

**108**

# Série Estudos e Documentos

## **Análise de patentes relacionadas aos elementos terras-raras**

**Rafael de Carvalho Gomes  
Ysrael Marrero Vera  
Lídia Yokoyama**

**CETEM**  
CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL



# **SÉRIE ESTUDOS E DOCUMENTOS**

**Análise de patentes relacionadas aos elementos terras-raras**

## **PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA**

**Jair Messias Bolsonaro**

Presidente

## **MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES**

**Marcos Cesar Pontes**

Ministro de Estado

**Sergio Freitas de Almeida**

Secretário-Executivo

**Alex Fabiano Ribeiro de Magalhães**

Subsecretário de Unidades Vinculadas

**Vanessa Murta Rezende**

Coordenadora-Geral de Unidades de Pesquisa e Organizações Sociais

## **CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL**

**Silvia Cristina Alves França**

Diretora

**Marusca Santana Custodio**

Coordenadora Substituta de Administração - COADM

**Andréa Camardella de Lima Rizzo**

Coordenadora de Planejamento, Gestão e Inovação - COPGI

**Paulo Fernando Almeida Braga**

Coordenador de Processamento e Tecnologias Minerais - COPTM

**Marisa Nascimento**

Coordenadora de Processos Metalúrgicos e Ambientais - COPMA

**Leonardo Luiz Lyrio da Silveira**

Coordenador de Rochas Ornamentais - CORON

**Arnaldo Alcover Neto**

Coordenador de Análises Minerais - COAMI

# SÉRIE ESTUDOS E DOCUMENTOS

ISSN 0103-6319

SED - 108

## **Análise de patentes relacionadas aos elementos terras-raras**

### **Rafael de Carvalho Gomes**

Doutor em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos pelo programa de pós-graduação da Escola de Química/UFRJ. Pesquisador do INPI/MDIC Engenheiro Químico.

### **Ysrael Marrero Vera**

Engenheiro Químico, Doutor em Ciência dos Materiais e Engenharia Metalúrgia pelo programa de pós-graduação da PUC/RJ. Pesquisador do CETEM/MCTI Engenheiro Químico.

### **Lídia Yokoyama**

Engenheira Química, Doutora em Química pelo programa de pós-graduação da PUC/RJ. Prof<sup>ª</sup>. Departamento de Processos Inorgânicos/UFRJ.

**CETEM/MCTI**

2021

# SÉRIE ESTUDOS E DOCUMENTOS

**Carlos Cesar Peiter**

Editor

**Ana Maria Botelho M. da Cunha**

Subeditora

## CONSELHO EDITORIAL

Francisco R. C. Fernandes (CETEM), Gilson Ezequiel Ferreira (CETEM), Alfredo Ruy Barbosa (consultor), Gilberto Dias Calaes (ConDet), José Mário Coelho (CPRM), Rupen Adamian (UFRJ).

A Série Estudos e Documentos publica trabalhos que busquem divulgar estudos econômicos, sociais, jurídicos e de gestão e planejamento em C&T, envolvendo aspectos tecnológicos e/ou científicos relacionados à área minerometalúrgica.

O conteúdo desse trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

**Valéria Cristina de Souza**

Coordenação Editorial

Editoração Eletrônica

CIP – Catalogação na Publicação

---

G633

Gomes, Rafael de Carvalho

Análise de patentes relacionadas aos elementos terras-raras / Rafael de Carvalho Gomes, Ysrael Marrero Vera, Lídia Yokoyama – Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2021.

54p. - (Série Estudos e Documentos; 108).

ISBN 978-65-5919-052-2

1. Terras-raras. 2. Análise de patentes. 3. Extração por solventes. 4. Ácido láctico. I. Vera, Ysrael Marrero. II. Yokoyama, Lídia. III. Centro de Tecnologia Mineral. IV. Série.

CDD 546.41

---

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do CETEM/MCTI  
Bibliotecário(a) Rosana Silva de Oliveira CRB7 - 5849

# SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| RESUMO   | 7  |
| ABSTRACT   | 8  |
| 1   INTRODUÇÃO                                     | 9  |
| 1.1   Mercado Global                               | 10 |
| 1.2   Prospecção Tecnológica                       | 13 |
| 1.3   Análise de Patentes como Fonte de Tendências | 15 |
| 2   METODOLOGIA                                    | 18 |
| 3   RESULTADOS E DISCUSSÕES                        | 23 |
| 3.1   Primeiro Estágio                             | 28 |
| 3.2   Segundo Estágio                              | 37 |
| 3.3   Terceiro Estágio                             | 44 |
| 4   CONSIDERAÇÕES FINAIS                           | 47 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS                         | 50 |



## RESUMO

Os elementos terras-raras (ETR) têm aumentado sua importância no cenário mundial com diversas aplicações na indústria de alta tecnologia. O Brasil possui a segunda maior reserva mundial de ETR e, com isso, apresenta um potencial para se tornar um produtor de compostos compreendendo esses elementos.

Além disso, as terras-raras possuem propriedades químicas similares, o que dificulta a separação delas em elementos individuais. Por isso, técnicas que envolvam a melhoria da eficiência na separação dos ETR vêm sendo estudadas nos últimos anos.

Dentro desse contexto, o presente estudo descreve um panorama mundial sobre as terras-raras com base em um estudo de prospecção tecnológica utilizando a técnica de análise de patentes.

Busca também, de forma mais específica, realizar um mapeamento tecnológico das patentes relacionadas com o método de separação de terras-raras por meio do processo de extração por solventes usando o ácido láctico como agente complexante.

### Palavras-chave

Terras-raras, análise de patentes, extração por solventes, ácido láctico.

## **ABSTRACT**

The rare earth elements (REE) have increased their importance on the world with several applications in the high-tech industry. Brazil has the second largest reserve of rare earths in the world and, therefore, has the potential to become a producer of compounds comprising these elements.

In addition, rare earths have similar chemical properties, which makes it difficult to separate them into individual elements. For this reason, techniques that involve the improvement of REE separation have been studied in recent years.

The present study describes a global panorama on rare earths based on a technological prospecting study using the technique of patent analysis.

More specifically, it seeks to carry out a technological mapping of patents related to the rare earths' separation method through the solvent extraction process using lactic acid as a complexing agent.

### **Keywords**

Rare earths, patents analysis, solvent extraction, lactic acid.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os elementos terras-raras (ETR) são um conjunto de dezessete elementos químicos que compreendem os lantanídeos (número atômico entre 57 e 71, grupo IIIB da tabela periódica, formado pela série entre lantânio (La) e lutécio (Lu)), acrescidos de ítrio (Y) e o escândio (Sc). Dentre esses elementos, destacam-se as terras-raras leves (ETRL), em que os elementos lantânio (La), praseodímio (Pr) e neodímio (Nd) estão incluídos (GUPTA & KRISHNAMURTHY, 2005).

Os ETR têm aumentado substancialmente sua importância no cenário mundial, principalmente devido às suas características e propriedades químicas e físicas que facilitam a modernização de diversos setores como, por exemplo, na fabricação de veículos elétricos e na geração de energia verde de alta performance. Os ETRL são considerados essenciais devido ao crescimento na demanda e na importância deles em diversas aplicações. A demanda pelo elemento neodímio, bastante utilizado nos ímãs permanentes de alta eficiência, é considerada a mais crítica na próxima década (ZHOU, LI & CHEN, 2017). Além disso, destaca-se que embora haja algumas pesquisas sobre o assunto, não há substitutos eficientes para as diversas aplicações dos ETR (GANGULI & COOK, 2018).

Os elementos terras-raras possuem muitas similaridades químicas, e isso gera um grande desafio em separar individualmente esse grupo de elementos, para que, desse modo, eles possam exercer de forma mais vantajosa suas funções em suas respectivas aplicações. A técnica de extração por solventes (SX) é considerada uma operação unitária viável para a etapa de separação de ETR em elementos individuais.

O grande desafio é melhorar a eficiência e seletividade do processo com o objetivo de obter os elementos com elevado grau de pureza (XIE, ZHANG, DREISINGER & DOYLE, 2014). A adição de agentes complexantes à fase aquosa do processo é uma alternativa que pode ser estudada para melhorar o processo de extração por solvente e a separação dos ETR. O ácido láctico é um exemplo de um ácido orgânico biodegradável que pode ser usado com essa finalidade (YIN, WU, BIAN, LUO & ZHANG, 2013; CHANG, LI, LIU, HU & ZHANG, 2010).

O objetivo do presente trabalho foi elaborar panoramas mundiais envolvendo o tema elementos terras-raras por meio de um estudo de prospecção tecnológica a partir da análise de documentos de patentes. De forma mais específica, busca-se também realizar um mapeamento tecnológico das patentes relacionadas com o método de separação de ETR por meio da técnica de extração por solventes utilizando o ácido láctico como agente complexante.

## **1.1 | Mercado Global**

A China, atualmente, possui domínio do mercado com maior produção e quantidade de reservas, com destaque para a região de Bayan Obo localizada na cidade de Baotou. No levantamento do Sumário Mineral da Agência Nacional de Mineração (ANM) de 2017, a China possuía cerca de 42,3% das reservas mundiais e 84,1% da produção mundial dos óxidos de terras-raras.

