

Reciclagem de ímãs de Nd-Fe-B

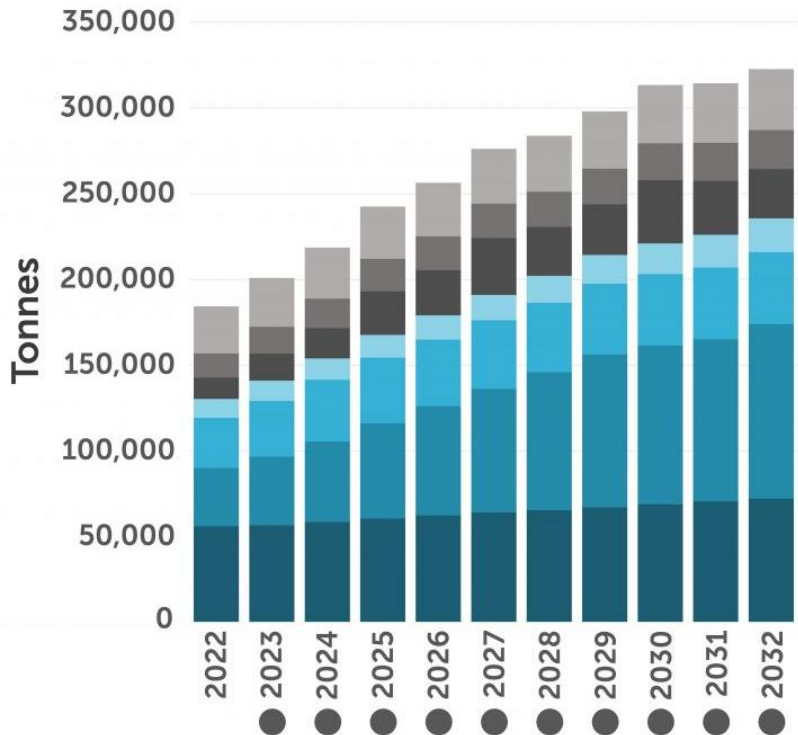
MSc Eng Karen Bolis

Sumário

- ✓ Demanda dos ímãs;
- ✓ Desafios da cadeia de ímãs;
- ✓ Importância da reciclagem;
- ✓ Materiais de entrada da reciclagem;
- ✓ Rotas de reciclagem;
- ✓ Pesquisa e desenvolvimento de reciclagem no CDTN.



Demanda de ímãs de terras raras



● Forecast

'Other' includes MRI, elevator motor, robotics and industrial applications.

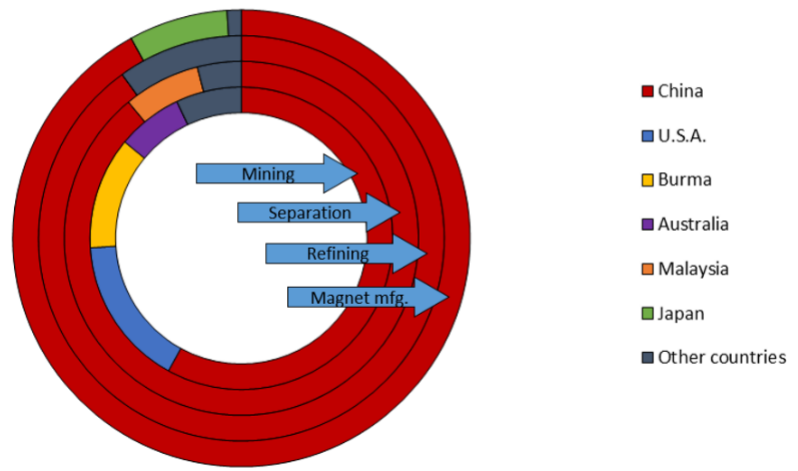
Source: Wood Mackenzie

Electrical & Mechanical Components	
Air Conditioning	
Wind Turbines	
Consumer Electronics	
Conventional Vehicles	
HEV, PHEV, EV	
Other	



