

ARTIGO

AS ENGENHARIAS DO SETOR MÍNERO-METALÚRGICO VÃO ACABAR?

**NÃO, SE CONSEGUIRMOS FAZER
COM QUE OS JOVENS ASPIREM SER
OS PROTAGONISTAS DA TRANSFORMAÇÃO
NESTA INDÚSTRIA**

**RODRIGO RANGEL PORCARO
JOHNE DE JESUS MOL PEIXOTO
PHILIPE SILVA CARDOSO DE CASTRO
GERALDO LÚCIO DE FARIA**

Blucher

AS ENGENHARIAS DO SETOR MÍNERO-METALÚRGICO VÃO ACABAR?

Não, se conseguirmos fazer com que os jovens aspirem ser os protagonistas da transformação nesta indústria

Rodrigo Rangel Porcaro¹

Johne de Jesus Mol Peixoto¹

Philippe Silva Cardoso de Castro¹

Geraldo Lúcio de Faria^{1,2}

RESUMO

A inspiração para o título deste trabalho surgiu de uma pergunta feita por um calouro de um Curso de Engenharia Metalúrgica do Brasil ao ser apresentado aos dados que motivaram este estudo. Nunca houve tanta extração, processamento, refino e desenvolvimento de metais, ligas e outros materiais quanto nos últimos anos. A alta tecnologia empregada e o desenvolvimento contínuo indicam que o setor Mínero-metallúrgico terá um papel central na transição energética e na implementação da “era da sustentabilidade”. No entanto, nunca foi tão difícil atrair e manter talentos nas Engenharias relacionadas. Neste trabalho, é apresentado um levantamento de dados, experiências e discussões internacionais sobre a escassez de estudantes nos cursos de Engenharias voltados para o setor, além de um estudo inédito sobre o cenário brasileiro. O desinteresse das novas gerações pelos cursos dessa área não parece mais ser sazonal ou apenas ligado à variação dos preços de *commodities*, como no passado. Suas razões são múltiplas e similares em todo o mundo: pesquisas mostram que a imagem do setor não é atrativa, especialmente para a Geração Z. Será preciso um esforço que vai além da academia/governos para reverter o quadro a curto/mé-

¹ Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais – Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto (MG), Brasil.

² Contato: geraldofaria@ufop.edu.br

dio prazo, somando gestores, instituições não governamentais e órgãos de classe para mostrar aos jovens como eles podem ser os protagonistas da transformação desse segmento industrial no Brasil e no Mundo.

Palavras-chave: Formação de Engenheiros; Setor Mínero-metalúrgico; Baixa Atratividade; Retenção de Talentos

Is this the end of Mining and Metallurgical-related Engineering?

No, if we can inspire young people to become the protagonists of this industry transformation

Abstract

The inspiration for the title came from a question asked by a freshman in a Metallurgical Engineering course in Brazil when presented with the data that motivated this study. There has never been as much extraction, processing, refining, and development of metals, alloys, and other materials as in recent years. The high technology employed and continuous development indicate that the mining and metallurgical sector will play a central role in the energy transition and the “sustainability era” implementation. However, attracting and retaining talent in related Engineering fields has never been so difficult. This work presents a data survey, experiences, and international discussions on the shortage of students in engineering courses focused on the sector, as well as an unprecedented study on the Brazilian scenario. The lack of interest from the new generations in these courses no longer seems to be seasonal or merely linked to commodity price fluctuations, as in the past. The reasons are multiple and similar worldwide: research shows that the sector’s image is not attractive, especially to Generation Z. It will require an effort that goes beyond academia and governments to reverse this situation in the short to medium term. It involves bringing together managers, non-governmental organizations, and professional bodies to show young people how they can be the protagonists of the transformation in this industrial segment.

Keywords: Engineering Education; Mining and Metals Sector; Engineering Attractiveness; Talent Retention.

1. INTRODUÇÃO

Há uma percepção muito difundida, a partir de observações empíricas, de que a taxa de evasão dos cursos de Engenharia ligados ao setor Mínero-metalúrgico tem crescido de forma constante e preocupante no Brasil. Essas observações empíricas indicam que a situação se agravou, sobretudo, a partir de 2016.

Diversas publicações internacionais recentes também têm levantado a preocupação do setor Mínero-metalúrgico com a redução da formação de Engenheiros no mundo, sobretudo de Minas, Metalúrgicos e Geólogos e a consequência disso para países desenvolvidos e em desenvolvimento [1-5].