Como resultado desse protagonismo na produção mundial, a China detém uma espécie de posição de monopólio na mineração e na refinação desses elementos. Além disso, no

início da década de 2010, a China realizou políticas de cotas de exportação, fazendo com que os preços desses elementos disparassem nesse período. A soma desses fatores fez com que a China dominasse o mercado de ETR nos últimos 20 anos (FERNANDEZ, 2017).

No início da década de 2010, a China apresentava ainda maior controle sobre a produção mundial com valores percentuais superiores a 97%, segundo dados do Sumário Mineral de 2009. Com o aumento da demanda global por esses elementos e com a dificuldade em encontrar substituintes eficientes, alguns países começaram a desenvolver uma estratégia de longo prazo para a obtenção desses elementos, com o objetivo de mitigar a dependência do fornecimento da China (JARONI, FRIEDRICH & LETMATHE, 2019).

Existem diversas fontes de elementos terras-raras, sendo que se destacam os minerais bastnasita [(ETR)CO<sub>3</sub>F] e monazita [(ETR)PO<sub>4</sub>] que respondem por 90% da produção de ETR e as areais monazíticas de alta densidade que representam cerca de 5% da produção mundial. Os minerais bastnasita e monazita são ricos em ETR apresentando entre 90-99% em peso desses elementos na composição total de terras-raras (J. LUCAS, P. LUCAS, MERCIER, ROLLAT & DAVENPORT, 2015).

O Brasil possui a segunda maior reserva mundial de ETR totalizando 18,2% das reservas mundiais. As maiores ocorrências brasileiras desses elementos estão em Catalão no estado de Goiás e Araxá no estado de Minas Gerais. Apesar disso, o Brasil ainda não produz ETR em grande escala, sendo dependente de importações (SUMÁRIO MINERAL ANM, 2017).

Atualmente, as exportações brasileiras envolvendo esse tema limitam-se basicamente a exportação do mineral monazita para a China. Considerando que a produção brasileira de compostos químicos compreendendo ETR não é significativa, o consumo aparente atual pode ser mensurado pelas importações brasileiras. Segundo dados extraídos do Comex Stat (Disponível em: <[comexstat.mdic.gov.br/pt/geral](http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral)>. Acesso em: 02 mai. 2020), as importações brasileiras de compostos químicos (compreendendo, por exemplo, óxidos, cloretos e metais) de ETR variou entre 650-2000 toneladas entre os anos de 2015-2019.

Esse valor é bem inferior ao consumo chinês de compostos químicos compreendendo ETR, que foi na faixa de 100000 toneladas no ano de 2016. O Japão, nesse ano, apareceu na segunda posição com um consumo de cerca de 25000 toneladas de compostos. O consumo interno chinês de ETR tem aumentado nos últimos anos. Além de ser o maior produtor e exportador desses elementos, a China também se tornou o maior importador de elementos terras-raras no mundo (SUMÁRIO MINERAL ANM, 2017).

A demanda global por ETR tende a aumentar nos próximos anos, à medida que o mundo passa por uma transição energética. Esse fator somado com o aumento do consumo de ETR pela China poderá forçar uma diversificação da produção. A China já apresenta algumas dificuldades de suprir a demanda interna, principalmente devido ao maior rigor ambiental e às políticas mais severas de repressão à mineração ilegal. O governo chinês pretende limitar a produção de todos os ETR em 140000 toneladas métricas em 2020 (Disponível em: <<https://worldview.stratfor.com/article/geopolitics-rare-earth-elements>>. Acesso em: 25 jun. 2020).

Esse cenário poderá ocasionar um déficit na oferta de ETR no mercado mundial e, conseqüentemente, um aumento nos preços dos produtos, caso não haja uma diversificação na produção global.

Caso o Brasil consiga superar as questões econômicas e tecnológicas, considerando o potencial brasileiro de produção com base na quantidade de reservas lavráveis, seria importante para o país também se tornar um fornecedor mundial confiável. Dessa forma, o país poderia se tornar um potencial exportador de compostos químicos compreendendo ETR, além de suprir o consumo interno e evitar a dependência do monopólio chinês.

## 1.2 | Prospecção Tecnológica

A prospecção tecnológica é usada com o objetivo de apresentar um panorama sobre determinado tema. O estudo do futuro de um processo é fundamental para a tomada de decisões de forma equilibrada e correta. Esse processo é auxiliado por meio do mapeamento dos desenvolvimentos tecnológicos e das inovações científicas que ajudam a influenciar de forma significativa a área de pesquisa, a indústria e a sociedade (MASINI, 2006).

Existem diversos procedimentos para a realização de estudos prospectivos que envolvem tanto métodos quantitativos quanto qualitativos. Caruso e Tigre (2004) descrevem três abordagens lógicas para prospectar o futuro: abordagem baseada em inferência por meio da extrapolação de tendências baseados em modelos teóricos ou empíricos da realidade com base no contexto histórico, a geração sistemática de trajetórias alternativas por meio da construção de cenários em um

processo de contraposição de variáveis e, por último, a abordagem da construção do futuro por consenso baseada em intuição ou cognição coletiva utilizando a visão de especialistas em determinadas áreas com a utilização, por exemplo, de painéis e rodas de discussão

Essas abordagens metodológicas englobam diversas técnicas de prospecção que muitas vezes se relacionam entre si aproveitando conceitos similares envolvendo os procedimentos de monitoramento (*assessment*), previsão (*forecasting*) e visão (*foresighting*). Segundo Firat (2008), o conceito de forecasting abrange tentativas intencionais e sistemáticas de antecipar e entender a direção, taxa, características e efeitos de mudanças tecnológicas e o foresighting tem o objetivo de integrar o planejamento estratégico de uma instituição, os estudos de futuro e as estruturas organizacionais para gerar sinergia nos processos de inovação.

O monitoramento tecnológico consiste na coleta, análise e validação de informação sobre desenvolvimento científico e tecnológico em uma certa área de interesse definida para dar suporte a uma ação ou decisão específica. Esse processo pode ser pontual, em que é iniciado e concluída com uma finalidade específica, ou um processo contínuo e interativo. O método de análise de patentes relaciona-se diretamente com esse conceito de monitoramento com os objetivos de entender as forças que orientam o futuro, antecipar e entender o percurso das mudanças, subsidiando, assim o processo de tomada de decisão em ciência, tecnologia e inovação (ANTUNES & MAGALHÃES, 2008).

Conhecer as tendências internacionais da área é de suma importância para o melhor aproveitamento dos investimentos nacionais públicos ou privados. Nesse cenário, busca-se identificar importantes panoramas do setor por meio de uma técnica de patentometria.

### **1.3 | Análise de Patentes como Fonte de Tendências**

O número de depósito de patentes de um país em uma determinada área é um importante índice para aferir o desenvolvimento científico naquele setor e para definir qual parte do segmento está em crescimento. As patentes, portanto, além de protegerem determinada invenção do ponto de vista econômico e legal, também têm por finalidade ser fonte de informação tecnológica e podem ser utilizadas na realização de pesquisas e para solucionar diversos problemas.

As patentes protegem as invenções que de forma geral podem ser definidas como uma nova solução para um determinado problema técnico. Isso envolve desde invenções extremamente revolucionárias que mudam completamente o cenário tecnológico em um determinado segmento da sociedade até aperfeiçoamentos de determinada técnica já existente que envolva uma atividade inventiva.

A partir do momento do deferimento da patente, o seu titular possui os direitos exclusivos sobre aquela invenção durante um tempo determinado. Ele pode impedir qualquer terceiro, no território coberto pela patente, de produzir, usar, vender ou importar a invenção. No Brasil, quando o prazo determinado dessa patente se encerra, geralmente vinte anos a partir da data de depósito, o conteúdo torna-se domínio público (ANTUNES & MAGALHÃES, 2008).

A análise de patentes apresenta particularidades que tornam essa técnica de prospecção vantajosa na avaliação de inovações de um determinado campo tecnológico. A patente para ser concedida precisa ser nova e inventiva, portanto, até o momento do depósito da mesma, os dados fornecidos no documento patentário não podem ser encontrados em nenhuma outra fonte. Além disso, com algumas exceções, os dados fornecidos nas patentes são de livre acesso e gratuito para o público (SOUZA, 2015; DOU, 2004).

Destaca-se também que a análise dos dados de patentes está correlacionada com as inovações e tendências tecnológicas de uma determinada área, sendo possível a detecção de forma indireta do ciclo de vida de uma tecnologia. Conforme o número de depósito de patente cresce, há uma tendência que aquele segmento da tecnologia também esteja em crescimento até chegar em uma fase de maturidade que é acompanhada da estabilização do número de patentes, seguido por fim da fase de declínio da tecnologia que se relaciona também com o decréscimo do depósito de patentes (HAUPT, KLOYER & LANGE, 2007).

As patentes precisam ser depositadas em cada país em que o requerente deseja proteção, não existindo uma patente mundial que seja considerada em mais de um lugar. Por isso, a necessidade de haver mecanismos que facilitem a uniformização e recuperação de determinadas informações. Para isso, existem duas classificações que são adotadas na maior parte dos países: Classificação Internacional de Patentes (IPC, na sigla em inglês) e Classificação Cooperativa de Patentes (CPC, na sigla em inglês).