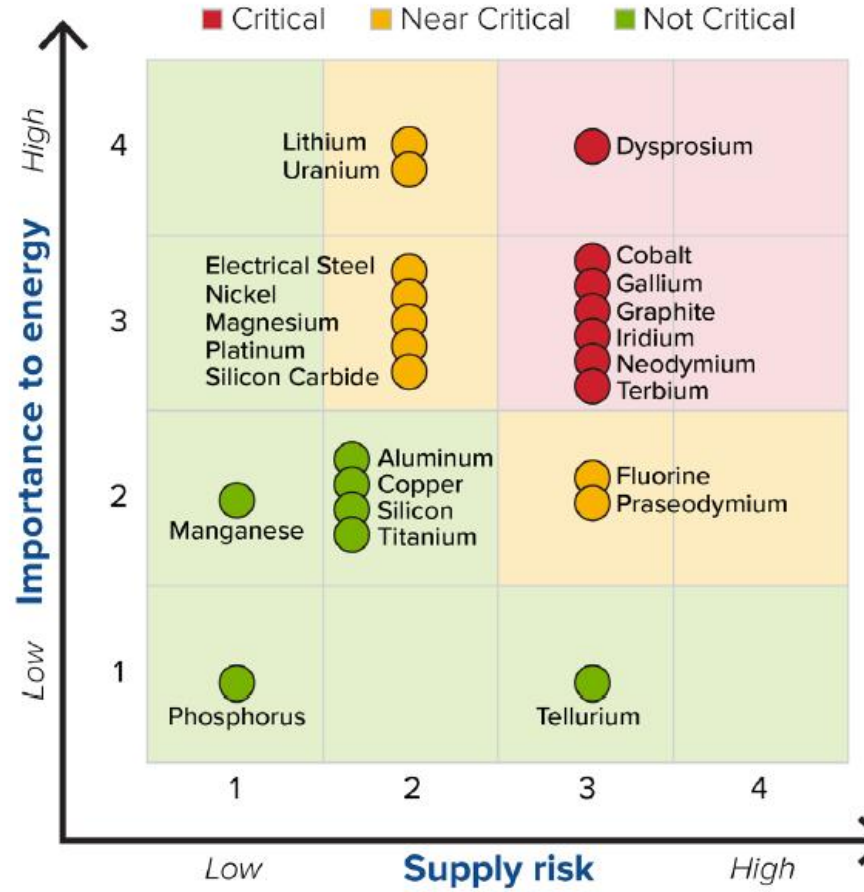
Criticidade dos elementos de terras raras

Concentração geográfica dos estágios da cadeia de ímãs sinterizados de Nd-Fe-B



Fonte: (SMITH et al., 2022)

O fornecimento de terras raras é dominado pelos produtores chineses, que representaram aproximadamente 84% do fornecimento global em 2022. <https://www.arultd.com/products/supply-and-demand/>



Desafios na Indústria de Terras Raras



- ✓ Terras raras são elementos de difícil extração da natureza, vêm em baixas concentrações de minerais e são difíceis de separar de outros elementos;
- ✓ A cadeia de valor consome grandes quantidades de energia e água e é poluente:

No geral, para cada tonelada de terras raras produzida, são geradas 2.000 toneladas de resíduos tóxicos.

Estima-se que o processamento de matérias-primas seja responsável por 30% das emissões globais de gases de efeito estufa.

<https://audioxpress.com/article/neodymium-the-perfect-storm-part-1-the-neodymium-supply-chain>

