IV. Lourenço,
Alexandre Lopes. V. Oliveira, Irene von der Weid. VI. Título.

1 INTRODUÇÃO

A Coordenação Geral de Estudos, Projetos e Disseminação da Informação Tecnológica do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI)¹ elabora o Radar Tecnológico, que é um produto que aborda a informação tecnológica de patentes em formato amigável, buscando facilitar seu entendimento e uso efetivo. Este produto tem como foco a análise de tecnologias/setores elencados como prioritários pelo governo brasileiro.

O Radar Tecnológico é apresentado em dois formatos: i) versão resumida, que consiste na apresentação dos resultados por meio de infográfico; e esta ii) versão estendida, que, além dos dados da versão resumida, traz a descrição da metodologia empregada e inferências sobre os resultados apresentados. Ambas as versões estão disponíveis no Portal do INPI¹. O presente Radar Tecnológico tem como escopo acompanhar o desenvolvimento tecnológico das terras raras no mundo e principalmente no Brasil.

1.1 TERRAS RARAS

A nomenclatura terras raras advém do século XXVIII, onde o termo “terras” foi empregado por ser relacionado a óxidos de terras e o termo “raras” pela dificuldade de sua extração, uma vez que, seus elementos estão em baixas concentrações e agregados a minérios. Cabe observar que as terras raras estão distribuídas em vários pontos da crosta terrestre e ocorrem em mais de 250 minerais conhecidos, como exemplo: monazita, bastnaesita e xenotima. Assim, não são raros, na acepção da palavra, alguns são até mesmo mais abundantes que o cobre e o ouro [1].

As terras raras são o conjunto de 17 elementos químicos [2] formados pelo escândio (Sc); ítrio (Y) e o grupo dos lantanídeos: lantânio (La); cério (Ce); praseodímio (Pr); neodímio (Nd); promécio (Pm); samário (Sm); európio (Eu); gadolínio (Gd); térbio (Tb); disprósio (Dy); hólmio (Ho); érbio (Er); túlio (Tm); itérbio (Yb); e lutécio (Lu); que podem apresentar propriedades importantes, como por exemplo, as indicadas na figura 1.



Figura 1. Propriedades dos elementos de terras raras.

¹ <http://www.inpi.gov.br/menu-servicos/informacao/guia-basico-informacao-tecnologica>

A presença dessas propriedades confere seu uso estratégico, devido a sua aplicação em setores de alta tecnologia, conforme apresentado na figura 2. Entre os produtos fabricados pode-se citar, por exemplo, os aparelhos eletroeletrônicos, como telas de cristal líquido para monitores de televisores, *smartphones* e *tablets*; cabos de fibra óptica; catalisadores automobilísticos que diminuem a emissão de gases poluentes na atmosfera; equipamentos médicos; ímãs para geradores de turbinas eólicas e catalisadores para refino do petróleo. Com relação à propriedade magnética, podem-se destacar os ímãs permanentes de samário-cobalto e de neodímio-ferro-boro. O primeiro retém sua resistência magnética a elevadas temperaturas podendo ser empregado, por exemplo, em mísseis guiados e bombas inteligentes. O segundo é o ímã permanente com maior força magnética conhecida e ideal para armamentos militares [3]. A relevância das terras raras na economia mundial se deve ao fato de que o mercado de terras raras movimentava cerca de 4 bilhões de dólares por ano e gera produtos da ordem de 4 trilhões de dólares, indicando um elevado valor agregado [4]. A figura 2 indica, ainda, com o mapa do Brasil as três principais áreas tecnológicas relacionadas ao uso de terras raras para as quais se busca proteção por patente no País.



Figura 2. Exemplos de produtos gerados utilizando terras raras - estão indicados com o mapa do Brasil as três principais tecnologias, utilizando terras raras para quais se busca proteção por patente no País.