Um artigo recente da Bloomberg [5] destaca uma preocupante diminuição no interesse de estudantes em carreiras como Engenharia de Minas, Geologia e Metallurgia. Segundo os autores, uma imagem negativa do setor tem levado muitos jovens a associá-lo a questões de poluição e problemas relacionados aos direitos humanos e à equidade de gênero. Ao mesmo tempo, a escassez de mão de obra especializada está impactando a produção de metais essenciais para a transição energética. Por exemplo, na renomada Colorado School of Mines, o número de matrículas caiu de 399, em 2013, para 256, em 2022, uma queda de 35% em Engenharias relacionadas a esse setor.

Outro ponto destacado é a redução no número de trabalhadores nas principais mineradoras do mundo, resultado de melhorias em eficiência, automação e uso de inteligência artificial. Na empresa Rio Tinto, por exemplo, havia 66 mil empregados em 2013, produzindo 209 milhões de toneladas de minério de ferro. Em 2022, apenas 46.400 empregados foram responsáveis pela produção de 283 milhões de toneladas. Já na mineradora BHP, em 2013, 129 mil colaboradores produziram 170 milhões de toneladas de minério de ferro. Em contraste, em 2022, 79 mil colaboradores foram capazes de entregar 253 milhões de toneladas [5].

No entanto, diversas fontes indicam que há um aumento crescente de vagas não preenchidas no setor [6]. Nos EUA, por exemplo, a taxa de vagas não ocupadas cresceu para 5,1% em março de 2023, em comparação a 3,6% em 2018. No Canadá, o aumento foi de 2,4% para 4,6% de vagas ociosas entre junho de 2018 e junho de 2023. Na Austrália, o número de vagas abertas no setor de mineração cresceu para 11.700 em maio de 2023, comparado a 2.500 em maio de 2016.

Um estudo apresentado pela Deloitte no ano de 2023 [7] indicou que aproximadamente 50% dos Engenheiros de Minas nos Estados Unidos irão se aposentar na próxima década, sendo que a idade média desses trabalhadores era 46 anos. O mesmo estudo revelou que o Canadá precisará contratar entre 80 e 120 mil trabalhadores no setor mineral até 2030. Em abril de 2023, o setor de mineração nos Estados Unidos tinha 36 mil vagas em aberto [4]. Uma pesquisa conduzida pela

McKinsey [8] mostrou que 71% dos executivos do setor de mineração concordam que há uma escassez de talentos que já tem prejudicado o crescimento dos negócios. Além disso, 86% relataram dificuldades em recrutar e reter talentos, especialmente em áreas altamente especializadas como o planejamento de mina, engenharia de processos e análise de dados.

No caso do Chile, o maior produtor de cobre do mundo e o segundo maior produtor de lítio, metais-chave para a transição energética, estima-se que serão necessários 34 mil novos profissionais no setor Mínero-metalúrgico até 2032 [4]. Contradictoriamente, os dados sobre a redução da procura e a queda no número de formandos em Engenharia de Minas são preocupantes: por exemplo, nos EUA, houve uma queda de 39% entre 2016 e 2020, e, na Austrália, a queda foi de 63% entre 2014 e 2018 [8].

Os números dos parágrafos anteriores indicam que a queda na procura dos jovens por cursos no setor Mínero-metalúrgico não pode ser explicada apenas por uma eventual falta de oportunidades no mercado de trabalho. Pelo contrário, há uma expectativa de que a diminuição no número de graduados resulte em carreiras lucrativas para aqueles que escolherem o setor [5, 9]. Dados mostram que o salário médio anual de Engenheiros Metalúrgicos e de Minas nos Estados Unidos era de \$131.370, comparado a uma média geral de \$59.384 no setor privado [6, 10] no ano de 2024.

Outro recorte de uma pesquisa conduzida pelo governo da Austrália indica que os trabalhadores da mineração estão entre os mais bem pagos daquele país [11]. Apesar de a mineração corresponder a apenas 2,1% da força de trabalho na Austrália em 2024, a média de remuneração semanal era de \$2.403, a maior entre todos os setores industriais, cuja média era de \$1.300.

Um levantamento realizado pela McKinsey [8] ajuda a entender alguns dos fatores que têm afastado a Geração Z dos cursos de Engenharia ligados ao setor. O trabalho apresenta algumas tendências gerais em relação às novas gerações: expectativas de trabalhar com propósito, desconexão entre o que os trabalhadores querem e o que os gestores oferecem, competição com outros setores que buscam talentos para trabalhar com meios digitais, balanço entre trabalho e vida pessoal, desafios para incluir minorias e mulheres na mineração. No Reino Unido, várias Universidades baniram companhias de óleo, gás e mineração de eventos de recrutamento nos *campi*. Além disso, várias associações estudantis têm reportado boicote a esses setores [1, 6, 12, 13].