A classificação internacional de patentes ou IPC foi definida pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI ou WIPO, na sigla em inglês), uma entidade integrante da Organização das Nações Unidas durante o Acordo de Estrasburgo em 1971. As áreas tecnológicas são divididas entre as classes A e H e há subdivisões em subclasses, grupos principais e grupos auxiliares em um sistema hierárquico. A classificação cooperativa de patentes ou CPC é uma extensão da IPC mais detalhada e é administrada pelo Escritório Europeu de Patentes (EPO, na sigla em inglês) e pelo Escritório de Patentes e Marcas dos Estados Unidos (USPTO, na sigla em inglês). As classificações são dinâmicas sofrendo atualizações anualmente de acordo com o avanço das tecnologias.

## 2 | METODOLOGIA

O método prospectivo selecionado para essa etapa do trabalho foi baseado na análise de patentes ou patentometria, que tem por objetivo identificar atividades de inovação e tecnologias recentes estudadas nos países a partir das informações contidas dos documentos patentários. Por meio dessa análise, busca-se identificar um panorama global do setor estudado.

Essa fase do estudo pode ser dividida em duas etapas: a etapa pré-prospectiva que é realizada por meio de um levantamento prévio de informações e que compreende determinadas ações como, por exemplo, a definição de uma ferramenta de busca e de um grupo de palavras-chaves pertinentes ao tema e a segunda etapa dessa fase compreende uma etapa prospectiva com análise dos dados e resultados coletados durante a etapa anterior.

Para a coleta de dados foi realizada uma avaliação preliminar de diversas bases de patentes que contém dados de vários bancos patentários. A ferramenta de busca e análise escolhida para o presente estudo para a coleta das informações foi o “*Patent Inspiration*” (Disponível em: <[www.patentinspiration.com](http://www.patentinspiration.com)>. Acesso em: 06 mar. 2019).

O banco de dados do “*Patent Inspiration*” é baseado em uma das bases de dados mais utilizada comercialmente, a DOCDB do Escritório Europeu de Patentes e contém dados bibliográficos de mais de 102 países, sendo atualizado semanalmente. Os dados bibliográficos dessa ferramenta incluem opções de busca por títulos, resumos, depositantes, inventores, classificação internacional das patentes (IPC), dentre outros. Além disso, esse website promove o acesso a

informações relevantes sobre os documentos patentários, uma vez que parte das suas consultas são disponibilizadas de forma gratuita.

A partir dessa análise prévia apresentadas, optou-se por selecionar as palavras-chaves na Tabela 1. Durante o processo, foram utilizadas as palavras-chaves em inglês que abrange a grande maioria das patentes publicadas. No entanto, foram selecionados também os termos em português com o objetivo de encontrar os documentos patentários brasileiros que foram depositados somente no Brasil.

**Tabela 1.** Palavras-chaves selecionadas.

| Inglês             | Português              |
|--------------------|------------------------|
| Rare earths        | Terras-raras           |
| Light rare earths  | Terras-raras leves     |
| Lanthanum          | Lantânio               |
| Praseodymium       | Praseodímio            |
| Neodymium          | Neodímio               |
| Solvent extraction | Extração por solventes |
| Lactic acid        | Ácido láctico          |

Primeiramente, buscou-se englobar o tema central da pesquisa com a escolha das palavras-chaves “terras-raras” e “terras-raras leves”. Foram selecionados também os termos “lantânio”, “praseodímio” e “neodímio” com objetivo de encontrar documentos patentários que se relacionam com o tema do presente estudo, e que não, necessariamente, utilizaram o termo terras-raras no seu escopo.

A busca por “extração por solventes” tem como objetivo mapear o número de patentes relacionadas com o termo terras-

raras e essa técnica de separação desses elementos. Do mesmo modo, por último, foi utilizado o termo “ácido láctico” com a finalidade de restringir aos processos que englobam o uso desse agente complexante em tais métodos de separação envolvendo os ETR.

A pesquisa foi realizada a partir da busca de patentes depositadas até a data de 31/12/2019. Destaca-se que as expressões foram buscadas em “título, resumo e quadro reivindicatório”, evitando a busca no “relatório descritivo” para não abranger um número grande de patentes, que poderia incluir muitos documentos que não se enquadram no tema.

Um documento de patente divide-se pelo menos em: resumo, quadro reivindicatório e relatório descritivo. O quadro reivindicatório é a base legal da proteção patentária sendo, portanto, a redação dessa parte a de maior importância na elaboração de um pedido de patente. O relatório descritivo é muito mais amplo, podendo conter descrição do estado da técnica e o detalhamento da invenção com exemplos e informações, sendo o resumo o sumário do que foi exposto no relatório descritivo.

Destaca-se também o estudo prévio que foi realizado nesse trabalho sobre os grupos da IPC que se correlacionam com o tema específico do presente estudo: separação de elementos terras-raras por extração por solventes.

Esse sistema de categorização divide as áreas tecnológicas nas classes A a H, sendo que dentro de cada classe há subclasses, grupos principais e subgrupos, por meio de um sistema hierárquico. A Tabela 2 demonstra as classificações que foram selecionadas como relevantes para o tema do presente estudo nessa análise preliminar.

A classificação C22B ('Produção ou refino de metais') pode ser detalhada nos grupos principais: C22B 3/00 ('Extração de compostos metálicos de minérios ou concentrados por processos a úmido') e C22B 59/00 ('Obtenção de metais terras-raras'). Por sua vez, o grupo principal C22B 3/00 pode ser detalhado nos grupos C22B 3/20 ('Tratamento ou purificação de soluções') que engloba a classificação C22B 3/26 ('por extração líquido-líquido usando compostos orgânicos') que pode ser mais detalhada ainda na C22B 3/38 ('contendo fósforo'). Além disso, destaca-se também a classificação B01D ('Separação') que engloba o grupo principal B01D 11/00 ('Extração com solventes') que pode ser detalhada em B01D 11/04 ('de soluções líquidas').

**Tabela 2.** Grupos da IPC considerados relevantes em uma análise prévia.

---

| IPC   |
|---|
| C22B 3/00 - Extração de compostos metálicos de minérios ou concentrados por processos a úmido |
| C22B 3/20 - Tratamento ou purificação de soluções   |
| C22B 3/26 - por extração líquido-líquido usando compostos orgânicos                           |
| C22B 3/38 - contendo fósforo  |
| C22B 59/00 - Obtenção de metais terras-raras  |
| B01D 11/00 - Extração com solventes   |
| B01D 11/04 - de soluções líquidas   |

---

Fonte: Disponível em: <[www.ipc.inpi.gov.br](http://www.ipc.inpi.gov.br)>. Acesso em: 02 mar. 2020.

Após essa fase pré-prospectiva, inicia-se a etapa prospectiva propriamente dita em que o conhecimento sobre assunto é gerado. Por meio da coleta de dados, a análise dos documentos encontrados e a consolidação das informações

resultam na prospecção sobre os elementos terras-raras. Nesse conjunto de pesquisas são observados o ano de depósito, a análise geográfica, os maiores depositantes e as classificações internacionais de patentes (IPC) correlacionadas com os documentos patentários encontrados.

Durante essa fase prospectiva, a análise das patentes foi realizada em três estágios. Primeiro, foi realizada uma compreensão geral sobre as patentes depositadas contendo como foco uma análise macro sobre as terras-raras leves (lantânio, praseodímio e neodímio), incluindo nesse caso patentes compreendendo os produtos contendo ETRL, uso desses elementos em determinadas aplicações e processos de produção e separação desses elementos.

O segundo estágio do estudo buscou restringir a análise aos documentos que englobam a técnica de extração por solventes e os elementos terras-raras. E, por último, o terceiro estágio tem como objetivo restringir ao máximo a pesquisa com a adição do termo “ácido láctico” e, desse modo, fazer uma análise mais criteriosa por meio da leitura e do estudo de cada patente de interesse selecionada.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a definição das palavras-chaves, busca-se os documentos em comum por meio do cruzamento dos termos. A Tabela 3 mostra os cruzamentos realizados na aplicação do método de análise de patentes para o presente estudo e o número de patentes encontradas em cada caso.

Os operadores booleanos 'AND' e 'OR' foram utilizados durante a análise com o objetivo de obter as diferentes combinações das palavras-chaves. O operador 'AND' pesquisa pela interseção entre os termos selecionados e o operador 'OR' pesquisa os documentos que possuem um ou o outro termo, não contabilizando os documentos em comum. O uso das aspas nas palavras tem o objetivo de procurar uma expressão exata na ordem exata.

O asterisco (\*) é utilizado no final de um termo como um caractere curinga. Por exemplo, quando o termo "*rare earth*" é buscado, a ferramenta fornece os resultados para "*rare earth*" e "*rare earths*".

Durante a busca foi selecionada a opção para contabilizar somente uma patente de uma mesma família ("*show only one per family*"). A família de uma patente é um conjunto de patentes depositadas em diversos países para proteger uma única invenção, ou seja, é a mesma invenção requerida pelos mesmos inventores e depositada em mais de um país. São documentos patentários diferentes, mas com o mesmo conteúdo.

A estratégia de busca e dos cruzamentos dos termos selecionados foi iniciada com uma pesquisa das palavras-chaves de forma individual em inglês e em português.

Os operadores booleanos 'AND' e 'OR' foram utilizados durante a análise com o objetivo de obter as diferentes combinações das palavras-chaves. O operador 'AND' pesquisa pela interseção entre os termos selecionados e o operador 'OR' pesquisa os documentos que possuem um ou o outro termo, não contabilizando os documentos em comum. O uso das aspas nas palavras tem o objetivo de procurar uma expressão exata na ordem exata.