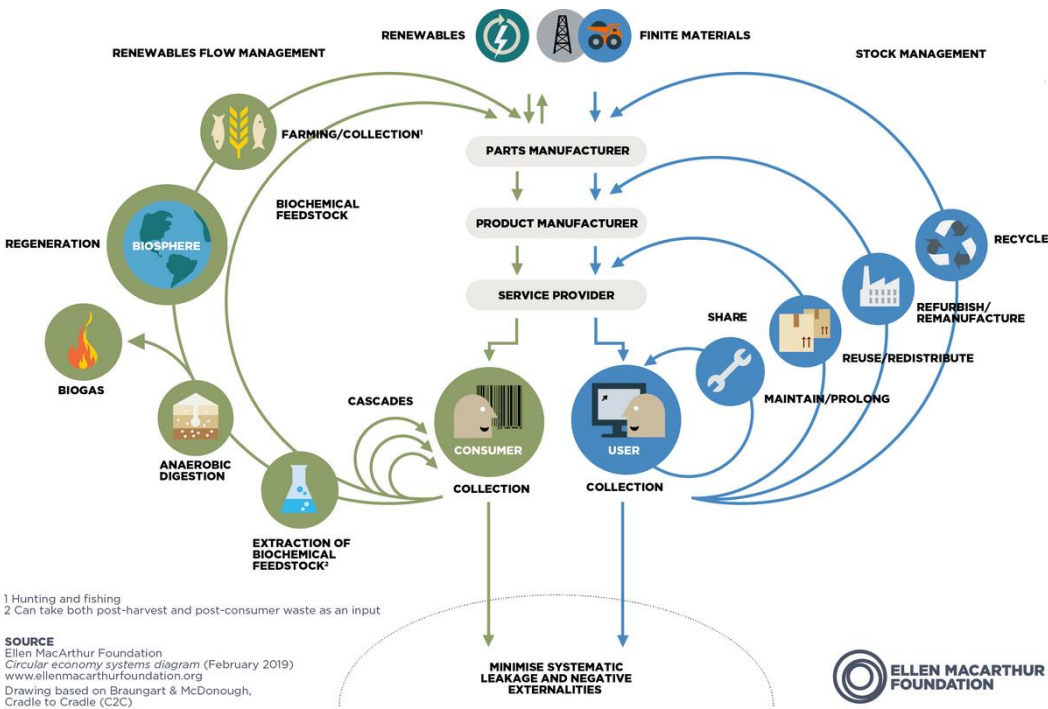
Desenvolvimento sustentável

- ✓ Integrar questões ambientais ao desenvolvimento econômico.

Economia Circular

- ✓ Sistema onde os materiais nunca se transformam em resíduos e a natureza é regenerada:

Os produtos e materiais são mantidos em circulação através de processos como manutenção, reutilização, renovação, refabricação, **reciclagem** e compostagem.



1 Hunting and fishing
2 Can take both post-harvest and post-consumer waste as an input

SOURCE:
Ellen MacArthur Foundation
Circular economy systems diagram (February 2019)
www.ellenmacarthurfoundation.org
Drawing based on Braungart & McDonough,
Cradle to Cradle (C2C)



<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram>



Importância da Reciclagem



<https://escolaeducacao.com.br/sustentabilidade/>
<https://link.springer.com/article/10.11557/s43577-022-00301-w>

- ✓ Conservação de recursos naturais:

Estudos de avaliação do ciclo de vida (ACV) indicam que a reciclagem pode apresentar menos de metade do impacto ambiental em comparação com a produção utilizando matérias-primas primárias;

