

# REVISTA TÓPICOS

---

## EXPLORANDO OS ELEMENTOS DO GRUPO 9: HISTÓRICO, PROPRIEDADES E APLICAÇÕES

DOI: 10.5281/zenodo.16341134

*Vinicius Melo Soares<sup>1</sup>*

### RESUMO

O presente artigo propõe uma análise aprofundada dos elementos que compõem o grupo 9 da Tabela Periódica: Cobalto (Co), Ródio (Rh), Irídio (Ir) e Meitnério (Mt). A abordagem integra aspectos históricos de suas descobertas, explora propriedades físico-químicas fundamentais e discute suas aplicações em contextos tecnológicos contemporâneos. Tais elementos, ainda que apresentem ocorrência geológica restrita, destacam-se por atributos como resistência à corrosão, versatilidade catalítica e multiplicidade de estados de oxidação. O cobalto, o mais abundante do grupo, ocupa papel estratégico na fabricação de ligas metálicas e baterias de íons de lítio, essenciais à transição energética em curso. Já o ródio e o irídio, de ocorrência muito mais rara, tornaram-se indispensáveis em catalisadores automotivos e dispositivos de alta performance. O meitnério, por sua vez, é um elemento sintético e instável, cuja importância se dá principalmente no campo da pesquisa teórica em química nuclear. O estudo também examina os desafios relacionados à escassez e à extração desses metais, evidenciando as implicações socioambientais que envolvem sua exploração e a urgência

**REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672**

# REVISTA TÓPICOS

---

em desenvolver soluções sustentáveis. Conclui-se que, mesmo diante das dificuldades logísticas e éticas em sua obtenção, os elementos do grupo 9 permanecem centrais para o avanço científico e tecnológico, apontando para horizontes promissores em inovação e sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Grupo 9. Metais de transição. Cobalto. Ródio. Irídio.

## ABSTRACT

This article presents an in-depth analysis of the elements that constitute Group 9 of the Periodic Table: Cobalt (Co), Rhodium (Rh), Iridium (Ir), and Meitnerium (Mt). The discussion integrates historical aspects of their discoveries, examines key physicochemical properties, and explores their applications in contemporary technological contexts. Although these elements are geologically scarce, they stand out for their resistance to corrosion, catalytic versatility, and multiple oxidation states. Cobalt, the most abundant of the group, plays a strategic role in the production of metal alloys and lithium-ion batteries, which are essential to the ongoing energy transition. Rhodium and iridium, much rarer, have become indispensable in automotive catalysts and high-performance devices. Meitnerium, in turn, is a synthetic and highly unstable element, primarily relevant to theoretical research in nuclear chemistry. The study also addresses the challenges associated with the scarcity and extraction of these metals, highlighting the socio-environmental implications of their exploitation and the urgent need for sustainable alternatives. It concludes that, despite the logistical and ethical challenges related to their acquisition, Group 9 elements remain central to scientific and technological progress, offering promising pathways

# REVISTA TÓPICOS

---

toward innovation and sustainability.

**Keywords:** Group 9. Transition metals. Cobalt. Rhodium. Iridium.

## 1 INTRODUÇÃO

Os elementos pertencentes ao grupo 9 da Tabela Periódica — Cobalto (Co), Ródio (Rh), Irídio (Ir) e Meitnério (Mt) — são metais de transição que, apesar de suas particularidades, compartilham características químicas e físicas de grande interesse científico e industrial (MORA; SIHVENGER, 2006). Embora sejam relativamente raros na crosta terrestre, com o cobalto sendo o mais abundante, suas propriedades notáveis, como alta capacidade catalítica, tendência à formação de compostos de coordenação e elevada resistência à corrosão, os tornam essenciais em diversas aplicações tecnológicas avançadas (LEE, 1999).

