

Como uma pequena vila foi parar 4 vezes na Tabela Periódica?

O nome dessa vila é **Ytterby**.

Ytterby fica na ilha de Resarö, próxima a Estocolmo, na Suécia.



Mas seu nome está escondido em quatro elementos químicos.

YTTERBY



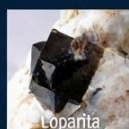
Bastnaesita



Monazita



Ancilrita



Loparita



Florencita



Euxenita



Alanita



Argilas rônicas

Uma pequena vila com um grande legado para a ciência.



Texto 1: A pequena localidade de Ytterby, situada em uma ilha próxima a Estocolmo, na Suécia, tornou-se um dos lugares mais importantes da história da Química. Em uma antiga pedreira da região foram encontrados minerais contendo vários elementos químicos que, posteriormente, receberam nomes relacionados à própria localidade. Entre eles estão ítrio (Y), térbio (Tb), érbio (Er) e itérbio (Yb). Esses elementos pertencem ao grupo conhecido como terras raras, que reúne os lantanídeos e alguns elementos com propriedades químicas semelhantes. Apesar do nome, muitos deles não são necessariamente raros na natureza; o desafio está principalmente em sua extração e separação, pois apresentam propriedades químicas muito semelhantes. Atualmente, as terras raras são estratégicas para o desenvolvimento tecnológico, sendo utilizadas na fabricação de ímãs de alto desempenho, telas, componentes eletrônicos, equipamentos médicos, catalisadores e tecnologias relacionadas às energias renováveis. A história de Ytterby mostra como a pesquisa mineral e a descoberta de novos elementos podem contribuir para transformações científicas e tecnológicas que ultrapassam as fronteiras de uma pequena comunidade.

Referência 1: *Encyclopaedia Britannica. Ytterby. Stockholm, Sweden; e Royal Society of Chemistry. Periodic Table – Yttrium, Terbium, Erbium and Ytterbium.*

Texto II: As terras raras correspondem a um conjunto de elementos químicos com propriedades semelhantes e grande importância para a sociedade tecnológica. Esses elementos apresentam diversas aplicações, sendo utilizados na fabricação de ímãs permanentes, dispositivos eletrônicos, catalisadores, equipamentos médicos, telas, baterias e tecnologias associadas às energias renováveis. O Brasil possui importantes recursos minerais contendo terras raras, mas a disponibilidade de reservas não significa, necessariamente, domínio de toda a cadeia produtiva. A exploração desses elementos envolve desafios científicos e tecnológicos relacionados à extração, separação, purificação e transformação dos elementos em materiais de maior valor agregado. No cenário internacional, países que dominam essas etapas podem transformar recursos minerais em produtos tecnológicos e aumentar sua importância econômica e estratégica. Assim, a situação brasileira envolve não apenas a existência de reservas, mas também questões relacionadas à pesquisa científica, desenvolvimento industrial, sustentabilidade ambiental, mercado internacional e políticas públicas. Diante desse cenário, torna-se importante analisar de que maneira o Brasil pode utilizar seus recursos de terras raras para fortalecer sua capacidade científica e tecnológica e ampliar sua participação na indústria mundial.

Referência 2: SOUSA FILHO, Paulo C. de; SERRA, Osvaldo A. *Terras raras no Brasil: histórico, produção e perspectivas. Química Nova, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 753-760, 2014. DOI: 10.5935/0100-4042.20140121.*

Texto III: Embora sejam frequentemente associadas à ideia de elementos pouco abundantes, as chamadas terras raras constituem um grupo de elementos que apresentam propriedades químicas e físicas bastante particulares. Suas configurações eletrônicas, especialmente a ocupação dos orbitais 4f, estão relacionadas a propriedades magnéticas e espectroscópicas que permitem aplicações tecnológicas diversificadas. Ao longo do desenvolvimento da Química e da indústria, esses elementos passaram de aplicações relativamente simples, como as antigas camisas de lâmpadas e ligas metálicas, para materiais fundamentais em catalisadores, ímãs permanentes, dispositivos ópticos, lasers, materiais luminescentes e tecnologias empregadas na área biomédica. Diante da crescente importância das terras raras para a indústria e para o desenvolvimento tecnológico, analise de que maneira as propriedades químicas e físicas desses elementos possibilitam suas diferentes aplicações e discuta os desafios e as oportunidades associados ao desenvolvimento de uma cadeia industrial de maior valor agregado para esses recursos.