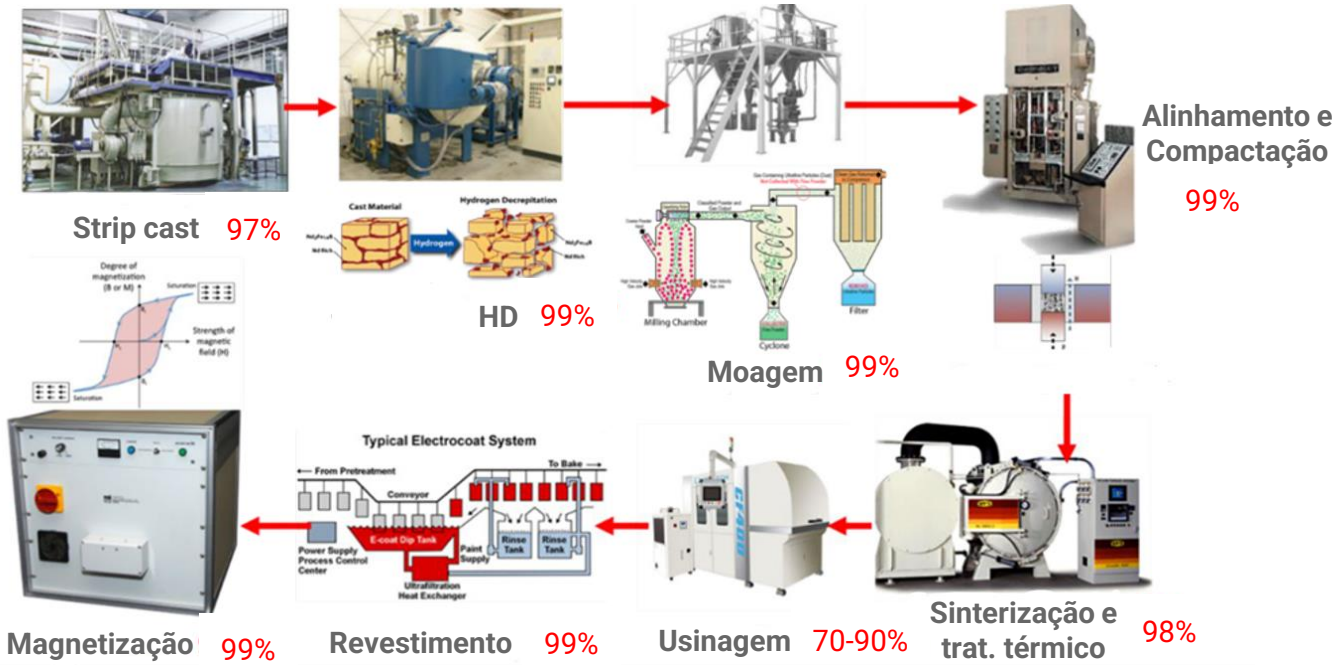
- ✓ Autossuficiência de matérias-primas:

A regulação da União Europeia estipula que em 2030, pelo menos 15% do consumo anual de ímãs permanentes da UE deve ser suprida por reciclagem.

- ✓ Evita-se o “problema de equilíbrio”:

A reciclagem pode evitar as etapas dispendiosas de separação dos terras raras leves mais abundantes (La e Ce), já que as ligas as ligas contêm entre 60–70% em peso de (Fe), 28–35% em peso de terras raras (Pr, Nd, Tb e Dy), 1–2% em peso de B e 0–4% em peso de Co.

Produção de ímãs sinterizados e rendimento



- ✓ Material em pó (restos de pó seco e úmido) ou em bloco (sobras de bloco);
- ✓ Composição química conhecida;
- ✓ Material oxidado;
- ✓ Fácil obtenção.

Adaptado de (SMITH et al., 2022), <https://bunting-dubois.com/tech-briefs/types-of-rare-earth-magnets-part-1/>