A identificação desses elementos representa marcos importantes na história da química. O Cobalto foi o primeiro a ser isolado em 1735, embora seus compostos já fossem usados há milênios como pigmentos (MEDEIROS, 2013). Posteriormente, em 1803, o Ródio e o Irídio foram descobertos quase simultaneamente a partir de estudos com minérios de platina. Séculos depois, em um contexto de pesquisa de fronteira, o Meitnério, um elemento sintético e superpesado, foi produzido pela primeira vez em 1982, expandindo os limites da Tabela Periódica (DINGLE, 2017).

A relevância desses elementos transcende o laboratório. O cobalto, por exemplo, é um componente crítico para a transição energética, sendo fundamental em baterias de íons de lítio que alimentam de smartphones a

# REVISTA TÓPICOS

---

veículos elétricos. Contudo, sua extração levanta sérios debates socioambientais, impulsionando a busca por alternativas mais sustentáveis (NORTON, 2024). Da mesma forma, a extrema raridade e as propriedades únicas do ródio e do irídio os tornam indispensáveis em catalisadores automotivos e em tecnologias de alta performance, como na indústria aeroespacial.

Neste contexto, o presente trabalho justifica-se pela necessidade de consolidar o conhecimento sobre esses materiais estratégicos. A crescente demanda tecnológica e os desafios associados à sua obtenção tornam imperativo um entendimento aprofundado de suas características e potencialidades.

Sendo assim, o objetivo deste artigo é realizar uma revisão exploratória sobre os elementos do grupo 9, abordando seu histórico, suas principais propriedades físico-químicas, suas aplicações tecnológicas mais relevantes e as tendências periódicas que os correlacionam.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Histórico dos Elementos**

O Cobalto, primeiro elemento do grupo 9 a ser descoberto, tem uma história rica que precede sua identificação oficial. Antes de sua descoberta por Georg Brandt em 1735, compostos de cobalto já eram utilizados por civilizações antigas para colorir vidros e cerâmicas em tons de azul. Os egípcios utilizavam compostos de cobalto em ornamentos desde 2600 a.C., e os

# REVISTA TÓPICOS

---

chineses empregavam estes compostos em suas porcelanas durante a Dinastia Tang (618-907 d.C.) e a Dinastia Ming (1368-1644). Em 1735, o químico sueco Georg Brandt (1694-1768) conseguiu isolar o cobalto metálico pela primeira vez, utilizando uma amostra do mineral esmaltita como fonte do elemento. Na natureza, o cobalto é encontrado principalmente sob a forma do isótopo estável  $^{59}\text{Co}$ , enquanto o isótopo radioativo  $^{60}\text{Co}$  pode ser produzido sinteticamente a partir do  $^{59}\text{Co}$  por meio de bombardeio com nêutrons. Este elemento é classificado como um metal de transição no quarto período da tabela periódica. O cobalto ocorre combinado em mais de 200 minerais, dos quais alguns têm relevância comercial, como a esmaltita ( $\text{CoAs}_2$ ), a cobaltita ( $\text{CoAsS}$ ), a linneíta ( $\text{Co}_3\text{S}_4$ ) e a eritrita ( $\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ). Esses minerais frequentemente contêm cobalto associado a outros metais, incluindo níquel, cobre, ferro, chumbo e prata (MEDEIROS, 2013).

# REVISTA TÓPICOS

---



**Figuras 1 e 2.** Cerâmica da dinastia Ming e painel egípcio. Civilizações antigas já utilizava compostos de cobalto para dar a coloração azul.

O processo de descoberta do Ródio por Wollaston em 1803 envolveu um meticuloso trabalho de separação química. Após dissolver minério de platina em água régia, Wollaston identificou o novo elemento através de uma série de precipitações seletivas. O processo envolveu primeiro a remoção da platina com cloreto de amônio, seguida pela precipitação do ródio usando diferentes reagentes. O ródio é um metal raro que pode ser encontrado em estado metálico livre em algumas regiões da América do Norte, além de ocorrer em depósitos de níquel e cobre, principalmente no Canadá e na África do Sul, onde é extraído comercialmente. Embora seja muito raro, o ródio é obtido principalmente como subproduto da mineração de outros metais, como a platina e o níquel. Existem poucos minerais de ródio

# REVISTA TÓPICOS

---

conhecidos, sendo os mais notáveis a rodolita e a laurita. Devido à sua resistência à corrosão e alta reflexão da luz, o ródio é utilizado em várias aplicações industriais, incluindo catalisadores automotivos e revestimentos de joias (WINTER, 2025).