Referência 3: MARTINS, Tereza S.; ISOLANI, Paulo Celso. *Terras raras: aplicações industriais e biológicas. Química Nova, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 111-117, 2005.*

01. Com base na leitura do texto I, responda os itens:

a) A vila de Ytterby, na Suécia, ficou conhecida pela quantidade de elementos químicos identificados a partir de minerais encontrados em sua região. Explique por que a descoberta de vários elementos diferentes em um mesmo mineral evidencia a importância dos métodos de separação e análise química.

A ocorrência de vários elementos químicos em um mesmo mineral, conforme descrito no Texto I (Encyclopaedia Britannica e Royal Society of Chemistry), evidencia que a natureza raramente fornece substâncias puras. Os minerais da antiga pedreira de Ytterby constituíam matrizes complexas, nas quais diferentes elementos e compostos quimicamente análogos encontravam-se associados e apresentavam propriedades químicas muito semelhantes. Por essa razão, a identificação de cada elemento exigiu sucessivas etapas de separação, purificação e análise. Nesse contexto, métodos rigorosos de separação, como precipitações fracionadas e trocas iônicas, associados a técnicas de Química Analítica, foram fundamentais para isolar os diferentes componentes e comprovar a existência de novos elementos. Propriedades como solubilidade, formação de precipitados, comportamento ácido-base e capacidade de complexação permitiram distinguir e caracterizar as espécies presentes nas amostras. Assim, a descoberta de um novo elemento químico não depende apenas da identificação de um mineral diferente, mas da demonstração experimental de que determinada substância apresenta composição e propriedades distintas. O caso de Ytterby ilustra, portanto, a importância da separação, da purificação e da análise química na identificação e caracterização de novas espécies elementares.

b) Ítrio (Y), térbio (Tb), érbio (Er) e itérbio (Yb) apresentam grande semelhança em suas propriedades químicas. Explique por que essa semelhança tornou historicamente difícil a separação e identificação individual desses elementos.

Ítrio (Y), térbio (Tb), érbio (Er) e itérbio (Yb) pertencem ao conjunto das terras raras, sendo o ítrio classificado como elemento correlato aos lantanídeos. Esses elementos apresentam grande semelhança química, principalmente porque os lantanídeos possuem configurações eletrônicas semelhantes e formam predominantemente íons no estado de oxidação +3, apresentando comportamentos muito próximos em solução aquosa. Essa semelhança está relacionada à contração lantanídica, fenômeno decorrente do preenchimento progressivo dos orbitais 4f. Esses elétrons apresentam blindagem relativamente baixa, enquanto os orbitais externos 5s e 5p contribuem para a proteção da carga nuclear. Como consequência, ocorre uma diminuição gradual dos raios atômicos e, principalmente, dos raios iônicos ao longo da série dos lantanídeos, fazendo com que os elementos apresentem propriedades químicas muito semelhantes. Embora existam pequenas variações nos raios iônicos e na afinidade por ligantes e agentes precipitantes, essas diferenças são relativamente sutis. Justamente por isso, podem ser exploradas em métodos de separação, mas tornaram historicamente o isolamento e a identificação desses elementos processos difíceis, sucessivos e demorados. O Texto I destaca, portanto, que a grande semelhança das propriedades químicas foi um dos principais desafios enfrentados na separação dos elementos encontrados nos minerais de Ytterby.

c) Os elementos relacionados a Ytterby estão associados às chamadas terras raras. Explique o significado químico desse termo e discuta por que a expressão “terras raras” pode ser considerada enganosa quando interpretada como indicação de que esses elementos são necessariamente pouco abundantes na natureza.

A expressão “terras raras” não significa necessariamente que esses elementos sejam extremamente escassos na natureza. Quimicamente, o termo está relacionado, historicamente, aos óxidos metálicos, chamados de “terras”, de elementos pertencentes aos lantanídeos, além do ítrio e do escândio. Muitos desses elementos apresentam ocorrência relativamente disseminada na crosta terrestre e, portanto, não são necessariamente raros em termos de abundância geológica. A chamada “raridade” está principalmente relacionada à sua dispersão geológica. Esses elementos geralmente encontram-se distribuídos em baixas concentrações, associados a diferentes minerais e, raramente, formam jazidas suficientemente concentradas para facilitar sua exploração. Essa característica torna sua obtenção economicamente e tecnologicamente complexa. Assim, o principal desafio está nos processos de extração, separação e purificação, especialmente devido à grande semelhança química entre esses elementos. Portanto, abundância geológica não é sinônimo de facilidade de exploração econômica: a “raridade” das terras raras está muito mais relacionada à sua distribuição na natureza e à alta complexidade técnica necessária para sua recuperação e separação industrial.

d) Os elementos Y, Tb, Er e Yb receberam nomes relacionados a Ytterby, mas não possuem exatamente a mesma posição na Tabela Periódica. Analise a posição desses elementos e explique como configuração eletrônica, número atômico e propriedades periódicas permitem compreender as semelhanças e diferenças entre eles.