Materiais de entrada: pós-consumo

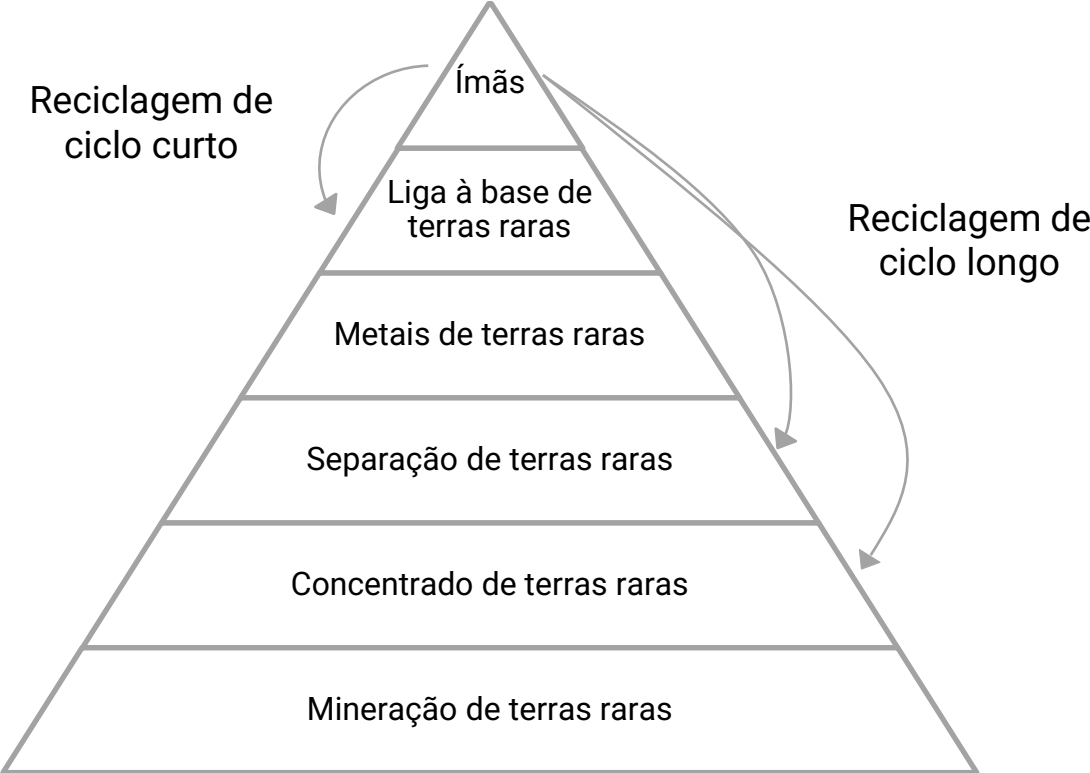
Aplicação do produto	Descrição breve	Quantidade contida
Turbinas eólicas	Os ímãs são instalados nos rolamentos da nacela	<3t
Tecnologia médica	Máquinas de ressonância magnética contêm fortes ímãs de neodímio	< 1t
Centrais Hidrelétricas	Geradores contêm ímãs permanentes	<500kg
Carros elétricos	Os ímãs de neodímio são usados principalmente em motores elétricos	< 3kg
caixas de som	Alto-falantes grandes geralmente contêm ímãs permanentes	<1kg
Trilhos magnéticos	Ímãs permanentes são usados em sistemas de transporte	<0,5 kg por metro
Discos rígidos	Pequenos ímãs podem ser instalados em discos rígidos	< 10g
Robôs Industriais	Os atuadores contêm ímãs de neodímio para movimentos precisos	Alguns gramas
Eletrônica	Dispositivos eletrônicos como celulares ou tablets podem conter ímãs permanentes	Alguns gramas
Rolamentos Magnéticos	Ímãs são usados em sistemas ópticos	Alguns gramas

- ✓ Material coletado de equipamentos no final do seu ciclo de vida (EoL End of life);
- ✓ Composição do material é desconhecida e pode ser diferente de unidade para unidade;
- ✓ Camada proteção contra corrosão em diversos materiais;
- ✓ Ciclos de vida diferentes, dependendo das aplicações: de 2 a 3 anos em produtos eletrônicos e de 20 a 30 anos em turbinas eólicas.

https://www.heraeus.com/en/landingspages/hrm/special_pages/where_to_find_magnets.html



Rotas de reciclagem de ímãs de Nd-Fe-B



Fonte: Adaptado de (DIEHL et al., 2018)