O asterisco (\*) é utilizado no final de um termo como um caractere curinga. Por exemplo, quando o termo "*rare earth*\*" é buscado, a ferramenta fornece os resultados para "*rare earth*" e "*rare earths*".

Durante a busca foi selecionada a opção para contabilizar somente uma patente de uma mesma família ("*show only one per family*"). A família de uma patente é um conjunto de patentes depositadas em diversos países para proteger uma única invenção, ou seja, é a mesma invenção requerida pelos mesmos inventores e depositada em mais de um país. São documentos patentários diferentes, mas com o mesmo conteúdo.

A estratégia de busca e dos cruzamentos dos termos selecionados foi iniciada com uma pesquisa das palavras-chaves de forma individual em inglês e em português.

Inicialmente foi buscada a expressão "terras-raras", representada pela busca (III) da Tabela 3.

**Tabela 3.** Cruzamento das palavras-chaves.

| Busca       | Cruzamento                                     | Resultados    |
|-------------|--|---------------|
| (I)         | ("rare earth*")                                | 96.586        |
| (II)        | ("terras-raras" OR "terras raras")             | 84            |
| (III)       | (I) OR (II)                                    | 96.670        |
| (IV)        | ("light rare earth*")                          | 926           |
| (V)         | ("terras-raras leves" OR "terras raras leves") | 3             |
| (VI)        | (IV) OR (V)                                    | 929           |
| (VII)       | (lanthanum OR praseodymium OR neodymium)       | 47.236        |
| (VIII)      | (lantânio OR praseodímio OR neodímio)          | 142           |
| (IX)        | (VII) OR (VIII)                                | 47.371        |
| <b>(X)</b>  | <b>(VI) OR (IX)</b>                            | <b>48.112</b> |
| (XI)        | (I) AND ("solvent extraction")                 | 254           |
| (XII)       | (II) AND ("extração por solvente*")            | 2             |
| (XIII)      | (VII) AND ("solvent extraction")               | 55            |
| (XIV)       | (VIII) AND ("extração por solvente*")          | 1             |
| <b>(XV)</b> | <b>(XI) OR (XII) OR (XIII) OR (XIV)</b>        | <b>281</b>    |
| (XVI)       | (XI) AND ("lactic acid")                       | 2             |
| (XVII)      | (XII) AND ("ácido láctico")                    | 1             |
| (XVIII)     | (XII) AND ("lactic acid")                      | 0             |
| (XIX)       | (VIII) AND ("ácido láctico")                   | 1             |
| <b>(XX)</b> | <b>(XVI) OR (XVII) OR (XVIII) OR (XIX)</b>     | <b>3</b>      |

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados coletados na base *Patent Inspiration*.

No termo em português, pesquisou-se a expressão “terras-raras” ou “terras raras” com o objetivo de abranger os documentos que contem qualquer uma das grafias. Foram encontradas 96.670 patentes englobando um universo amplo e encontrando diversos documentos não diretamente relacionados com o tema de interesse.

A estratégia de busca e dos cruzamentos dos termos selecionados foi iniciada com uma pesquisa das palavras-chaves de forma individual em inglês e em português. Inicialmente foi buscada a expressão “terras-raras”, representada pela busca (III) da Tabela 3. No termo em português, pesquisou-se a expressão “terras-raras” ou “terras raras” com o objetivo de abranger os documentos que contem qualquer uma das grafias. Foram encontradas 96.670 patentes englobando um universo amplo e encontrando diversos documentos não diretamente relacionados com o tema de interesse.

Após essa estratégia, foi realizada a busca da expressão “terras-raras leves” representada pelo número (VI) da Tabela 3. Essa pesquisa encontrou um número bem mais restrito de documentos, sendo 929 no total. Com a finalidade de obter patentes que se relacionam com o tema do presente estudo, e que não necessariamente, utilizaram o termo terras-raras leves no seu contexto, elaborou-se também uma estratégia buscando os termos “lantânio ou praseodímio ou neodímio”. Essa busca é representada pelo número (IX) da Tabela 3 e apresentou como resultado 47.371 documentos patentários. A união dessas duas estratégias de busca gerou o universo de patentes selecionadas para o primeiro estágio dos resultados da etapa prospectiva.

Para o presente estudo, dividiu-se a fase prospectiva em três estágios, com o objetivo de primeiramente obter uma visão macro sobre as patentes relacionadas com o tema terras-raras leves (primeiro estágio). Depois, a busca foi restrita para a temática envolvendo os documentos patentários relacionados com o processo de extração por solventes e os ETR (segundo estágio). Por fim, delimitou-se a busca para os documentos que também apresentassem o uso do ácido láctico (terceiro estágio).

No primeiro estágio, foi analisado as patentes relacionadas com o tema central do estudo: as terras-raras leves, resultando na busca (X) da Tabela 3 em que foram encontrados 48.112 documentos. Essa busca engloba os termos: (*“light rare earth\*”*) OR (*lanthanum OR praseodymium OR neodymium*), e a respectiva busca em português (“terras-raras leves” OR “terras raras leves”) OR (lantânio OR praseodímio OR neodímio).

A estratégia para o segundo estágio encontra-se na busca número (XV) da Tabela 3. Foram encontradas 281 patentes compreendendo o cruzamento das palavras-chaves: (*“rare earth\*”*) AND (*“solvent extraction”*) OR ((*lanthanum OR praseodymium OR neodymium*) AND (*“solvent extraction”*)), e a respectiva busca em português ((“terras-raras” OR “terras raras”) AND (“extração por solvente\*)) OR ((lantânio OR praseodímio OR neodímio) AND (“extração por solvente\*”).

O terceiro estágio da estratégia de busca adiciona o termo ácido láctico à pesquisa do segundo estágio. O objetivo desse estágio não é realizar uma análise macro sobre as patentes encontradas, e sim, realizar um exame mais restrito por meio do estudo de cada documento patentário. Essa estratégia está representada pelo número (XX) da Tabela 3, em que foram

encontrados três documentos. A busca englobou os termos (“*rare earth\**”) AND (“*solvent extraction*”) AND (*lactic acid*)) OR ((*lanthanum* OR *praseodymium* OR *neodymium*) AND (“*solvent extraction*”) AND (*lactic acid*)), e a respectiva busca em português (“*terras-raras*” OR “*terras raras*”) AND (“*extração por solvente\**”) AND (*ácido láctico*)) OR ((*lantânio* OR *praseodímio* OR *neodímio*) AND (“*extração por solvente\**”) AND (*ácido láctico*)).

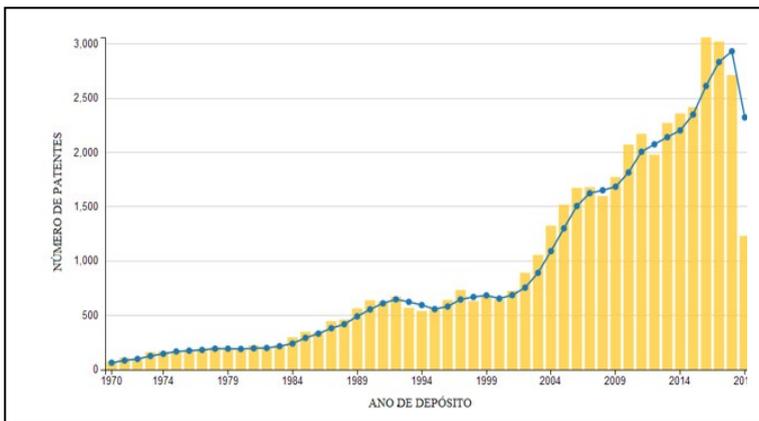
### 3.1 | Primeiro Estágio

#### 3.1.1 | Evolução temporal

A tecnologia envolvendo elementos terras-raras é bastante antiga. Carl Auer von Welsbach, um cientista e inventor austríaco, foi o autor da primeira patente envolvendo esse tema em 1885. Ele patenteou um manto de luz a gás usando uma mistura química de óxido de magnésio, óxido de lantânio e óxido de ítrio (BUNZLI E PECHARSKY, 2018). A partir da década de 70 do século XX, um número mais significativo de documentos patentários envolvendo ETRL começou a ser depositado. A Figura 1 apresenta a distribuição das patentes do cenário (X) da Tabela 3 de acordo com o ano do seu depósito a partir de 1970. Por meio dessa distribuição, nota-se que a maioria dos depósitos de patentes cresceram bastante a partir dos anos 2000, com pico no ano de 2016.

Nesse ano de 2016 foram depositados 3060 documentos patentários compreendendo os elementos terras-raras leves. Essa análise corrobora para inferir que apesar de ser um tema antigo com patentes depositadas desde o século XIX, trata-se de um tópico com crescimento de interesse global. Uma vez que os documentos patentários são uma fonte de tendência

tecnológica, o crescimento do número de depósitos nas últimas décadas é um indício de que a importância desses elementos no mercado vem crescendo. Entende-se que uma das causas desse aumento seria a ampliação das aplicações de ETRL na indústria moderna, na produção de alta tecnologia, somada com a dificuldade em se obter substitutos eficientes para esses elementos.



Fonte: Patent Inspiration (2020).