Há uma grande dificuldade do setor de mineração e metais em associar sua imagem a questões relacionadas a transição energética, sustentabilidade, equidade e outros valores fundamentais para as novas gerações [6, 7]. No entanto, algumas

ações estão sendo implementadas para tentar contornar o problema. Um relatório da Consultoria EY [14] revelou que 65% dos gestores do setor têm se aproximado e trabalhado junto à academia, 60% têm treinado e requalificado funcionários, 45% têm buscado talentos em outros setores e 37% têm recrutado de outras companhias. Vale ressaltar que os gestores podiam reportar mais de uma ação. Outro recorte [6] mostra que diversas companhias de mineração e metalurgia nos EUA e na Austrália têm incluído jovens aprendizes em número crescente para atrair e reter futuros talentos.

Hayes [15] também discute a queda da demanda de estudantes para se tornarem Engenheiros Metalúrgicos de processo. O autor apresenta diversas sugestões baseadas em sua experiência como professor na Universidade Queensland, na Austrália. No entanto, ressalta que, para garantir a sustentabilidade na formação desses profissionais, será necessário um esforço conjunto, que envolva a academia, associações profissionais e a indústria em todo o mundo, pois, para uma sociedade baseada em tecnologia, o fornecimento de metais é fundamental. Além disso, o autor também aponta que os jovens querem ser vetores de mudança e priorizam questões relacionadas ao meio ambiente e à sociedade, dentre aquelas cruciais para a escolha de sua profissão.

Em outro artigo recente, Dierk Raabe [16] afirma que a metalurgia é um setor que, após mais de 5.000 anos de história, deve passar por um processo de descarbonização e eletrificação utilizando energias renováveis e aumentando o uso de sucatas, dentro do possível, no contexto de uma economia circular. O autor afirma que todo esse processo representa uma verdadeira revolução, que precisará ser concluída em poucas décadas. Segundo o relatório produzido pela consultoria EY [14], a força de trabalho é um dos maiores riscos para o setor, classificado como 7 de 10 na lista de riscos e oportunidades.

No caso do Brasil, ainda não há estudos detalhados que analisem os dados de evasão, preenchimento de vagas, vagas ociosas e número de formandos de Engenharias do setor Mínero-metalúrgico. Diante desse cenário, este trabalho apresenta um levantamento estatístico abrangendo os anos de 2012 a 2023, baseado no Censo da Educação Superior [17] e nos resultados do Sistema de Seleção Unificada (Sisu) [18].

Os autores deste estudo são Professores Universitários e Técnicos Administrativos do Curso de Engenharia Metalúrgica da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (EM/UFOP). Esses profissionais atuam nos cursos de Engenharia Metalúrgica, Engenharia de Minas, Engenharia Mecânica, Engenharia de Controle e Automação e em Programas de Pós-graduação da UFOP. Além disso, eles têm experiência na composição de Colegiados de Curso, Núcleo Docente Estruturante (NDE) e Chefias de Departamento.

Com base em sua experiência e em colaboração com a Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração (ABM), os autores abordaram o problema da evasão escolar e da não ocupação das vagas de graduação oferecidas nos cursos de Engenharia do setor Mínero-metalúrgico durante a plenária principal da 7^a ABM Week em 2023[19]. Para embasar a discussão, o grupo realizou um levantamento estatístico detalhado, que resultou no trabalho aqui apresentado.

Além de abordar questões no contexto nacional, este trabalho também apresenta informações e dados relevantes no âmbito internacional. Também são discutidas e apresentadas ações em andamento para lidar com os desafios identificados.

2. METODOLOGIA

2.1 Levantamento de dados nacionais

Para a execução do levantamento estatístico apresentado, os autores utilizaram os bancos de dados públicos do Sistema de Seleção Unificada (Sisu) [18] e do Censo da Educação Superior [17], ambos produzidos pelo Inep/MEC (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira/Ministério da Educação), para análise detalhada do setor Mínero-metalúrgico no Brasil.

Os dados do Sisu foram empregados principalmente para avaliar a evolução da demanda, nota de corte e instituições que oferecem cursos de Engenharia no Brasil. Os números foram extraídos dos resultados dos processos seletivos realizados entre 2012 e 2023.