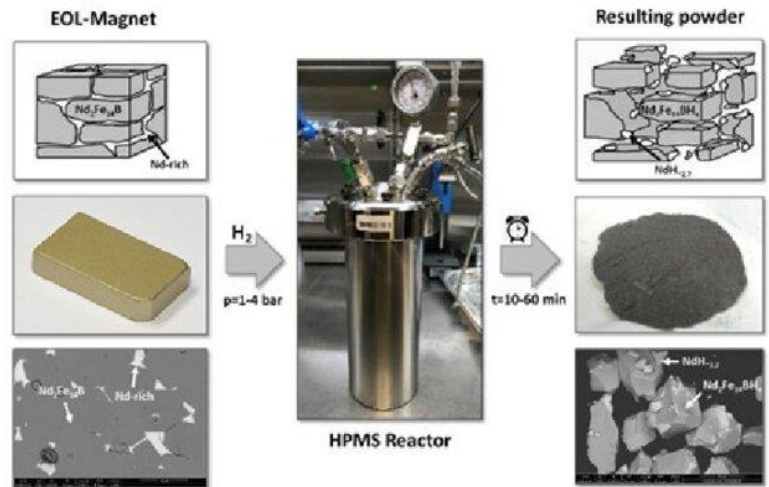


Reciclagem de ciclo longo

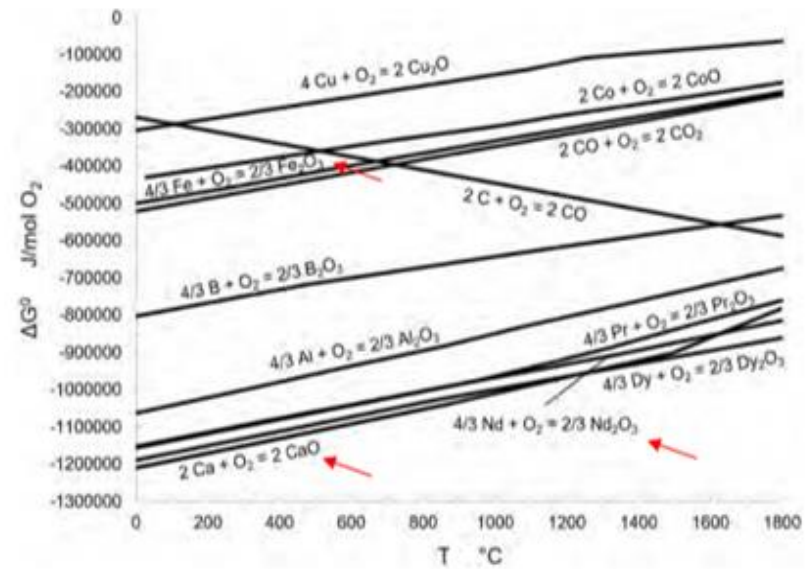
- ✓ **Hidrometalurgia:** extração de metais de minérios com a utilização de água;
- ✓ Os ímãs de produtos em fim de vida útil ou os resíduos de ímãs são dissolvidos, os metais separados e depois reconvertidos em ligas metálicas;
- ✓ O processo consome tempo, muita energia e tem um forte impacto ambiental;
- ✓ Em contraste, os processos hidrometalúrgicos podem recuperar terras raras e ferro a baixas temperaturas
- ✓ **Pirometalurgia:** uso de altas temperaturas para a obtenção de metais;
- ✓ Vantagens: uso mínimo de água, a ausência de resíduos líquidos, o menor número (em comparação à hidrometalurgia) de etapas do processo, a possibilidade de obtenção de TR na forma de metais e o alto grau de regeneração de reagentes;
- ✓ Desvantagens: elevado consumo de energia, a duração dos processos, a pureza por vezes insatisfatória dos produtos finais e a formação de resíduos sólidos. (em alguns casos).

Reciclagem de ciclo curto

✓ HPMS - Hydrogen Processing of Magnet Scrap



✓ Redução difusão calciotérmica



✓ Método de reciclagem de restos de bloco e ímãs EoL;

✓ Reciclagem de resíduos oxidados;

✓ Produção direta de ligas e ímãs;