O irídio foi identificado em 1803 pelo químico britânico Smithson Tennant, que também reconheceu simultaneamente o ósmio durante seus estudos sobre resíduos insolúveis derivados da platina. Para isolar o irídio, Tennant utilizou resíduos pretos remanescentes após dissolver platina em água régia, tratando-os com soda cáustica (NaOH) e repetidamente extraindo com ácido clorídrico (HCl). Durante os experimentos, ele obteve cristais vermelhos, possivelmente identificados como  $\text{Na}_2[\text{IrCl}_6] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , que ao serem aquecidos geravam um pó branco notavelmente resistente ao calor extremo. O nome "irídio" foi inspirado na deusa grega Íris, conhecida por suas associações com o arco-íris, uma referência à ampla gama de cores apresentadas pelos compostos de irídio em solução aquosa. O irídio é um metal raro na crosta terrestre, com uma abundância muito inferior à do ouro, estimando-se que sua concentração seja 40 vezes menor. Sua afinidade com o ferro, conhecida como siderofilia, sugere que o irídio tenha se acumulado em camadas mais profundas da Terra durante sua formação (HUNT, 1987). Embora escasso em nosso planeta, o elemento é mais abundante em asteroides e está ligado a um evento cataclísmico importante: a extinção do Cretáceo-Paleógeno, que ocorreu cerca de 65 milhões de anos atrás e resultou na extinção de 70% das espécies, incluindo os dinossauros não voadores. A presença de uma camada geológica com concentrações elevadas de irídio foi uma pista crucial que levou cientistas como Luis Alvarez a sugerirem que um asteroide, rico nesse

# REVISTA TÓPICOS

---

elemento, teria causado o evento de extinção. Acredita-se que boa parte do irídio encontrado na Terra tenha origem nesse impacto. Nos minérios, o irídio é mais concentrado nos minérios de platina, sendo especialmente abundante nos minérios osmirídio e iridosmina, que, quando associados ao metal ósmio, podem apresentar concentrações de até 80% (NOVAIS, 2025).

O meitnério é um elemento sintético superpesado com o número atômico 109, descoberto em 1982 no Instituto de Pesquisa de Íons Pesados (GSI) em Darmstadt, Alemanha. A equipe de pesquisadores liderada por Peter Armbruster e Gottfried Münzenberg conseguiu produzi-lo ao bombardear átomos de bismuto-209 com íons de ferro-58. Este processo gerou o isótopo  $^{266}\text{Mt}$ , que se desintegra rapidamente por emissão de partículas alfa, com uma meia-vida de apenas frações de segundo. Embora o meitnério não tenha aplicações práticas devido à sua instabilidade e escassez, ele desempenha um papel crucial no estudo dos limites da tabela periódica e na compreensão das propriedades de elementos transurânicos. Sua síntese e caracterização representaram um avanço significativo no desenvolvimento de técnicas para produzir e identificar núcleos atômicos instáveis. Os desafios de estudar elementos como o meitnério incluem sua curta meia-vida e as baixíssimas quantidades que podem ser produzidas, muitas vezes apenas alguns átomos por experimento. Essas dificuldades exigem o uso de detectores altamente sensíveis e aceleradores de partículas de alta energia. Além disso, o meitnério serve como um modelo teórico para prever o comportamento químico e nuclear de elementos ainda mais pesados, contribuindo para a busca de uma possível "ilha de estabilidade" — uma região hipotética da tabela periódica onde os núcleos atômicos teriam maior estabilidade e

# REVISTA TÓPICOS

---

tempos de vida significativamente mais longos. A importância histórica e científica do meitnério também é reforçada por sua homenagem a Lise Meitner, uma das descobridoras da fissão nuclear, cujo trabalho foi fundamental para a física moderna, mas que não recebeu o Prêmio Nobel pela descoberta (DINGLE, 2017).



