

IMPACTOS DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NA DEMANDA POR TERRAS RARAS:

UMA ANÁLISE SOBRE OS CENÁRIOS DE MITIGAÇÃO DO IPCC

[Lucas Bittencourt Romero de Barros,
Mestrando em Planejamento Energético pela
COPPE/UFRJ, +5521988282777,

lucas.barros@ppe.ufrj.br]

[Bruna Machado Targino,
Doutoranda em Planejamento Energético pela
COPPE/UFRJ, +5521998171405,

bruna.targino@ppe.ufrj.br]

[Paulo Henrique Gulelmo de Souza,
Mestrando em Planejamento Energético pela
COPPE/UFRJ, +558498482575,

paulo.souza@ppe.ufrj.br]

Overview

O objetivo deste trabalho é investigar a demanda futura de terras raras a partir de quatro cenários ilustrativos de mitigação selecionados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC: o IMP-SP, IMP-Ren, IMP-Neg e IMP-GS. Nesse sentido, o trabalho orienta-se pela seguinte pergunta: qual é o impacto na demanda por elementos de terras raras no contexto de transição energética? Dada a peculiaridade de cada trajetória ilustrativa, os cenários mostrados apresentam diferentes demandas por elementos de terras raras a depender do grau de intensidade e da tecnologia utilizada. Isto é, o cenário de transição energética requer materiais, mercados e cadeias de suprimento em escalas ainda desconhecidas. Esse desafio carece de uma análise diligente sobre o papel de minerais críticos, dentre os quais destacam-se os que são minérios dos elementos de terras raras, amplamente empregados em turbinas eólicas e veículos elétricos. Este estudo analisa, portanto, a evolução proposta pelos cenários ilustrativos do IPCC e seus impactos na demanda por elementos terras raras.

Methods

A metodologia utilizada para calcular a demanda de terras raras para os cenários ilustrativos de mitigação do 6º relatório do IPCC foi elaborada a partir da base de dados disponibilizada pelo IIASA e de relações sobre demanda e composição de ímãs permanentes encontradas na literatura. Inicialmente, buscaram-se intensidade e momento de inserção das tecnologias necessárias para atendimento do acordo de Paris em cada trajetória. Em seguida, procurou-se na literatura especializada a demanda por ímãs permanentes destas tecnologias. A partir dessa demanda, utilizou-se a composição típica descrita na literatura em cada aplicação final destes ímãs para o cálculo da quantidade de terras raras.

Results

Cada trajetória analisada atinge as metas estabelecidas pelo Acordo de Paris, incorporando diferentes estratégias em graus e momentos distintos. Ainda assim, em todos os casos, espera-se que haja uma inserção significativa da mobilidade elétrica, além do aumento da energia eólica em escalas sem precedentes. Dessa forma, espera-se que as trajetórias que adotam medidas mais aceleradas (IMP-SP e IMP-Ren) tendem a adiantar o aumento da demanda por terras raras, pressionando este mercado em aumentar a oferta no curto prazo. Em contrapartida, as trajetórias que não utilizam estratégias de mitigação pelo lado da demanda (IMP-Neg e IMP-GS) tendem a ter no longo prazo uma demanda maior por terras raras, levantando a possibilidade de escassez de matéria prima para fazer frente a transição energética.

Conclusions

Em síntese, as estratégias de mitigação para limitar o aquecimento global a 2°C até 2100, conforme o Acordo de Paris, abrangem diversas tecnologias e diferentes comportamentos por parte da sociedade no consumo energético. Diferentes exemplos foram fornecidos, pelo IPCC, na forma de trajetórias ilustrativas de mitigação, nas quais o grau, momento e intensidade de cada tecnologia empregada resultam em diferentes demandas de elementos de terras raras. Este trabalho objetiva quantificar e qualificar esta demanda a fim de identificar o impacto das diferentes estratégias para a mitigação do aquecimento global.

References

Clarke, L., Y.-M. Wei, A. De La Vega Navarro, A. Garg, A.N. Hahmann, S. Khennas, I.M.L. Azevedo, A. Löschel, A.K. Singh, L. Steg, G. Strbac, K. Wada, 2022: Energy Systems. In IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.008.