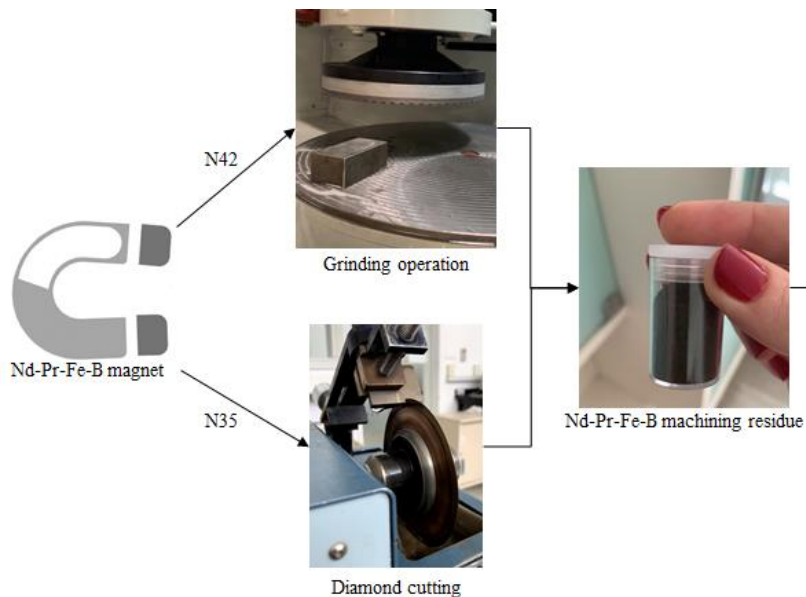
✓ Transformação direta dos resíduos em liga;





ÍMÁS DE
TERRAS RARAS

LABFABITR



<http://pubs.acs.org/journal/acsodf>

Article

1 Structural and Magnetic Characterization of Nd–Pr–Fe–B Sintered 2 Magnet Machining Wastes

3 Karen Bolis,^{*} Gabriela Silva Goulart, Alisson Carlos Krohling, Renato Mendonça,
4 Luis Eugenio Fernandez-Outon,^{*} and José Domingos Ardisson^{*}

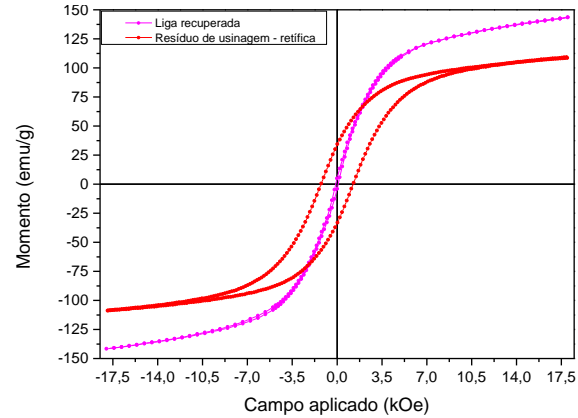
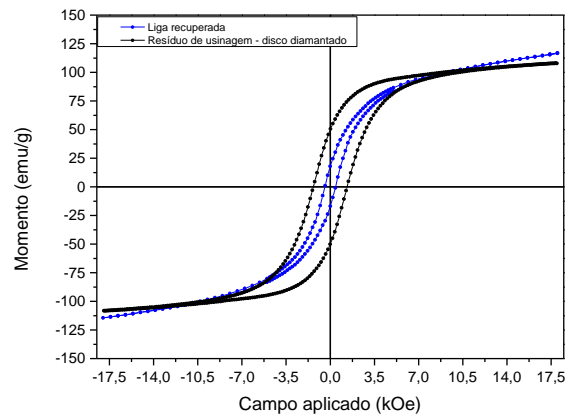
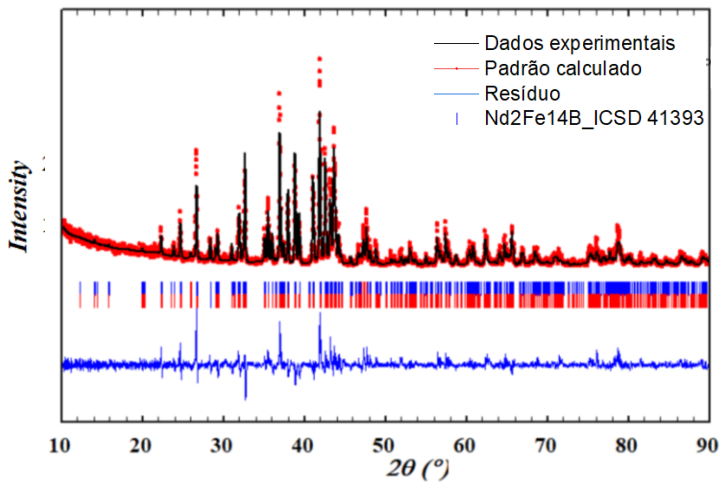
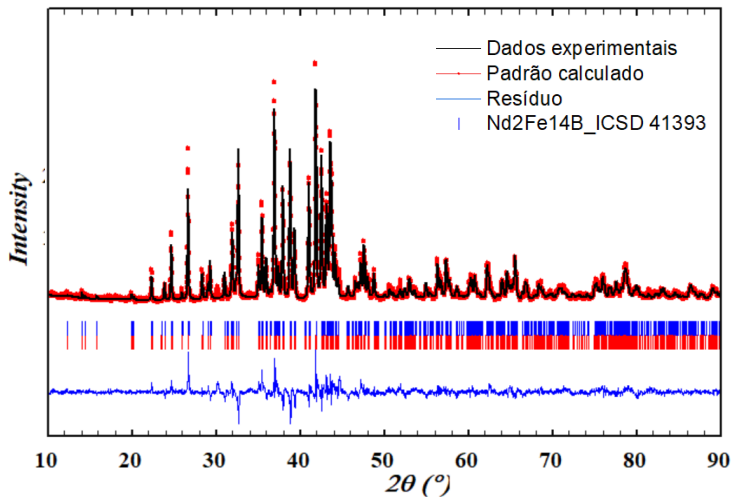