**Figura 3.** Instituto de Pesquisa de Íons Pesados (GSI) em Darmstadt, Alemanha.

## 2.2 Propriedades Físico-Químicas

**REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672**

# REVISTA TÓPICOS

---

Os elementos Cobalto (Co), Ródio (Rh) e Irídio (Ir) são metais de transição pertencentes ao Grupo 9 da tabela periódica. Em termos de configuração eletrônica, o Cobalto apresenta  $[\text{Ar}] 3d^7 4s^2$ , o Ródio possui  $[\text{Kr}] 4d^8 5s^1$ , e o Irídio tem  $[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^7 6s^2$ . Quanto às propriedades periódicas, seus raios atômicos/covalentes são muito próximos, sendo 1,16 Å para o Cobalto, 1,25 Å para o Ródio e 1,26 Å para o Irídio. Estes elementos podem apresentar diversos estados de oxidação. O Cobalto possui estados que variam de -1 a +4, sendo os estados +2 e +3 os mais comuns, enquanto o estado +4 é instável. O Ródio apresenta estados de -1 a +6, com predominância do estado +3. Já o Irídio possui a maior variação, de -1 a +6, tendo os estados +3 e +4 como os mais frequentes. Em relação às propriedades físicas, observa-se um aumento progressivo nos pontos de fusão e ebulição ao longo do grupo. O Cobalto funde a 1495°C e ferve a 3100°C, o Ródio funde a 1960°C e ferve a 3760°C, enquanto o Irídio apresenta o ponto de fusão de 2443°C e ebulição aproximada de 4550°C. As densidades também aumentam significativamente: Cobalto com 8,90 g/cm<sup>3</sup>, Ródio com 12,39 g/cm<sup>3</sup> e Irídio com 22,61 g/cm<sup>3</sup>. Uma característica particular do Cobalto é seu comportamento ferromagnético. Estes elementos são relativamente raros na crosta terrestre, com o Cobalto sendo o mais abundante (30 ppm), seguido pelo Irídio (0,001 ppm) e Ródio (0,0001 ppm). Todos apresentam importantes propriedades catalíticas e formam diversos compostos de coordenação, além de serem resistentes à corrosão. Entre eles, o Cobalto destaca-se por seu papel biológico, sendo um componente essencial da vitamina B<sub>12</sub> e, portanto, importante para os organismos vivos<sup>1</sup> (MORA; SIHVINGER, 2006). O Meitnério, também pertencente ao Grupo 9, é um elemento sintético super-pesado com características únicas. Sua

**REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672**

# REVISTA TÓPICOS

---

configuração eletrônica prevista é  $[Rn] 5f^{14} 6d^7 7s^2$ . Por ser um elemento artificial altamente radioativo e com meia-vida extremamente curta, suas propriedades físico-químicas são majoritariamente baseadas em previsões teóricas. Espera-se que apresente estados de oxidação (+2), (+4) e (+6), e sua densidade é teoricamente estimada em 27-28 g/cm<sup>3</sup>. Até o momento, foi produzido apenas em laboratório em quantidades ínfimas, não possui isótopos estáveis conhecidos e ainda não apresenta aplicações práticas devido à sua instabilidade (GONÇALVES, 2025).

### 3 METODOLOGIA

Este estudo constitui uma revisão bibliográfica de caráter exploratório e descritivo, cujo objetivo central é a coleta, análise e síntese do conhecimento consolidado sobre os elementos químicos do Grupo 9 da Tabela Periódica. A construção do referencial teórico fundamentou-se em uma gama diversificada de fontes, englobando bases de dados científicas consolidadas, como SciELO, Google Scholar e Periódicos CAPES, bem como obras de referência da química inorgânica. A pesquisa foi complementada por artigos de divulgação científica e materiais técnicos de portais especializados e instituições de renome.