Devido aos novos produtos lançados no mercado, a demanda por terras raras vem aumentando ao longo dos anos. A tendência é que uma expansão ainda maior deva ocorrer, dada as atividades de pesquisa e desenvolvimento atualmente conduzidas em áreas consideradas marginais, como por exemplo, tecnologias relacionadas a supercondutores de alta temperatura [3].

Segundo dados do USGS *Geological Survey*, agência científica do governo dos Estados Unidos da América, o Brasil tem em seu território a segunda maior reserva mundial de terras raras, sendo que a primeira e terceira posições pertencem, respectivamente, à China e à Austrália [5].

Apesar da grande variedade de depósitos minerais existentes no Brasil, que apresentariam boas perspectivas para extração de terras raras, o País ainda é dependente de importação destas [6]. Alguns fatores dificultam a extração de terras raras no Brasil, tais como: questões legais, que envolvem o fato de parte das reservas estar em territórios indígenas; a necessidade de licenciamento ambiental para sua exploração e, além disso, a questão ambiental, dada a produção de resíduos radioativos já que os minerais que contém terras raras estão constantemente associados a estes elementos [7].

Assim, a despeito de deter reservas, o Brasil não está entre os principais fornecedores de terras raras. Esse mercado é liderado, respectivamente, pela China, Austrália e Estados Unidos [5]. A China emprega políticas governamentais na cadeia das terras raras há pelo menos 30 anos. A indústria de terras raras na China contou com um programa estatal para desenvolvimento de alta tecnologia, conhecido como Programa 863, que visava o avanço do país através de inovação tecnológica de forma a impulsionar o país economicamente e estrategicamente e com o programa nacional de investigação básica, denominado, programa 973, voltado especificamente ao desenvolvimento da indústria relacionada às terras raras [8].

O cenário das terras raras no mundo mostra a China extremamente forte por dominar mais de 90% da produção mundial de terras raras, fato que permite o controle dos valores no mercado destes elementos. No ano de 2011, os preços de alguns destes elementos subiram até 600% [9], devido a restrições colocadas por parte da China nas exportações de terras raras. Esse fato levou o Japão, os Estados Unidos e a União Europeia a solicitar uma intervenção da Organização Mundial do Comércio (OMC /WTO) em 2012 [10].

Países que têm uma indústria ativa em tecnologias de transformação de terras raras adotam medidas estratégicas. O Japão, por exemplo, busca o uso de materiais substitutos às terras raras e investiu, desde 2010, mais de um bilhão de dólares neste setor. Outra medida do governo japonês é a diversificação de fornecedores de terras raras, buscando na Índia, Vietnã e Brasil parceiros para reduzir a dependência com relação à China. O Japão observa, ainda, a prioridade estratégica da reciclagem de produtos que contém terras raras. De acordo com essa política, 100% dos ímãs de discos rígidos de computadores são reciclados no Japão [11].

No Brasil o setor mineral contribui significativamente no PIB; tanto em valores de exportação quanto da geração de empregos diretos. Algumas projeções indicam, ainda, o crescimento dos mercados de bens minerais, tanto no Brasil como no mundo. O setor mineral exerce papel relevante por ser a base de diversas cadeias produtivas. Assim sendo, o governo busca ações para agregar valor e melhor distribuir os benefícios destas cadeias produtivas [12].

O Governo brasileiro reconhece a importância das terras raras. Destarte, o Plano Nacional de Mineração 2030, PNM 2030, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia, MME, visa apresentar diretrizes gerais para formulação de políticas e planejamento dos setores energético e mineral. Segundo relatório do PNM 2030, as terras raras, são materiais “portadores do futuro”, ou seja, são minerais que deverão crescer em importância por sua aplicação em produtos de alto valor tecnológico e por sua utilização em áreas relativas a “tecnologias verdes²”. O PNM 2030 aponta a necessidade de políticas integradas para as cadeias produtivas do setor mineral, de modo a valorizar os bens minerais extraídos no País [12].