Cite This: <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c08249>



Read Online



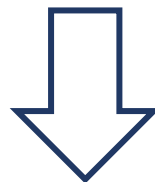


Dissertação de mestrado. MSc Eng Gabriela S. Goulart

Uso de resíduos de usinagem de ímãs de Nd-Fe-B como co-produtos na fabricação de ferritas



Aumento de propriedades magnéticas das ferritas



Redução de etapas para retroalimentação da cadeia de ímãs de Nd-Fe-B

INPI INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

07/08/2023 870230069667
17:15

29409162307055181

Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2023 015863 3



Conclusões

- ✓ No âmbito de uma política de baixo carbono, a chave para o desenvolvimento económico circular sustentável é reduzir a exploração de recursos primários e mudar para recursos secundários, o que também pode aliviar a pressão sobre o fornecimento de terras raras;
- ✓ Embora a tecnologia principal (produção de pó a partir de ímãs de sucata) esteja madura e pronta a ser utilizada, ainda existem partes da cadeia de valor que necessitam de ser melhoradas para uma abordagem de economia circular verdadeira e econômica. Isto aplica-se em particular à coleta e desmantelamento de sucata, bem como à concepção ecológica eficiente (design do produto visando reciclagem);
- ✓ Isto deve ser acompanhado de requisitos legais para devolução, taxas de reciclagem, obrigações de rotulagem e rastreabilidade;
- ✓ Importante desenvolver uma estratégia integrada de Mineração e Reciclagem.



- ✓ ISO/TC 298 – Terras Raras, criado em 2015

Comitê técnico focado em atender às necessidades da indústria e abrange a cadeia de valor desde a mineração do minério até a produção de produtos de alto valor agregado. As normas globais harmonizadas melhorarão a comunicação sobre tecnologia, facilitarão a transferência de tecnologia e a aplicação de equipamentos tanto na produção como nos testes, reduzirão as barreiras comerciais, acelerarão o comércio em grande escala, melhorarão e validarão as práticas de gestão ambiental e garantirão a proveniência de todas as terras raras que entram no fornecimento. corrente.

- ✓ ISO 22450:2020: Reciclagem de elementos de terras raras – Requisitos para fornecer informações sobre resíduos industriais e produtos em fim de vida
- ✓ ISO/TS 22451:2021: Reciclagem de elementos de terras raras – Métodos para a medição de elementos de terras raras em resíduos industriais e produtos em fim de vida
- ✓ ISO 22453:2021: Intercâmbio de informações sobre elementos de terras raras em resíduos industriais e produtos reciclados em fim de vida
- ✓ ISO 22927:2021: Terras raras – Embalagem e rotulagem



Obrigada

Karen Bolis
kabolis.kb@gmail.com
www.cdtm.br/