A busca pela literatura pertinente foi conduzida de forma sistemática, empregando-se um conjunto de descritores e suas combinações, tais como "elementos grupo 9", "propriedades do cobalto", "história do irídio", "aplicações do ródio", "meitnério" e "baterias de cobalto". O processo de seleção do material analisado priorizou a relevância do conteúdo em relação aos objetivos da pesquisa, a credibilidade acadêmica das fontes e a

**REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672**

# REVISTA TÓPICOS

---

atualidade das informações, com especial atenção aos documentos que abordam aplicações tecnológicas e os desafios socioambientais contemporâneos.

Por fim, as informações selecionadas foram analisadas e organizadas em uma estrutura sequencial lógica. O trabalho foi delineado para guiar o leitor desde o contexto histórico e as propriedades fundamentais dos elementos até as suas aplicações, culminando na discussão e nas conclusões do estudo.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES OU ANÁLISE DOS DADOS**

### **4.1 Aplicações e Importância Tecnológica**

Os elementos do grupo 9, como o cobalto, ródio e irídio, são raros na crosta terrestre, e suas aplicações são essenciais em diversos campos tecnológicos. O cobalto, encontrado principalmente em minérios como a cobaltita e esmaltita, é extraído principalmente como subproduto da mineração de níquel e cobre. Uma de suas aplicações mais notáveis é na fabricação de ligas de alta temperatura, como as utilizadas em turbinas a jato e ferramentas de corte, devido à sua resistência ao calor. Além disso, o cobalto é fundamental na produção de pigmentos, especialmente o azul utilizado em cerâmica e vidro, e em ligas magnéticas para ímãs permanentes. Também é essencial em pequenas quantidades como "secante" em tintas a óleo, e sua forma radioativa, o isótopo  $^{60}\text{Co}$ , é utilizado em tratamentos de radioterapia para cânceres (LEE,1999).

# REVISTA TÓPICOS

---



Figura 4. Minério de esmaltita

O cobalto é um metal essencial para diversas tecnologias modernas, especialmente no setor de baterias de íons de lítio. Essas baterias são amplamente utilizadas em dispositivos como smartphones, laptops, veículos elétricos e até mesmo em cigarros eletrônicos. À medida que o mundo avança na transição para fontes de energia renováveis, a demanda por essas baterias e, conseqüentemente, por cobalto, aumentou consideravelmente. Segundo um relatório do Fórum Econômico Mundial, espera-se que a demanda global por cobalto quadruple até 2030, principalmente devido à crescente adoção de veículos elétricos (NORTON, 2024).

**REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672**

# REVISTA TÓPICOS

---

O ródio e o irídio, por sua vez, são mais raros e encontrados em minérios extraídos principalmente na África do Sul, Canadá e ex-URSS. O ródio, devido às suas propriedades catalíticas, é amplamente utilizado em sistemas de controle de emissões de veículos, além de ser um catalisador eficaz em reações químicas, como a hidrogenação. O irídio é conhecido por sua durabilidade e é utilizado na produção de ligas altamente resistentes, como aquelas usadas em eixos de instrumentos de precisão e em velas de ignição de longa duração. Essas ligas são caras, mas possuem aplicações militares e industriais críticas. Tanto o ródio quanto o irídio, apesar de sua escassez, têm um impacto significativo em diversas tecnologias avançadas, especialmente em áreas que exigem materiais de alto desempenho e resistência extrema (LEE,1999). O irídio é utilizado em diversas tecnologias avançadas devido à sua excepcional dureza e resistência à corrosão. Ele é comumente combinado com ósmio em ligas que são aplicadas em rolamentos, penas de canetas tinteiro e suportes de compassos. Além disso, o metal é fundamental na fabricação de cadinhos e utensílios capazes de suportar temperaturas extremamente altas. Sua resistência a condições adversas também o torna ideal para ser utilizado em contatos elétricos, como velas de ignição em veículos. O irídio é ainda empregado como fonte de radiação (Ir-192) no tratamento de câncer e como catalisador na produção de ácido acético. No campo da exploração espacial, o irídio é usado para revestir espelhos de telescópios, como os do Observatório de Raios-X Chandra, e em depósitos de combustível de plutônio em sondas nucleares de longo alcance. Embora não tenha função biológica conhecida, seus sais podem ser tóxicos se ingeridos (GUEKEZIAN, 2023).