O Censo da Educação Superior é um banco de dados consolidado e detalhado que abrange informações como fornecimento de vagas, candidatos inscritos, alunos ingressantes, matriculados e formandos. A partir dos microdados dos anos de 2012, 2014, 2016, 2018, 2020, 2021 e 2022, foram levantadas as seguintes informações para os cursos de Engenharia Metalúrgica, Engenharia de Minas, Engenharia de Materiais, Engenharia Mecânica e Engenharia Geológica:

- número de cursos autorizados a cada ano – o número inclui cursos de Universidades públicas e privadas;
- número de cursos em funcionamento a cada ano – alguns cursos estão autorizados, mas não oferecem vagas;
- número de vagas ofertadas a cada ano, número de candidatos inscritos e número de ingressantes;

- número de candidatos por vaga – a partir do número de vagas e do número de inscritos para cada curso, esse índice pode ser calculado a partir da Equação 1:

$$\text{Candidato/vaga} = \frac{\text{Número de candidatos inscritos anualmente}}{\text{Número de vagas oferecidas}} \quad (1)$$

- número de concluintes – os microdados informam, para cada instituição e curso, o número de formandos anualmente em cada curso;
- taxa de sucesso na graduação – esse índice foi calculado, para cada curso, a partir da Equação 2:

$$\text{Taxa de sucesso na graduação (\%)} = \frac{\text{Número anual de concluintes}}{\text{Número de vagas oferecidas}} \times 100 \quad (2)$$

- ociosidade – esse índice foi calculado a partir dos dados de matriculados e vagas oferecidas anualmente, para cada curso, conforme a Equação 3:

$$\text{Ociosidade (\%)} = \frac{\text{Número anual de matriculados}}{\text{Número esperado de matriculados}} \times 100 \quad (3)$$

Para cada uma das análises apresentadas, calculou-se também a média nacional. Além disso, foi avaliada a distribuição de ingressantes e formandos entre gêneros e etnias. Todos os dados foram tratados com auxílio do software Microsoft Excel.

2.2 Avaliação de experiências: dados internacionais e nacionais

Para esta etapa, foram utilizados diversos buscadores a partir de palavras-chave, incluindo artigos acadêmicos, matérias jornalísticas, estudos de consultorias, além da experiência pessoal dos autores. Essas fontes foram essenciais para construir as análises detalhadas apresentadas no estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Índices nacionais

Na Figura 1 são apresentados alguns dados gerais obtidos a partir do Sisu para todas as Engenharias no Brasil. Esses dados indicam que as Universidades Federais e outras instituições públicas de ensino ampliaram o número de vagas em Engenharia em 140% entre 2012 e 2023. Em contrapartida, o número de inscritos para Engenharia nos processos seletivos unificados, que atingiu um pico de 685 mil em 2015, reduziu de aproximadamente 450 mil em 2012 para cerca de 207 mil em 2023, uma queda de quase 70% entre máximo e mínimo. Conforme evidenciado na Figura 1, essa redução da demanda resultou em uma diminuição na relação média de candidatos/vaga de cerca de 30 para aproximadamente 5 entre 2012 e 2023, refletindo também na redução das notas de corte ao longo do período.

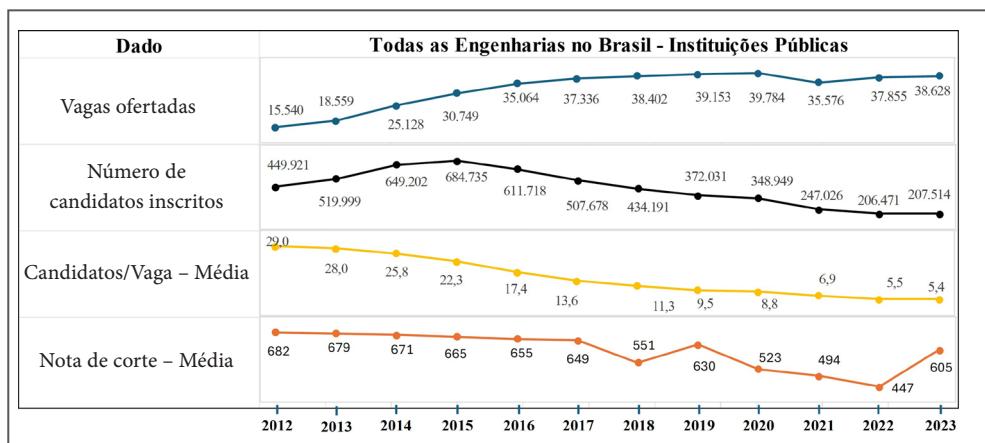


Figura 1 Dados gerais de processos seletivos dos cursos de Engenharia em instituições públicas de ensino entre os anos de 2012 e 2023.

Os dados foram extraídos da fonte [18].