O ítrio (Y) possui número atômico 39 e está localizado no grupo 3, período 5, pertencendo ao bloco d da Tabela Periódica. Já o térbio (Tb), o érbio (Er) e o itérbio (Yb), com números atômicos 65, 68 e 70, respectivamente, pertencem à série dos lantanídeos, localizada no período 6 e associada ao bloco f. Nos lantanídeos ocorre o preenchimento progressivo dos orbitais 4f à medida que aumenta o número atômico. Essa característica está relacionada à contração lantanídica, responsável pela redução gradual dos raios atômico e iônico ao longo da série e pela marcante semelhança de tamanho entre seus íons. A estrutura eletrônica desses elementos também está associada a importantes propriedades magnéticas e espectroscópicas. A semelhança química entre o ítrio e os lantanídeos decorre principalmente de suas estruturas eletrônicas e da predominância do estado de oxidação +3, enquanto as diferenças no número atômico, na configuração eletrônica dos orbitais 4f e nos raios iônicos contribuem para as particularidades de suas propriedades físicas, magnéticas e espectroscópicas.

02. A partir da leitura e discussão do texto sobre ***Terras Raras no Brasil - Referencia 2***, analise a importância desses elementos para o desenvolvimento tecnológico e econômico contemporâneo. Em sua resposta, discuta as possibilidades de utilização e agregação de valor às terras raras brasileiras, comparando a situação do Brasil com a de outros países que apresentam participação relevante na exploração, no processamento ou na utilização desses elementos. Sua discussão deverá contemplar: as principais aplicações tecnológicas e industriais das terras raras; a diferença entre possuir reservas minerais e dominar as etapas de extração, separação, processamento e fabricação de produtos de maior valor agregado; as vantagens e limitações do Brasil diante de países que possuem maior domínio tecnológico da cadeia produtiva; possíveis aplicações das terras raras brasileiras em setores como energia, eletrônica, ímãs permanentes, tecnologias de baixo carbono, indústria química e defesa; os impactos ambientais associados à exploração e ao processamento desses elementos e a possibilidade de adoção de princípios da Química Verde; uma proposta ou estratégia que poderia permitir ao Brasil transformar suas reservas de terras raras em desenvolvimento científico, tecnológico, econômico e social.

As terras raras desempenham papel estratégico na sociedade tecnológica contemporânea devido às suas propriedades magnéticas, ópticas, eletrônicas e catalíticas. São utilizadas na fabricação de ímãs permanentes de alto desempenho, dispositivos eletrônicos, baterias, catalisadores, equipamentos médicos e tecnologias relacionadas às energias renováveis. Elementos como neodímio (Nd), praseodímio (Pr), disprósio (Dy) e térbio (Tb), por exemplo, são importantes na produção de materiais magnéticos empregados em motores elétricos, turbinas eólicas e diversas aplicações industriais. Entretanto, a existência de reservas minerais não garante, por si só, domínio tecnológico ou soberania industrial. A cadeia produtiva das terras raras envolve diversas etapas, desde a mineração e o beneficiamento até a separação química individual, purificação, produção de metais e ligas e fabricação de materiais e componentes de alto valor agregado. Países que dominam as etapas mais complexas conseguem transformar recursos minerais em produtos tecnológicos de maior valor econômico. O Brasil possui recursos relevantes de terras raras, favorecidos por sua diversidade geológica, além de instituições de pesquisa e potencial para o desenvolvimento de uma cadeia produtiva nacional. Entretanto, ainda enfrenta desafios relacionados à infraestrutura industrial, tecnologias de separação e refino, investimentos em pesquisa e desenvolvimento e fabricação de produtos de maior valor agregado. Assim, transformar recursos minerais em conhecimento, tecnologia e produtos industriais exige a integração entre pesquisa científica, formação de profissionais, empresas e políticas públicas. Outro aspecto fundamental são os impactos ambientais associados à mineração e ao processamento das terras raras. Essas atividades podem gerar resíduos, consumir água e utilizar reagentes químicos, além da possibilidade de ocorrência de elementos associados, como tório e urânio, dependendo do depósito mineral. Nesse contexto, os princípios da Química Verde podem contribuir para o desenvolvimento de processos mais sustentáveis, por meio da redução de resíduos, recuperação e reciclagem de reagentes, maior eficiência energética, reutilização de materiais e desenvolvimento de rotas de separação menos