O governo brasileiro, em setembro de 2016, criou o grupo de trabalho interministerial para discutir programa de desenvolvimento da cadeia produtiva de terras raras. A ideia, proposta pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), é verificar quais investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) já foram realizados e identificar o que ainda precisa ser feito para dominar completamente a cadeia produtiva de terras raras no Brasil. O objetivo é que o país não exporte o minério em estado bruto, mas sim produtos intermediários e finais [13]. O país, apesar de se aproximar da autossuficiência produtiva, não fabrica equipamentos de alta tecnologia à base de terras-raras, tais como ímãs de alto desempenho (aplicado em geradores de energia eólica) e catalisadores para o craqueamento do petróleo.

Outra ação do governo brasileiro no ano de 2016 foi o lançamento do edital de fomento “Plano de Desenvolvimento, Sustentabilidade e Inovação do Setor de Mineração e Transformação Mineral”, Inova Mineral. Esta é uma ação conjunta da Finep (Financiadora de Estudos e Projetos) e do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento) com o objetivo de selecionar “planos de investimentos” de empresas brasileiras (podem envolver instituições científicas e tecnológicas - ICTs) com temas relacionados às atividades da cadeia produtiva mineral. O Inova Mineral poderá aplicar recursos estimados em 1,18 bilhões de reais. Este plano tem cinco linhas temáticas, onde uma delas é relativa a “minerais estratégicos portadores de futuro” que abarcam as terras raras, outra linha está relacionada ao uso de tecnologias e processos para redução e mitigação de riscos e impactos ambientais [14].

² O campo de "tecnologia verde" engloba um grupo de métodos e materiais e técnicas de geração de produtos que causem menor impacto ambiental.

1.2 CRITÉRIOS DE BUSCA

Para determinar a estratégia de busca em bases de dados de patentes, é necessário definir: i) o período do monitoramento; ii) a(s) base(s) de dados a ser(em) usada(s); e iii) o enquadramento do setor, de acordo com a Classificação Internacional de Patentes (CIP)³; e iv) palavras-chave mais representativas.

O período estabelecido para este Radar Tecnológico foi de 2000 a 2015 (data de publicação) e foram escolhidas para elaboração deste trabalho as bases do INPI² e do Escritório Europeu de Patentes (EPO)². As tecnologias relacionadas a terras raras podem ser enquadradas em diversas classificações CIPs (Classificação Internacional de patentes), contudo estas CIPs, em sua maioria, são bastante amplas, ou seja, não são exclusivas para tecnologias que incluem elementos de terras raras. Assim, visando minimizar ao máximo a leitura de documentos, optou-se metodologicamente por limitar a estratégia da busca (i) por palavra-chave ou (ii) por classificações específicas de terras raras (CIPs que necessariamente contemplem elementos de terras raras), conforme apresentado no apêndice 1.

A amostra deste Radar Tecnológico relativa a terras raras totalizou mais de 61.000⁴ documentos de patente no mundo e 650 documentos no Brasil.

1.3 RESULTADOS

1.3.1 Concentração de documentos por área tecnológica

A figura 3 apresenta o número de depósitos de patente relativos a terras raras no mundo e no Brasil, bem como a divisão da amostra brasileira por áreas tecnológicas⁵: i) material/solução; ii) catalisadores; iii) magnetismo; e iv) outros, que englobam luminescência, radiação, pigmento e tecnologias relacionadas à extração. Verifica-se que no Brasil há um maior interesse em proteger tecnologias associadas a material/solução com 44% dos documentos; nessa área predominam pedidos sobre metalurgia. A segunda maior área tecnológica protegida no Brasil, com 39% dos pedidos é referente a catalisadores como, por exemplo, os aplicados em olefinas. Cabe observar que na amostra brasileira foram encontrados poucos documentos relativos à recuperação de elementos de terras raras através da reciclagem de materiais como lâmpadas e ímãs.

³ Ver Glossário.