# REVISTA TÓPICOS

---

## 4.2 Tendências, Desafios e Perspectivas

Os elementos da família 9 da tabela periódica, embora possuam propriedades e aplicações distintas, compartilham diversas características comuns que os classificam como metais de transição. Uma análise comparativa entre o Cobalto (Co), Ródio (Rh), Irídio (Ir) e Meitnério (Mt) revela tanto semelhanças quanto diferenças, refletindo as tendências periódicas que regem as propriedades dos elementos (LEE, 1999).

À medida que avançamos na tabela periódica de cima para baixo, observa-se um aumento geral na densidade, ponto de fusão e ponto de ebulição. O Cobalto, por ser o elemento mais leve e de menor número atômico, possui um ponto de fusão relativamente mais baixo ( $1495^{\circ}\text{C}$ ), enquanto o Irídio, devido ao seu número atômico mais alto e características estruturais mais fortes, apresenta um ponto de fusão elevado ( $2443^{\circ}\text{C}$ ), tornando-se altamente resistente ao calor. Isso também se reflete em sua maior densidade, com o Irídio atingindo  $22,61\text{ g/cm}^3$ , em contraste com os  $8,90\text{ g/cm}^3$  do Cobalto. Esse aumento de propriedades físico-químicas ao longo do grupo é uma tendência típica dos metais de transição, à medida que os elementos se aproximam da parte inferior da tabela (LEE, 1999).

A variação nos estados de oxidação também é notável. O Cobalto, com os estados de oxidação mais comuns em +2 e +3, apresenta uma menor diversidade em comparação com o Ródio e o Irídio, que podem formar uma gama maior de estados de oxidação (de -1 a +6), especialmente no caso do Irídio. Essa variação permite uma maior flexibilidade nas suas reações químicas, especialmente em processos catalíticos (LEE, 1999).

**REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672**

# REVISTA TÓPICOS

---

O Meitnério, embora ainda seja sintético e extremamente instável, também segue as tendências periódicas observadas nos outros membros do grupo, sendo previsto que possua propriedades de alta densidade e a habilidade de formar diversos estados de oxidação. Porém, devido à sua escassez e instabilidade, seu potencial para aplicações práticas ainda é incerto (GONÇALVES, 201-).

A escassez de certos elementos do Grupo 9, como o Irídio e o Ródio, tem levado à busca por alternativas e ao desenvolvimento de novas tecnologias. O Irídio, em particular, é notável por sua raridade na crosta terrestre e seu custo elevado. Isso tem levado cientistas a pesquisar maneiras de sintetizar compostos ou desenvolver materiais alternativos que possam desempenhar funções semelhantes, especialmente em aplicações espaciais e em tecnologias de alta performance (FREITAS, 2024).

Além disso, a crescente demanda por dispositivos de armazenamento de energia, como as baterias de íons de lítio, tem colocado uma pressão considerável sobre a oferta de cobalto, um dos principais componentes dessas baterias. Contudo, a exploração do cobalto está associada a questões sérias, como o trabalho infantil, especialmente em países como a República Democrática do Congo (RDC), responsável por mais de 50% da produção mundial do mineral. Esse contexto tem gerado um impulso por soluções alternativas para reduzir ou eliminar o uso de cobalto nas baterias, sem aumentar substancialmente a concentração de níquel, que também apresenta desafios econômicos. Pesquisadores da Universidade da Califórnia, nos Estados Unidos, desenvolveram uma nova abordagem que pode

# REVISTA TÓPICOS

---

revolucionar a indústria. Eles criaram uma bateria de íons de lítio livre de cobalto, com baixo teor de níquel, mantendo a alta eficiência e, conseqüentemente, reduzindo os impactos socioambientais associados à extração de cobalto. Essa inovação é particularmente promissora para a indústria de carros elétricos, que busca alternativas mais sustentáveis e com custos mais acessíveis, além de minimizar os problemas relacionados à extração de minerais críticos, como o cobalto. A busca por fontes alternativas e a reciclagem de Cobalto têm se intensificado, com o objetivo de reduzir a dependência de minérios escassos e garantir a sustentabilidade das tecnologias emergentes (FORATO, 2023).