**Figura 1.** Distribuição anual dos pedidos de patentes depositados do cenário (X).

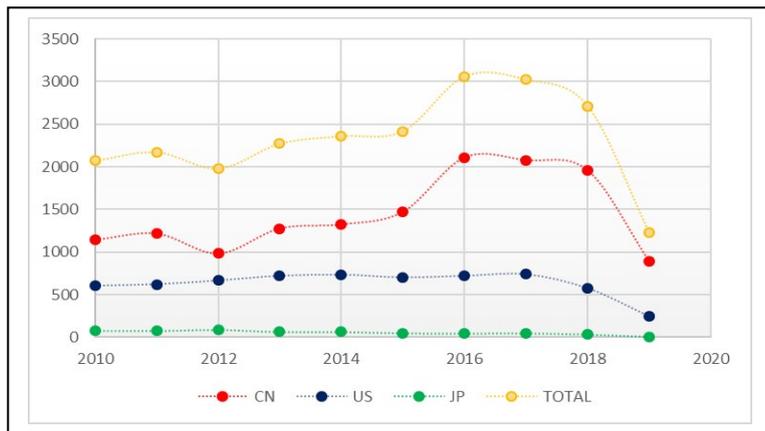
Devido a esse comportamento, optou-se também por uma análise mais centrada nos últimos 20 anos (2000-2019) que resultou em um valor de 36206 patentes depositadas. Esse número corresponde a 75% das 48.112 patentes encontrados no cenário (X).

A partir de 2011, houve um aumento ainda maior do número de patentes depositadas. Os anos de 2011-2019 representam aproximadamente 45% do número de patentes de todo o

cenário (X). O início da década de 2010 ficou marcado por um aumento desproporcional do preço das terras-raras chinesas fazendo com que alguns países, como o Brasil, buscasse um investimento maior em pesquisa no setor. Entende-se ainda que a queda de patentes depositadas no ano de 2019 é reflexo de uma possível falta de atualização no banco de dados, visto que são documentos muito recentes e também devido ao período de sigilo que as patentes se submetem entre o depósito e a publicação.

### 3.1.2 | Análise geográfica

A Figura 2 revela os países de origem com maior número de depósitos de patentes relacionadas à busca (X) entre os anos 2010-2019.



Fonte: Elaboração própria com base em dados coletados em Patent Inspiration (2020).

**Figura 2.** Distribuição dos pedidos de patentes do cenário (X) por país de origem.

Para os documentos patentários da mesma família que foram depositados em vários países, somente foi considerado o país de origem do pedido.

A China domina o número de patentes depositadas, seguida por Estados Unidos e Japão. Durante esse período, 62% das patentes buscadas no cenário (X) foram depositadas originalmente na China. Esse domínio chinês nessa área de propriedade industrial relacionada ao tema de ETRL reflete também o controle do mercado de terras-raras no mundo pela China.

Segundo dados do Sumário Mineral de 2017 da ANM, a China possui cerca de 42,3% das reservas mundiais desses elementos e é líder na produção mundial, com um total de 84,1% dos óxidos de terras raras produzidos em 2016. Em relação ao consumo, a China consumiu cerca de 60-70% do total mundial de óxidos de terras raras, seguida pelo Japão (15-20%). Esse resultado corrobora com a análise do domínio chinês no mercado de ETR, tanto na produção como no consumo.

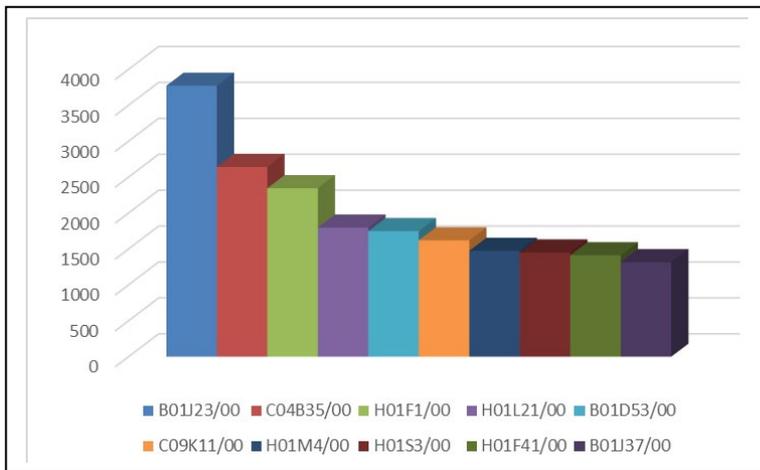
Em relação às patentes depositadas originalmente no Brasil, há uma tendência de crescimento do número de patentes depositadas a partir de 2010, ano em que houve um aumento desproporcional do preço das ETR chinesas impactando uma movimentação no mercado de terras-raras de forma geral. O pico de patentes depositadas no Brasil ocorreu no ano de 2017 com um total de onze documentos. Considerando o universo de pesquisa 2011-2019, há um total de 56 pedidos de patentes brasileiros encontrados, ou seja, 74% do total de patentes depositadas no Brasil foram nesse período.

O Brasil, apesar de ainda não produzir elementos terras-raras em grande escala, possui a segunda maior reserva mundial de ETR com 18,2% (Sumário Mineral, 2017). Isso revela a importância do estudo desse tema para o país que apresenta um potencial mercado de produção interna para atender a necessidade local e se tornar um possível fornecedor mundial.

### 3.1.3 | Classificação internacional de patentes

Em relação à área técnica a qual pertence os documentos publicados, a Classificação Internacional de Patentes (IPC) é a ferramenta utilizada para esta identificação. O gráfico representado na Figura 3 demonstra as dez classificações mais relevantes relacionadas com a busca (X) da Tabela 3. Nessa análise foram considerados somente os grupos principais (com término /00) sem expandir para os subgrupos.

As classificações mais pertinentes são diretamente relacionadas com o uso das ETRL em importantes aplicações desses elementos. A IPC que mais aparece nos 48112 documentos buscados, refere-se aos catalisadores compreendendo tais elementos (B01J 23/00). Essa classificação foi encontrada em 3773 patentes, representando um total de 7,8% dos documentos. Os catalisadores também aparecem na décima posição, com a classificação B01J 37/00 em 1316 documentos patentários, representando 2,7% da busca (X).



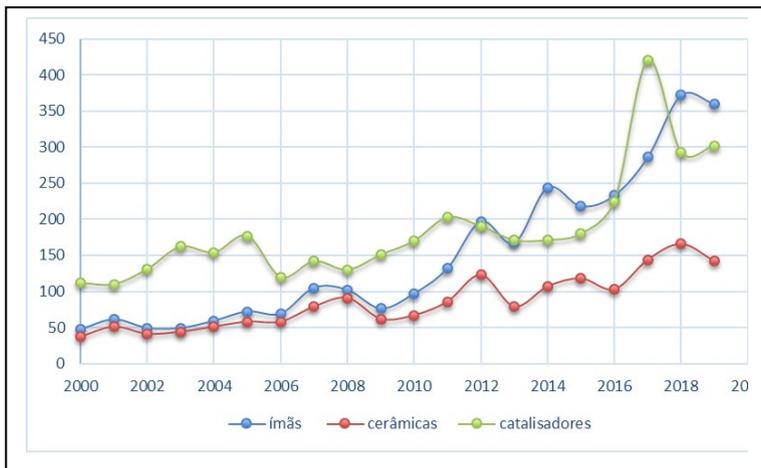
Fonte: Elaboração própria com base em dados coletados em Patent Inspiration (2020).

**Figura 3.** Principais IPC relacionadas à busca (X).

Produtos moldados de cerâmicas (C04B 35/00) e ímãs ou corpos magnéticos (H01F 1/00) também aparecem com destaque em, respectivamente, 2642 (5,5%) e 2346 (4,9%) documentos. Os ímãs são encontrados também na nona posição na classificação H01F 41/00 em um total de 1413 patentes (2,9%). Ressalta-se que as classificações em um pedido de patente não são exclusivas, podendo um documento patentário ter mais de uma IPC relacionada.

O número relevante de patentes nessas aplicações reflete um importante cenário sobre o consumo de ETRL. A utilização de ETR em catalisadores e em ímãs permanentes representou quase 50% do consumo desses elementos no mundo no ano de 2015 (Zhou et al., 2015).

Entende-se que esse cenário não deve mudar muito na próxima década, pois as aplicações de terras-raras que mais crescem no mercado são justamente as usadas em tecnologias com alto desempenho desses elementos, como por exemplo, na geração de energia eólica (por meio do uso de ímãs permanentes) e em diversas reações de catálise, como por exemplo, no craqueamento catalítico na indústria do petróleo que transforma as frações mais pesadas em outras mais leves por meio da quebra das moléculas dos compostos (por meio do uso de catalisadores de zeólitas contendo ETR).



Fonte: Evolução dos pedidos de patentes do cenário (X) por aplicação das ETR ao longo do século XXI.

**Figura 4.** Principais IPC relacionadas à busca (X).

A Figura 4 ratifica esse panorama, visto que na evolução das patentes depositadas nos últimos vinte anos, há uma clara tendência de crescimento dos documentos relacionados com os ímãs (H01F 1/00 e H01F 41/00) e com os catalisadores

(B01J 23/00 e B01J 37/00). Essa tendência de crescimento não é igual para os documentos patentários relacionados com as cerâmicas (C04B 35/00).