⁴ Os dados foram extraídos das bases (INPI e Escritório Europeu de Patentes) no segundo semestre de 2016.

⁵ A leitura de títulos e resumo foi aplicada aos documentos de patente recuperados na busca de documentos brasileiros.

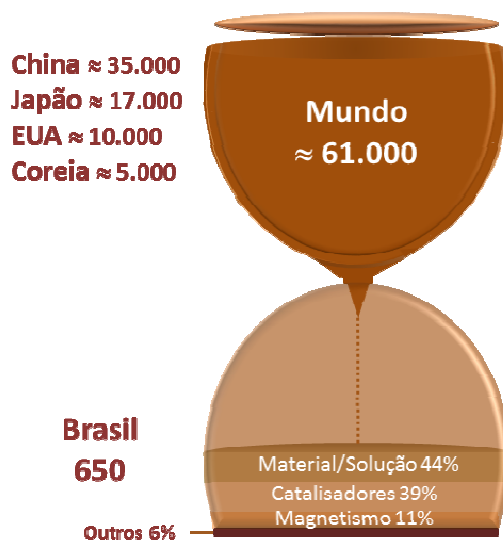


Figura 3: Depósitos de patente relativa a terras raras no mundo e no Brasil. Amostra brasileira dividida por áreas tecnológicas.

Na figura 3 é listado o número de depósitos para os quatro países que mais se destacam com relação às tecnologias associadas a terras raras, que são, respectivamente, China; Japão; EUA; e Coreia. Cabe observar que a China possui mais da metade do número de depósitos relativos terras raras no mundo e o Japão, aproximadamente, um quarto do valor mundial.

A figura 4 apresenta, para o período de 2000 até 2015, o percentual de depositantes residentes (21%) e não residentes (79%) para amostra brasileira.

Essa é a realidade para praticamente todos os campos tecnológicos que são examinados: uma taxa maior de depósitos partindo de estrangeiros. Em alguns casos, isso pode ocorrer devido ao baixo investimento nacional em P&D. Em outros casos, simplesmente acontece pela falta de instituições nacionais no setor.

No caso específico de terras raras deve-se observar que em 2010 houve lançamento de edital de apoio a cadeia produtiva de terras raras pelo CNPq. Um estudo do CGGE [15] apontou a existência de 113 grupos de pesquisa espalhados em 49 instituições brasileiras. Mas, apenas o fato de existir investimento em P&D pode não ter, isoladamente, um efeito direto e positivo no número de depósitos de pedidos de patentes.

Além disso, deve-se considerar também outros pontos relevantes, tais como a questão ambiental, a geração de resíduos radioativos, a existência de minerais contendo elementos de terras raras localizados em áreas habitadas e em reservas indígenas e ainda a questão de um marco regulatório mineral (PL nº 5807/2013) que ainda não estão totalmente resolvidas. Em conjunto estes fatores podem contribuir para o baixo número de pedidos de patentes de residentes no caso específico de terras raras.



Figura 4: Amostra relativa a terras raras no Brasil, dividida em depositantes residentes e não residentes.

A figura 5 apresenta os três elementos de terras raras mais citados⁶ para amostra brasileira, que são, respectivamente, cério; lantânio; e ítrio, além de algumas de suas aplicações mais recorrentes. Cabe observar que estes três elementos também são os de maior destaque na amostra mundial, sendo que o ítrio troca de posição com o lantânio quando considerada a amostra mundial⁷.



Figura 5: Três elementos de terras raras mais citados nos documentos e algumas de suas aplicações.

⁶ Foram lidos apenas os resumos dos documentos.