## 5 CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo dos elementos do grupo 9 da tabela periódica confirma a complexidade e a importância crítica desses materiais raros para o avanço tecnológico. As propriedades diferenciadas de cobalto, ródio e irídio — como resistência, capacidade catalítica e versatilidade redox — garantem-lhes papéis insubstituíveis em indústrias que vão da energia à aeroespacial.

Os objetivos propostos foram atingidos, uma vez que a revisão explorou o histórico, as propriedades e as aplicações, evidenciando que a crescente demanda por novas tecnologias desafia a ciência a encontrar soluções para a escassez e para os dilemas éticos de extração, especialmente do cobalto.

Conclui-se que, embora a dependência desses elementos persista a curto e médio prazo, o futuro aponta para a inovação em materiais alternativos, como as novas baterias sem cobalto, e para o fortalecimento da economia

# REVISTA TÓPICOS

---

circular por meio da reciclagem. Esses caminhos são essenciais para assegurar que o progresso tecnológico seja cada vez mais sustentável e eficiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DINGLE, A. Meitnerium in tribute. **Nature Chemistry**, v. 9, p. 830, 2017.

FORATO, F. Cientistas descobrem método para substituir o cobalto nas baterias. **Canaltech**, 2023. Disponível em: <https://canaltech.com.br/inovacao/cientistas-descobrem-metodo-para-substituir-o-cobalto-nas-baterias-253174/>. Acesso em: 9 jan. 2025.

FREITAS, P. O que é irídio, o raro material mais caro que ouro? **Mega Curioso**, 2024. Disponível em: <https://www.megacurioso.com.br/ciencia/128480-o-que-e-iridio-o-raro-material-mais-carro-que-ouro.htm>. Acesso em: 9 jan. 2025.

GONÇALVES, J. P. Meitnério (Mt). **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/meitnerio-mt.htm>. Acesso em: 9 jan. 2025.

GUEKEZIAN, M. Elementos Químicos – Irídio. **CRQ-SP**, 2023. Disponível em: <https://crqsp.org.br/iridio-mais-carro-que-ouro/>. Acesso em: 9 jan. 2025.

HUNT, L. B. A history of iridium: overcoming the difficulties of melting and fabrication. **Platinum Metals Review**, v. 31, n. 1, p. 32-41, 1987.

**REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672**

# REVISTA TÓPICOS

---

LEE, J. D. **Química inorgânica não tão concisa**. 5. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

MEDEIROS, M. A. Cobalto. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 3, p. 220-221, 2013.

MORA, N. D.; SIHVENGER, J. C. **Apostila de Química Geral**. Foz do Iguaçu: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2006.

NORTON, K. O que é o cobalto, tão essencial para as tecnologias atuais, e quais controvérsias ele esconde? **National Geographic Brasil**, 2024. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2024/01/o-que-e-o-cobalto-tao-essencial-para-as-tecnologias-atuais-e-quais-controversias-ele-esconde>. Acesso em: 9 jan. 2025.

NOVAIS, S. A. Irídio (Ir). **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/iridio-ir.htm>. Acesso em: 8 jan. 2025.

WINTER, M. **WebElements**: The periodic table on the WWW. The University of Sheffield and WebElements Ltd, UK, 1993-2025. Disponível em: <https://www.webelements.com/rhodium/index.html>. Acesso em: 8 jan. 2025.

<sup>1</sup> Discente do Curso Superior de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro Campus Duque de Caxias e-mail: [viniciusquimica10@gmail.com](mailto:viniciusquimica10@gmail.com)