As classificações pré-selecionadas (C22B59/00, C22B3/00 e B01D11/00) como relevantes para o presente estudo envolvendo o processo de produção e separação de ETR por meio da técnica de extração por solventes aparecem respectivamente em 0,94%, 0,59% e 0,08% dos 48.112 documentos compilados na busca (X).

### 3.1.4 | Depositantes

A grande maioria dos depositantes de pedidos de patentes relacionadas com a busca (X) da Tabela 3 são conglomerados de multinacionais. Somente uma universidade, a chinesa Sichuan Normal University, aparece no ranking dos dez maiores depositantes.

Entende-se que esse resultado era esperado, visto que como foi analisado na Figura 4, a grande maioria das patentes depositadas relacionadas a busca (X) do presente estudo referem-se a produtos comerciais compreendendo os ETRL. É possível inferir ainda que existe um grande interesse comercial nas invenções relacionadas a essa área devido à grande participação desses conglomerados multinacionais nos principais depositantes.

Dentre as companhias multinacionais presentes no ranking, nota-se uma companhia chinesa (China Petrochemical Corporation) com 517 patentes depositadas, duas multinacionais americanas (General Electric Company e a IBM) com, respectivamente, 508 e 258 documentos, três empresas

japonesas (Toshiba, Panasonic Corporation e Seiko Epson Corporation) com, respectivamente, 387, 340 e 203 patentes depositadas, uma multinacional coreana (Samsung Electronics Co. Ltd) apresentando 359 documentos, um conglomerado multinacional holandês (Philips) com 194 patentes e uma líder mundial em produção na área química, a alemã BASF com 178 documentos depositados.

A China Petrochemical Corporation, primeira colocada no ranking, está sediada em Pequim na China, sendo um dos maiores conglomerados de refino de petróleo e gás no mundo. O fato de uma empresa chinesa ocupar o primeiro lugar entre os depositantes somado com fato da China ser o único país que apresenta uma universidade entre os maiores depositantes do mundo, corrobora com o cenário de que esse país apresenta domínio mundial na produção e pesquisa de elementos terras-raras. As principais classificações que aparecem nos documentos patentários dessa empresa são relacionadas com os catalisadores compreendendo ETRL: B01J 23/00 (175 patentes) e B01J 29/00 (121 patentes).

Dentre as classificações internacionais de patentes correlacionadas com os documentos encontrados nas demais empresas mais relevantes do ranking, destaca-se: a General Electric Company e a IPC C09K 11/00 (84 patentes) compreendendo o tema materiais luminescentes e a Toshiba compreendendo também a IPC C09K 11/00 (67 patentes) e a H01L 21/00 (64 patentes) que corresponde ao tema “processos ou aparelhos especialmente adaptados para a manufatura ou tratamento de dispositivos semicondutores ou de dispositivos de estado sólido ou de partes dos mesmos”. A IPC H01L 21/00 aparece com destaque também nos documentos depositadas pela Samsung (117 patentes).

As classificações compreendendo os ímãs permanentes (H01F 1/00 e H01F 41/00), uma importante aplicação dos ETR, é bem espalhada entre diversos depositantes, com destaque para as universidades chinesas e as empresas multinacionais que se relacionam com diversas áreas tecnológicas, como por exemplo, a Seiko (27 patentes), General Electric (26 patentes), Panasonic (23 patentes) e Toshiba (17 patentes).

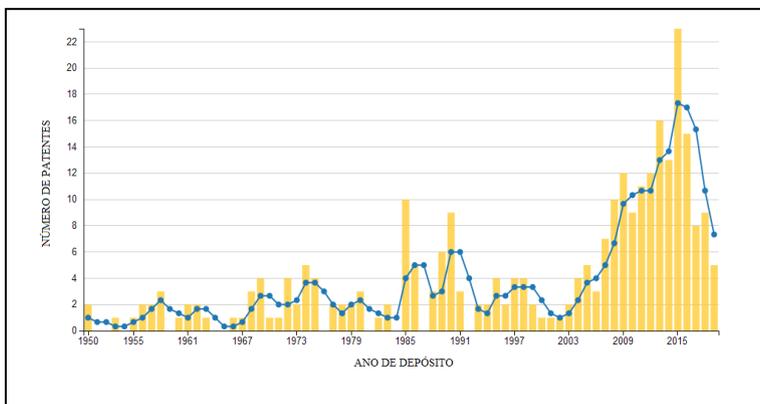
Em relação às patentes originalmente depositadas no Brasil, há uma maioria de depósitos feitos por pessoas físicas (50%). Dentre as pessoas jurídicas, há um equilíbrio entre depósitos realizados por empresas privadas (26%) e patentes depositadas por empresas públicas, incluindo universidades e centros de pesquisa (24%). Dentre os maiores depositantes brasileiros relacionados com a busca (X) da Tabela 3, destacam-se o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) e a Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobrás), cada um com três documentos patentários depositados originalmente no Brasil.

## 3.2 | Segundo Estágio

### 3.2.1 | Evolução temporal

O segundo estágio do presente estudo envolve a análise das patentes relacionadas com o cenário (XV) da Tabela 3, que engloba os documentos encontradas em uma busca envolvendo as palavras-chaves “terras-raras e extração por solventes” ou “(lantânio ou praseodímio ou neodímio) e extração por solventes”. Essa etapa do trabalho buscou restringir a busca aos documentos relacionados com o processo de extração por solventes e esses elementos.

Os 281 documentos encontrados na busca (XV) estão representados na Figura 5 de acordo com o seu ano de depósito a partir de 1950. Assim como no cenário (X), houve um acréscimo de pedidos depositados no século XXI com o pico no ano de 2015 (23 patentes). Dentre os anos de 2000-2019 foram depositados um total de 167 pedidos de patente, o que apresenta aproximadamente 60% do total de pedidos depositados relacionado à busca (XV).



Fonte: Patent Inspiration (2020).

**Figura 5.** Distribuição anual dos pedidos de patentes depositados do cenário (XV).

Como era esperado, nesse ponto específico da evolução temporal, a busca do segundo estágio acompanha o cenário encontrado na busca (X). Apesar de já existirem pedidos de patentes relacionados com esse tema há décadas atrás, os documentos são mais concentrados no século XXI, com um maior aglomerado na última década. Portanto, os processos envolvendo a técnica de extração por solventes e elementos terras-raras também apresentam um crescimento de interesse global.

### 3.2.2 | Análise geográfica

Os três países com maior número de pedidos de patentes relacionados aos 281 documentos do cenário (XV) são: China, Estados Unidos e Japão. Nessa busca, foram encontradas 89 patentes depositadas originalmente na China (32%), seguido de 78 documentos depositados nos Estados Unidos (28%) e 47 pedidos no Japão (17%). Os demais países somados contabilizam 67 pedidos de patente (24%). Esse cenário não se altera muito levando em consideração somente o século XXI, em que foram encontrados 65 documentos na China, 48 nos Estados Unidos, 29 no Japão e 25 nos demais países.

Nessa análise geográfica, a China continua na liderança entre os pedidos de patentes depositados. No entanto, em termos percentuais, o domínio chinês apresentado na busca (XV) não foi tão amplo como no estágio anterior (busca (X)). No atual estágio, cerca de 30-40% do total de documentos foram depositados originalmente na China. No primeiro estágio, os pedidos de patentes originalmente depositados na China ficaram na faixa de 60-70% do total.

A partir desse resultado, pode-se inferir que os demais países buscaram uma maior participação em pesquisas e desenvolvimento nos processos envolvendo a separação de ETR englobando técnicas como a extração por solventes, analisada no presente estudo.

Em relação ao cenário brasileiro, na busca (XV) foram encontrados dois pedidos de patente originalmente depositados no país. Ambos são documentos recentes que foram depositados em 2014 e 2016. Esses dois documentos foram depositados por centros de pesquisa vinculados ao Governo Federal: Comissão Nacional de Energia Nuclear

(CNEN) e Centro de Tecnologia Mineral (CETEM). Esse fato é um indicio de que há uma preocupação no país de desenvolver pesquisas relacionadas a esse tema.

### 3.2.3 | Classificação internacional de patentes

A Tabela 4 representa as cinco classificações internacionais de patentes mais relevantes relacionadas com a busca (XV) da Tabela 3. Em uma primeira análise foram considerados somente os grupos principais (com término /00) sem expandir para os subgrupos.

Na Tabela 2 do presente estudo foram pré-selecionadas algumas IPC relevantes para o presente trabalho com foco no processo de separação de elementos terras-raras leves usando a técnica de extração por solventes. Essas IPC previamente definidas aparecem com destaque no ranking da Tabela 4.

A C22B59/00 (“Obtenção de metais terras-raras”) é a classificação mais relevante aparecendo em 128 documentos, ou seja, em quase metade das 281 patentes encontradas na busca (XV). A IPC C22B3/00 (“Extração de compostos metálicos de minérios ou concentrados por processos a úmido”) é a segunda mais relevante e está correlacionada com 120 pedidos de patentes. Na quarta posição aparece a B01D11/00 (“Extração com solventes”) em 44 documentos patentários.