⁷ Valores para recorrência dos elementos foram obtidos por meio da estratégia de busca utilizando palavras-chave no resumo

1.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- As patentes são indicadores intermediários, situados entre a pesquisa básica e a aplicação de uma tecnologia no mercado. Estudos baseados em patentes tem bom valor preditivo de tecnologias que entrarão no mercado e de países e/ou empresas que dominam a tecnologia em um setor. Através delas é possível verificar se um país está acompanhando o desenvolvimento tecnológico, mostrando seu potencial no mercado e atraindo, assim, possíveis investidores.
- A China domina o depósito de patentes em tecnologias que utilizam terras raras; possuindo mais de 50% dos depósitos no mundo; resultado dos diferentes planos governamentais, que levaram a uma produção de mais de 90% da mineração mundial de terras raras. Assim, empresas que desenvolvem tecnologias que empregam terras raras tendem a migrar e buscar proteção de seus inventos na China.
- Buscar investimentos na área de reciclagem de produtos que contém terras raras tais como imãs; lâmpadas fluorescentes; discos rígidos; e baterias parece ser um caminho interessante, tendo em vista que não é necessário, por exemplo, se envolver com questões relativas ao solo e a manipulação de materiais radioativos.

A reciclagem vai ao encontro dos conceitos modernos de sustentabilidade e economicidade que são extremamente importantes. As lâmpadas fluorescentes, por exemplo, além de conterem elementos de terras raras, possuem em sua composição o mercúrio que é um metal poluente, assim, a reciclagem destas lâmpadas é de extrema importância para o meio ambiente, além de estratégica com relação à recuperação de elementos de terras raras. O Brasil consome por ano cerca de 100 milhões de lâmpadas fluorescentes e recicla cerca de 6% deste valor [16]. As lâmpadas têm até 25% em massa de elementos de terras raras na constituição do pó fosfórico [17] [18].

- Tendo em vista que o Brasil possui a segunda maior reserva de terras raras no mundo, medidas governamentais visando o planejamento e o investimento na cadeia deste setor da mineração são bastante relevantes e se elaboradas de maneira correta podem levar o Brasil a se destacar neste setor, a exemplo da China que teve uma política governamental bastante direcionada por anos e apresenta destaque mundial com relação aos bens tangíveis e intangíveis neste setor.
- Buscar parcerias com países que necessitam de terras raras e que possuem poder de investimento é também uma estratégia buscada. Nesta linha, acordos bilaterais com a Alemanha ou com o Japão já foram propostos como forma de inserir o Brasil no cenário mundial de terras raras [19].

1.5. REFERENCIAS

- [1] LINK: <http://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2013/04/15/pais-entra-na-corrida-pelo-mineral-do-tablet>
- [2] LINK: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/1717/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Elementos%20terra%20raras%20em%20materiais%20derivados%20da%20ind%C3%BAstria%20de%20fosfatos%20no%20Brasil.pdf
- [3] LINK: <http://www2.camara.leg.br/a-camara/altosestudios/temas/temas-2013-2014/terras-raras/EstudoMineraisEstratgicoseTerrasRaras.pdf>
- [4] LINK: <http://www.usp.br/aun/exibir?id=5570>
- [5] LINK: http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earth/raremyb01.pdf
- [6] LINK: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2015>
- [7] LINK: <http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/terras-raras/contexto/inb-cnem-e-cmbb-a-radioatividade-associada-as-terras-raras.aspx>
- [8] LINK: https://en.wikipedia.org/wiki/Rare_earth_industry_in_China
- [9] LINK: <http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/terras-raras/mundo/alta-dos-precos-das-terras-raras-atingiu-seu-apice-e-em-2011.aspx>
- [10] LINK: http://www.em.com.br/app/noticia/tecnologia/2012/03/13/interna_tecnologia,283102/terras-raras-acao-dos-eua-ue-e-japao-contra-a-china-na-omc.shtml
- [11] LINK: <http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/terras-raras/mundo/japao-e-as-alternativas-as-terras-raras-medidas-estrategicas-foram-adotadas-para-manter-as-industrias-com-inovacoes-e-materias-primas-suficientes.aspx>
- [12] LINK: <http://www.agp.org.br/wp-content/uploads/2011/06/planoNacionalMinera.pdf>
- [13] LINK: <http://www.cetem.gov.br/busca?searchword=terras%20raras&searchphrase=all>
- [14] LINK: <http://www.finep.gov.br/APOIO-E-FINANCIAMENTO-EXTERNA/PROGRAMAS-E-LINHAS/PROGRAMAS-INOVA/INOVA-MINERAL>
- [15] LINK: http://www.cgee.org.br/publicacoes/terras_raras.php
- [16] LINK: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v19nspe/1413-4152-esa-19-spe-0021.pdf>
- [17] LINK: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=recuperacao-terras-raras-lampadas-fluorescentes#.WCxNn7IrJtR>
- [18] LINK: http://sustentabilidades.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=13%3Areciclagem-de-lampadas-fluorescentes&Itemid=1
- [19] LINK: <http://embrapii.org.br/embrapii-e-sociedade-fraunhofer-firmam-parceria-de-capacitacao-em-inovacao/>