agressivas ao ambiente. Dessa forma, uma estratégia brasileira para o setor pode envolver investimentos em pesquisa e desenvolvimento, formação de recursos humanos, construção de plantas-piloto e unidades de refino, parcerias entre universidades e empresas, desenvolvimento de ímãs e outros materiais avançados, reciclagem de terras raras e adoção de processos ambientalmente mais eficientes. O desafio, portanto, não se limita à exploração das reservas, mas à capacidade de transformar recursos naturais em conhecimento, tecnologia, produtos de maior valor agregado e desenvolvimento socioeconômico sustentável.

03. A partir da leitura e discussão do texto sobre **Terras Raras: aplicações industriais e biológicas - Referência 3** e considerando essas informações e realizando uma pesquisa complementar sobre a produção, o processamento e o uso tecnológico das terras raras no mundo, desenvolva um texto argumentativo respondendo: De que maneira a disponibilidade de terras raras no Brasil pode contribuir para o desenvolvimento industrial e tecnológico do país, e por que a simples existência de reservas minerais não garante que o Brasil alcance uma posição de destaque nesse setor? Compare a situação brasileira com a de outros países produtores e/ou tecnologicamente desenvolvidos e discuta quais estratégias poderiam permitir ao Brasil transformar suas reservas de terras raras em produtos de maior valor agregado.

A disponibilidade de terras raras no território brasileiro representa uma importante oportunidade para o desenvolvimento industrial e tecnológico do país. As propriedades associadas à configuração eletrônica dos orbitais 4f conferem a esses elementos características magnéticas, ópticas, espectroscópicas e luminescentes diferenciadas, possibilitando aplicações em ímãs permanentes, catalisadores, lasers, dispositivos ópticos e eletrônicos, materiais luminescentes e tecnologias biomédicas. Entre essas aplicações destacam-se os ímãs permanentes de alto desempenho, fundamentais para motores elétricos, turbinas eólicas e outras tecnologias relacionadas à transição energética. Entretanto, a simples existência de reservas minerais não garante destaque internacional ou autonomia tecnológica. A cadeia produtiva das terras raras envolve etapas tecnicamente complexas, especialmente a separação química, devido à grande semelhança entre esses elementos, além do refino, produção de metais e ligas e fabricação de materiais e componentes tecnológicos. Assim, um país pode possuir recursos minerais abundantes e, ainda assim, depender de outras nações para transformar esses recursos em produtos de maior valor agregado. A experiência internacional, especialmente o domínio chinês de diferentes etapas dessa cadeia, evidencia a importância estratégica do controle tecnológico e industrial. No caso brasileiro, uma estratégia de verticalização poderia integrar as diferentes etapas da cadeia produtiva: **minério** → **concentrado** → **óxidos separados** → **metais** → **ligas** → **ímãs e materiais avançados** → **componentes tecnológicos**. Para isso, são necessários investimentos em infraestrutura laboratorial e industrial, pesquisa aplicada, formação de recursos humanos, inovação, tecnologias de separação e refino e parcerias entre universidades, empresas e instituições de pesquisa. A reciclagem e a recuperação de terras raras presentes em resíduos

também podem contribuir para reduzir dependências e ampliar a sustentabilidade do setor. Dessa forma, as terras raras representam uma oportunidade estratégica, mas seu aproveitamento efetivo depende da capacidade de transformar recursos naturais em conhecimento, materiais e produtos tecnológicos. O domínio das técnicas de separação e refino, o desenvolvimento de materiais avançados, a fabricação nacional, a inovação e a exploração responsável podem ampliar a agregação de valor e contribuir para o desenvolvimento industrial, tecnológico e socioeconômico do Brasil.

Referências utilizadas

- SOUSA FILHO, P. C.; SERRA, O. A. Terras raras no Brasil: histórico, produção e perspectivas. *Química Nova*, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 753-760, 2014. DOI: 10.5935/0100-4042.20140121.
- MARTINS, T. S.; ISOLANI, P. C. Terras raras: aplicações industriais e biológicas. *Química Nova*, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 111-117, 2005.
- ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA. Ytterby. Stockholm, Sweden.
- ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. Periodic Table — Yttrium, Terbium, Erbium and Ytterbium.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *Rare Earth Elements — Executive Summary*. Dados recentes sobre mineração, refino e fabricação de ímãs.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB). *Critical and Strategic Mineral Potential of Brazil*, 2025.