Outras duas classificações que não foram previamente selecionadas no presente estudo aparecem com destaque na Tabela 4. A C01F17/00 (“Compostos de metais de terras-raras”) aparece em 67 documentos e a C22B7/00 (“Processamento de matérias-primas outras que não minérios

p. ex. sucata, a fim de produzir metais não ferrosos ou seus compostos”) é encontrada em 31 patentes. Essa última revela que estudos também são feitos buscando a recuperação de ETR a partir de fontes secundárias.

**Tabela 4.** Significado dos códigos IPC encontrados na busca (XV).

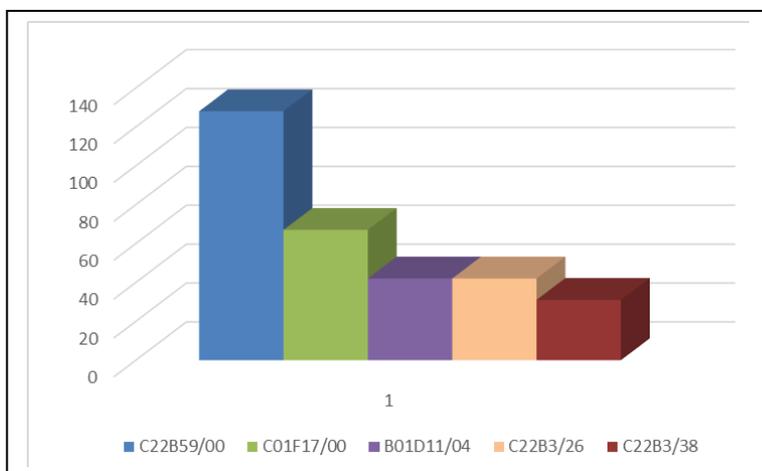
| IPC        | Descrição  | Número de patentes |
|------------|--|--------------------|
| C22B 59/00 | Obtenção de metais terras-raras;   | 128                |
| C22B 3/00  | Extração de compostos metálicos de minérios ou concentrados por processos a úmido; | 120                |
| C01F 17/00 | Compostos de metais de terras-raras;   | 67                 |
| B01D 11/00 | Extração com solventes;  | 44                 |
| C22B 7/00  | Processamento de matérias-primas outras que não minérios p. ex. sucata             | 31                 |

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados coletados na base *Patent Inspiration (2020)* e em <[www.ipc.inpi.gov.br](http://www.ipc.inpi.gov.br)>. Acesso em: 10 mai. 2020.

Em uma segunda análise, foi expandido a busca para os subgrupos das IPC. A Figura 6 representa as cinco classificações mais relevantes para o cenário (XV), considerando o último subgrupo da IPC. Como esperado, a C22B59/00 e a C01F17/00 que não apresentam subgrupos continuam apresentando destaque nessa análise

Nota-se também que as classificações pré-selecionadas (Tabela 2) aparecem com destaque nos documentos encontrados na busca (XV). A IPC B01D11/00 foi aberta para o subgrupo B01D11/04 (“Extração com solventes de soluções líquidas”) aparecendo em 42 documentos. As classificações

C22B3/26 e C22B3/38, subgrupos da classificação C22B3/00, aparecem na quarta e quinta posição do ranking da Figura 6 em 42 e 31 documentos patentários, respectivamente.



Fonte: Elaboração própria com base em dados coletados em Patent Inspiration (2020).

**Figura 6.** Principais IPC relacionadas a busca (XV) considerando os subgrupos.

A C22B3/26 refere-se à extração líquido-líquido usando compostos orgânicos e a C22B3/38 é a classificação mais detalhada desse grupo e refere-se aos pedidos relacionados com o tratamento ou purificação de soluções por extração líquido-líquido usando compostos orgânicos contendo fósforo. Os ácidos organofosforados são comumente usados como extratantes na separação de elementos terras-raras por meio de extração por solventes.

### 3.2.4 | Depositantes

Os 281 documentos encontrados são bem distribuídos entre uma diversidade grande de requerentes. Não há um depositante que se destaque e domine os pedidos de patentes relacionados com o processo de extração por solventes e elementos terras-raras, sendo que 75% dos depositantes relacionados com essa busca (XV) apresentam somente um documento depositado.

Ainda assim, nota-se uma importante participação de grandes empresas japonesas nas patentes relacionadas com esse cenário. As primeiras colocadas são grandes companhias com sede original no Japão.

A Sumitomo Metal Mining Corporation Ltd. aparece no topo com doze pedidos de patentes e faz parte de um conglomerado de empresas do grupo Sumitomo. Essa empresa atua principalmente no desenvolvimento de recursos, na fabricação e na venda de produtos de metais não ferrosos, semicondutores e materiais funcionais. As classificações internacionais de patentes mais recorrentes nos documentos depositados por essa empresa aparecem em seis documentos cada uma e são elas: C22B59/00 (“Obtenção de metais terras-raras”), C22B7/00 (“Processamento de matérias-primas outras que não minérios p. ex. sucata, a fim de produzir metais não ferrosos ou seus compostos”) e C22B3/44 (“Tratamento ou purificação de soluções por processos químicos”).

A Mitsubishi Materials faz parte de um conglomerado de empresas do grupo japonês Mitsubishi. Na busca (XV) do presente estudo aparece como segundo maior depositante com dez pedidos de patentes. A IPC que mais se destaca nessa empresa envolve a obtenção de metais terras-raras

(C22B59/00), aparecendo em seis documentos depositados. Com oito documentos depositados, a Shin-Etsu Chemical Corporation aparece na terceira posição, sendo uma das maiores empresas químicas do Japão. A classificação C22B59/00 também aparece como mais relevante para esse depositante, sendo notada em cinco documentos patentários.

A Jiangxi Agricultural University é a única universidade que aparece no ranking dos cinco maiores depositantes. As IPC C22B59/00 e a C22B3/38 (extração por solventes usando compostos orgânicos contendo fósforo) apresentam destaque nas patentes depositadas pela universidade, aparecendo em sete e seis documentos, respectivamente. Esse resultado mostra que processos de extração por solventes visando a separação de ETR utilizando extratantes organofosforados estão sendo estudados pela universidade chinesa.

### **3.3 | Terceiro Estágio**

O terceiro estágio do estudo de prospecção tecnológica tem por objetivo avaliar os documentos que apresentam um foco mais restrito ao escopo do presente trabalho. Com isso, foi adicionada a palavra-chave ácido láctico na estratégia de busca. Esse cenário é representado pela busca (XX) da Tabela 3, sendo que foram encontrados um total de três documentos: um americano, um brasileiro e um japonês.

Cronologicamente, a primeira patente encontrada foi depositada no ano de 2004 com o número de publicação US2005/01121554A1. Esse documento apesar de apresentar as palavras-chaves “terras-raras”, “extração por solventes” e “ácido láctico” no quadro reivindicatório não se encontra no escopo do presente trabalho. O pedido trata sobre

composições cosméticos que podem apresentar em sua formulação, metais de terras-raras e copolímeros de ácido láctico. A extração por solventes é uma das operações unitárias que podem ser usadas durante a formação da superfície sólida da composição. Os outros dois documentos encontrados apresentam relevância com o estudo analisado.

A patente BR102016023957A2 foi depositada em outubro de 2016 e publicada em setembro de 2018. Esse pedido de patente foi depositado pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) e apresenta as seguintes classificações internacionais de patentes C22B3/38, B01D11/04, C22B3/32 e C22B59/00.

Refere-se a um processo contínuo que utiliza a técnica de extração por solventes com o objetivo de separar o lantânio do praseodímio e neodímio. O procedimento envolve uma fase aquosa contendo um licor clorídrico de elementos terras-raras condicionado com um agente complexante que compreende um ácido orgânico como o ácido láctico e uma fase orgânica que compreende um ácido organofosforado.

A terceira patente encontrada foi a JP2018141181A com depósito em fevereiro de 2017 e publicação em setembro de 2018. O depositante foi uma empresa privada japonesa, a Hitachi Metals Ltd. As IPC relacionadas com esse pedido de patente foram C22B3/06, C22B3/10, C22B3/16, C22B3/44 e C22B59/00.

Esse pedido de patente refere-se a um processo de separação de ETR leves de ETR pesadas por meio de um processo de extração por solventes. O ácido láctico é usado em uma mistura de ácidos orgânicos e inorgânicos com o objetivo de dissolver e concentrar uma mistura de óxidos de ETR. O ácido láctico,

nesse caso, não foi utilizado como um agente complexante com o objetivo de melhorar a eficiência do processo de separação.

Nota-se que apesar de terras-raras ser um tema que em uma análise macro, apresenta um crescimento considerável do número de patentes depositadas nas últimas décadas, não há praticamente documentos patentários que buscam uma solução específica de separação de elementos terras-raras leves a partir de extração por solventes utilizando o ácido láctico como agente complexante.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do presente trabalho foi estabelecer panoramas envolvendo como tema central os elementos terras-raras por meio de um estudo de prospecção tecnológica a partir de documentos de patentes depositados no mundo.

Na fase pré-prospectiva foi realizada a definição de uma ferramenta de busca, o "*Patent Inspiration*", e de um grupo de palavras-chaves pertinentes ao tema do presente trabalho. Com isso foi realizado o cruzamento das palavras-chaves que resultou em três estratégias de busca diferentes para serem abordadas na fase prospectiva.

Os três estágios foram: uma análise macro sobre as patentes relacionadas com os elementos terras-raras leves, uma análise mais restrita envolvendo pedidos que apresentam a técnica de extração por solventes e elementos terras-raras no seu escopo, e por último, uma busca de documentos que também exibem a palavra-chave ácido láctico.