What Are IAMs? - <https://www.iamconsortium.org/what-are-iams/> Acessado: 16/01/2024

Gregory C. Unruh, The Real Stranded Assets of Carbon Lock-In, *One Earth*, Volume 1, Issue 4, 2019, Pages 399-401, ISSN 2590-3322, <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.11.012>.

Gutfleisch, O., Willard, M.A., Brück, E., Chen, C.H., Sankar, S.G. and Liu, J.P. (2011), Magnetic Materials and Devices for the 21st Century: Stronger, Lighter, and More Energy Efficient. *Adv. Mater.*, 23: 821-842. <https://doi.org/10.1002/adma.201002180>

Nejad, A. R., Keller, J., Guo, Y., Sheng, S., Polinder, H., Watson, S., Dong, J., Qin, Z., Ebrahimi, A., Schelenz, R., Gutiérrez Guzmán, F., Cornel, D., Golafshan, R., Jacobs, G., Blockmans, B., Bosmans, J., Pluymers, B., Carroll, J., Koukoura, S., Hart, E., McDonald, A., Natarajan, A., Torsvik, J., Moghadam, F. K., Daems, P.-J., Verstraeten, T., Peeters, C., and Helsen, J.: Wind turbine drivetrains: state-of-the-art technologies and future development trends, *Wind Energ. Sci.*, 7, 387–411, <https://doi.org/10.5194/wes-7-387-2022>, 2022.

Osmanbasic, 2020 – The future of Wind Turbines: Comparing direct drive and gearbox - <https://www.engineering.com/story/the-future-of-wind-turbines-comparing-direct-drive-and-gearbox>

Eva Barteková, Chapter 10 - The Role of Rare Earth Supply Risk in Low-Carbon Technology Innovation, Editor(s): Ismar Borges De Lima, Walter Leal Filho, *Rare Earths Industry*, Elsevier, 2016, Pages 153-169, ISBN 9780128023280, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802328-0.00010-3>.

Constantinides, S., 2012. The Important Role of Dysprosium in Modern Permanent Magnets - <http://www.arnoldmagnetics.com/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id%5701>.

IEA (2023), *Global EV Outlook 2023*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>, License: CC BY 4.0

David Brown, Bao-Min Ma, and Zhongmin Chen. Developments in the processing and properties of NdFeB-type permanent magnets. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 248(3):432–440, 2002.

High Grade Magnet (SH, UH, EH, AH Series) - <https://jtcopper.com/products/high-grade-magnet-sh-uh-eh-ah-series/#detail-form1>

J. Weyant, Some contributions of integrated assessment models of global climate change, *Rev. Environ. Econ. Policy* 11 (2017) 115–137, doi: 10.1093/ reep/rew018

Natalia Rubiano Rivadeneira, Wim Carton, (In)justice in modelled climate futures: A review of integrated assessment modelling critiques through a justice lens, *Energy Research & Social Science*, Volume 92, 2022, 102781, ISSN 2214-6296, doi: 10.1016/j.erss.2022.102781.

Alonso, E., Wallington, T.J., Sherman, A.M., Everson, M.P., Field, F.R., Roth, R., Kirchain, R.E., 2012. An assessment of the rare earth element content of conventional and electric vehicles. *SAE International Journal of Materials & Manufacturing* 5 (2), 473–477.

US Department of Energy – Critical Materials Strategy, December 2011 - https://www.energy.gov/sites/prod/files/DOE_CMS2011_FINAL_Full.pdf

US Department of Energy – Rare Earth Permanent Magnets – Supply Chain Deep Dive Assessment, US Department of Energy Response to Executive Order 14017, “America’s Supply Chain”, 2022

AR6 Scenario Explorer – hosted by IIASA - <https://data.ece.iiasa.ac.at/ar6/#/workspaces>

Supply and Demand – Arafura Rare Earth Limited, 2023 <https://www.arultd.com/products/supply-and-demand>