1.6 GLOSSÁRIO

Este glossário apresenta as convenções utilizadas neste trabalho.

Classificação Internacional de Patentes (CIP): É uma ferramenta de indexação dos documentos de patente, que facilita sua recuperação em bases de dados. Esta classificação foi estabelecida no âmbito da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI/WIPO) e está disponível, em português, no site do INPI <www.inpi.gov.br>.

Data de Publicação: Data em que o documento de patente foi publicado, o que ocorre, normalmente, 18 meses após seu depósito.

Documento de patente: Pedido de patente publicado ou patente concedida.

Escritório Europeu de Patentes (EPO): Órgão com sede em Munique, Alemanha, responsável pela análise e concessão de patentes para os países contratantes da Convenção de Munique sobre a Patente Europeia (<http://www.epo.org/law-practice/legal-texts/epc.html>). O EPO apresenta uma base que abriga documentos de patente de mais de 90 países. Para fazer buscas gratuitas nesta base, acesse o Espacenet pelo link: <<http://worldwide.espacenet.com>>.

Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI): Autarquia federal responsável no Brasil pelos **registros** de marcas, desenhos industriais, indicações geográficas, programas de computador e topografias de circuitos, pelas **concessões** de patentes e pelas averbações de contratos de franquia e das distintas modalidades de transferência de tecnologia. Para fazer buscas gratuitas nas bases de dados do INPI, acesse o portal pelo link: <<http://www.inpi.gov.br>>.

1.7 APÊNDICE 1

Palavras-chave	Classificações e definições
<p>Terra(s) rara(s)</p> <p>Lantanídio (s)</p> <p>Lantanídeo (s)</p> <p>Lantanoide*</p> <p>Lantânio</p> <p>Cério</p> <p>Praseodímio</p> <p>Neodímio</p> <p>Promécio</p> <p>Samário</p> <p>Európio</p> <p>Gadolínio</p> <p>Térbio</p> <p>Disprósio</p> <p>Hólmio</p> <p>Érbio</p> <p>Túlio</p> <p>Itérbio</p> <p>Lutécio</p> <p>Escândio</p> <p>Ítrio</p>	<p>B01J 23/10: Catalisadores compreendendo metais ou óxidos ou hidróxidos de metais não incluídos no grupo B01J 21/00 de terras raras</p> <p>C01F 17/00: Compostos de metais de terras raras, i.e. escândio, ítrio, lantânio, ou do grupo dos lantanídeos</p> <p>C04B 35/40: Produtos modelados de cerâmica caracterizados por sua composição; Composições de cerâmica baseado em óxidos baseado em silicatos diferentes de argila com óxido de terra rara</p> <p>H01F 1/053: Ímãs ou corpos magnéticos caracterizados pelos materiais magnéticos usados; Utilização de materiais específicos devido às suas propriedades magnéticas de materiais inorgânicos de materiais magnéticos duros caracterizado por sua coercividade - Ligas caracterizadas por sua composição contendo metais terras raras.</p>