Em uma análise macro, nota-se que apesar de ser um tema de interesse bastante antigo, trata-se de um tópico que apresenta um crescimento na relevância mundial. Considerando que as patentes são uma fonte de tendência tecnológica, o crescimento do número de depósitos nas últimas décadas é um indício de que a importância desses elementos no mercado vem crescendo. Entende-se que uma das causas desse aumento seria a ampliação das aplicações de ETRL na indústria moderna, na produção de alta tecnologia, somada com a dificuldade de se obter substitutos eficientes para esses elementos.

No primeiro estágio, a China domina o número de pedidos de patentes depositados com cerca de 62% das patentes buscadas na última década, refletindo a conjuntura do mercado global, em que esse país apresenta um domínio sobre a produção e venda desses elementos. Em relação às IPC, há um destaque para as classificações envolvendo produtos contendo ETRL aplicados em catalisadores e ímãs. Os depositantes com maior relevância foram empresas multinacionais, com destaque para a chinesa China Petrochemical Corporation e a americana General Electric.

O Brasil também apresenta um crescimento do pedido de patentes nas últimas décadas e possui a segunda maior reserva mundial desses elementos. Esse fato ratifica a importância de contribuir com o estudo e a pesquisa de um tema que apresenta crescimento na relevância mundial, com o objetivo de tornar o país um detentor de tecnologias envolvendo esses elementos. Somado a isso, nota-se a importância de desenvolver uma estratégia de longo prazo para esses elementos, com o objetivo de mitigar a dependência do fornecimento da China.

Em um segundo estágio, há uma maior disseminação geográfica dos documentos encontrados, diminuindo o domínio chinês em relação aos depósitos de documentos patentários. Nota-se, portanto, uma busca dos demais países em aumentar a participação em processos envolvendo a separação de ETR englobando técnicas como a extração por solventes, analisada no presente trabalho.

Por último, verifica-se um número pequeno de pedidos de patentes relacionadas ao tema específico compreendendo a separação de elementos terras-raras por meio da operação unitária de extração por solventes utilizando o ácido láctico como agente complexante com o objetivo de melhorar a eficiência do processo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, A.M.S. & MAGALHÃES, J.L. (Org.) (2008). Patenteamento & Prospecção Tecnológica no setor farmacêutico. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda.

BUNZLI, J.C. & PECHARSKY, V. (2018). Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths: Including Actinides, vol. 53. Editora Elsevier.

CARUSO, L.A.C. & TIGRE, P.B. (Org.) (2004). Modelo SENAI de prospecção. Documento metodológico. Oficina Internacional del Trabajo. Cintefor/OIT.

Comex Stat. Disponível em: <comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 02 mai. 2020.

CHANG, H.; LI, M.; LIU, Z.; HU, Y. & ZHANG, F. (2010). Study on separation of rare earth elements in complex system. Journal of Rare Earths, vol. 28, pp. 116.

Classificação Internacional de Patentes. Disponível em: <www.ipc.inpi.gov.br>. Acesso em: 05 mai. 2020.

DOU, H.J. (2004). Benchmarking R&D and companies through patents analysis using free databases and special software: a tool to improve innovative thinking. World Patent Information, vol. 26, n. 4, p. 297-309.

FERNANDEZ, V. (2017). Rare-earths elements Market: A historical and financial perspective. Resources Policy, vol. 53, pages 26-45.

FIRAT, A.K.; MADNICK, S. & WOON, W.L. (2008). Technological Forecasting – A review. Composite Information Systems Laboratory (CISL). Massachusetts Institute of Technology Cambridge.

GANGULI, R. & COOK, R. (2018). Rare earths: A review of the landscape. *MRS Energy & Sustainability: A Review Journal*, pp. 1-16.

GUPTA, C.K. & KRISHNAMURTHY, N. (2005). *Extractive Metallurgy of Rare Earth*. Boca Raton, Florida: CRC Press.

HAUPT, R.; KLOYER, M. & LANGE M. (2007). Patent indicators for the technology life cycle development. *Research Policy*, vol.36, pg. 387-398.

JARONI, M.S.; FRIEDRICH, B. & LETMATHE, P. (2019). *Economical Feasibility of Rare Earth Mining outside China*. *Minerals*, vol. 9.

LUCAS, J.; LUCAS, P.; MERCIER, T.L.; ROLLAT, A. & DAVENPORT, W. (2015). *Rare earths – Science, Technology, Production and Use*. Elsevier – ISBN 978-0-444-62735-3.

MASINI, E. (2006). Rethinking futures studies. *Futures* vol. 28; pg. 1158-1168 Elsevier.

Patent Inspiration. Disponível em: <[www.patentinspiration.com](http://www.patentinspiration.com)>. Acesso em: 06 mar. 2019.

Sinopec Group. Disponível em: <[www.sinopecgroup.com/group/en/companyprofile/](http://www.sinopecgroup.com/group/en/companyprofile/)>. Acesso 02 mai. 2020.

SOUZA, I.D.S. (2015). *Prospecção no setor cosmético de cuidados com a pele: inovação e visão nas micro, pequenas e médias empresas*. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo. Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto: SP.

Stratfor Worldview. Disponível em: <<https://worldview.stratfor.com/article/geopolitics-rare-earth-elements>>. Acesso em: 25 jun. 2020.

Sumário Mineral (2017) da Agência Nacional de Mineração (ANM), vol. 37 - ISSN 0101-2053.

XIE, F.; ZHANG, T.A.; DREISINGER, D. & DOYLE, F. (2014). A critical review on solvent extraction of rare earths from aqueous solutions. *Journal Minerals Engineering*, vol. 56, pp. 10-28.

YIN, S.; WU, W.; BIAN, X.; LUO, Y. & ZHANG, F. (2013). Solvent Extraction of La(III) from Chloride Medium in the Presence of two Water Soluble Complexing Agents with di-(2-ethylhexyl) Phosphoric Acid. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, vol. 52, pp. 8558-8564.

ZHOU, B.; LI, Z. & CHEN, C. (2017) Global potential of rare earth resources and rare earth demand from clean technologies. *Minerals* 2017, 7, 203.

## SÉRIES CETEM

As Séries Monográficas do CETEM são o principal material de divulgação da produção científica realizada no Centro. Até o final do ano de 2020, já foram publicados, eletronicamente e/ou impressos em papel, mais de 360 títulos, distribuídos entre as seis séries atualmente em circulação: Rochas e Minerais Industriais (SRMI), Tecnologia Mineral (STM), Tecnologia Ambiental (STA), Estudos e Documentos (SED), Gestão e Planejamento Ambiental (SGPA) e Inovação e Qualidade (SIQ). A Série Iniciação Científica consiste numa publicação eletrônica anual.

A lista das publicações poderá ser consultada em nossa homepage. As obras estão disponíveis em texto completo para download. Visite-nos em <http://www.cetem.gov.br/series>.

### Últimos números da Série Estudos e Documentos

**SED-107 – O Setor Mineral Brasileiro antes e durante a pandemia de Covid-19: um retrato entre 2018 e 2020.**

José Antônio Sena, Mônica Monnerat Tardin, Fernando Ferreira de Castro, Geraldo Sandoval Góes, Ligia Henriques Begot, Daniel Monte Cardoso, Cinthia de Paiva Rodrigues, Ana Elizabeth Neirão Reymão, Alexandre Henrique Rene de Almeida Sussuarana, 2021.

**SED-106 – Revisão do banco de dados de recursos minerais e territórios: Contribuições de uma nova abordagem teórico-metodológica para análise das dinâmicas territoriais na mineração.**

Fabio Giusti Azevedo de Britto, Maria Pereira Lima Green, Leo Bruno da Silva Lino, Caio Azevedo Ferreira, 2020.

## **INFORMAÇÕES GERAIS**

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral  
Avenida Pedro Calmon, 900 – Cidade Universitária  
21941-908 – Rio de Janeiro – RJ  
Geral: (21) 3865-7222  
Biblioteca: (21) 3865-7218  
E-mail: [biblioteca@cetem.gov.br](mailto:biblioteca@cetem.gov.br)  
Homepage: <http://www.cetem.gov.br>

## **NOVAS PUBLICAÇÕES**

Se você se interessar por um número maior de exemplares ou outro título de uma das nossas publicações, entre em contato com a nossa biblioteca no endereço acima.

Solicita-se permuta.

We ask for interchange.



## Missão Institucional

**Desenvolver tecnologias inovadoras e sustentáveis, e mobilizar competências visando superar desafios nacionais do setor mineral.**

## O CETEM

O Centro de Tecnologia Mineral - CETEM é um instituto de pesquisas, vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações - MCTI, dedicado ao desenvolvimento, à adaptação e à difusão de tecnologias nas áreas minerometalúrgica, de materiais e de meio ambiente.

Criado em 1978, o Centro está localizado no campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, na Cidade Universitária, no Rio de Janeiro e ocupa 20.000m<sup>2</sup> de área construída, que inclui 25 laboratórios, 4 plantas-piloto, biblioteca especializada e outras facilidades.

Durante seus 43 anos de atividade, o CETEM desenvolveu mais de 800 projetos tecnológicos e prestou centenas de serviços para empresas atuantes nos setores minerometalúrgico, químico e de materiais.