A redução na procura dos estudantes pelos cursos de Engenharia em instituições públicas não ocorre isoladamente no contexto nacional. Conforme ilustrado na Figura 2 (a), desde 2016 tem sido observada uma queda significativa no número de inscritos no Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), que é a porta de entrada para a seleção na maioria das instituições de ensino e no Sisu. Além disso, há uma diminuição na participação da indústria de transformação no Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, como evidenciado na Figura 2 (b). De acordo com os autores [20], a participação da indústria de transformação declinou de aproximadamente 36% do PIB em 1985 para 11% em 2021.

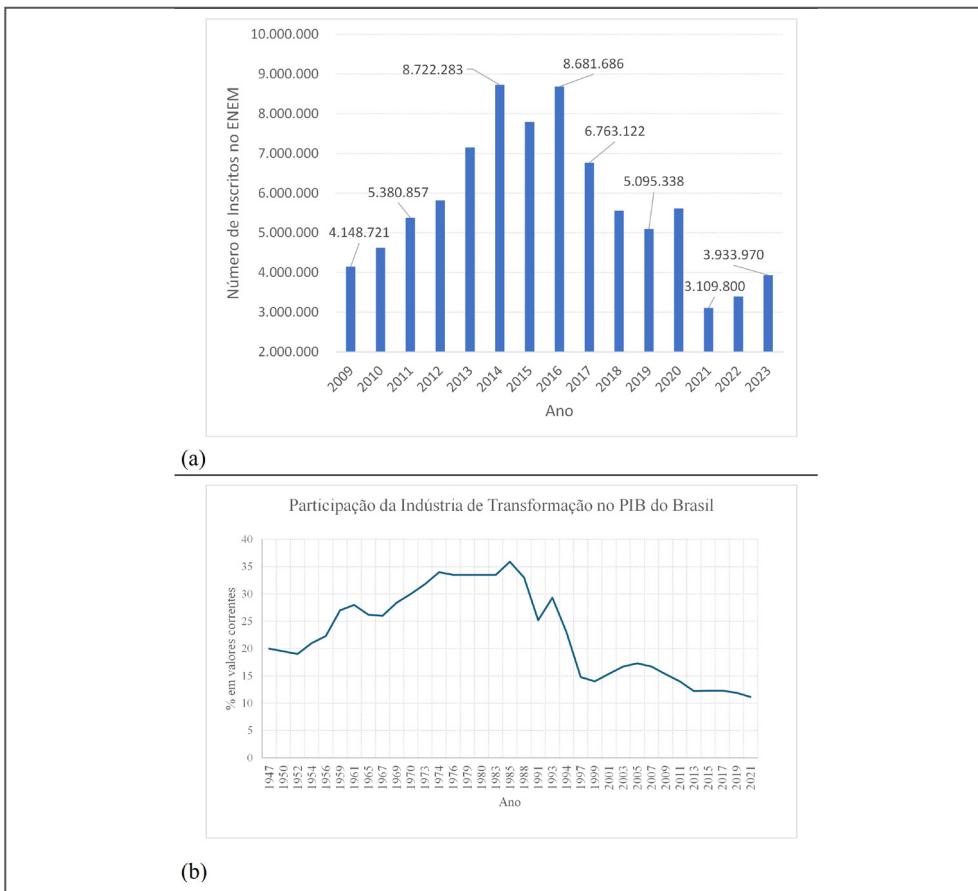


Figura 2 (a) Total de inscritos no Enem entre 2009 e 2023 [18]. (b) Participação da indústria de transformação no PIB do Brasil entre 1947 e 2021, valores aproximados adaptado de [20].

Os números de cursos autorizados que se relacionam com o setor Mínero-metálgico, incluindo Engenharia de Materiais e Engenharia Mecânica, são apresentados na Figura 3 (a) e (b), com base nos dados do Censo da Educação Superior [17]. Esse levantamento inclui todos os cursos com funcionamento autorizado pelo MEC. Na Figura 3 (b) apresentam-se os dados de cursos que efetivamente estavam em funcionamento a cada ano, ou seja, aqueles que ofereceram vagas e matricularam novos alunos. Comparando os dados das Figuras 3 (a) e (b), algumas observações podem ser feitas: diversas instituições particulares têm cursos autorizados nas Engenharias do setor, porém, não têm oferecido vagas. Destacam-se aqui a Engenharia Metalúrgica, que atualmente só tem cursos funcionando em instituições públicas, e a Engenharia Mecânica, que apresenta uma diferença muito significativa entre o número de cursos autorizados e em funcionamento no ano de 2022.

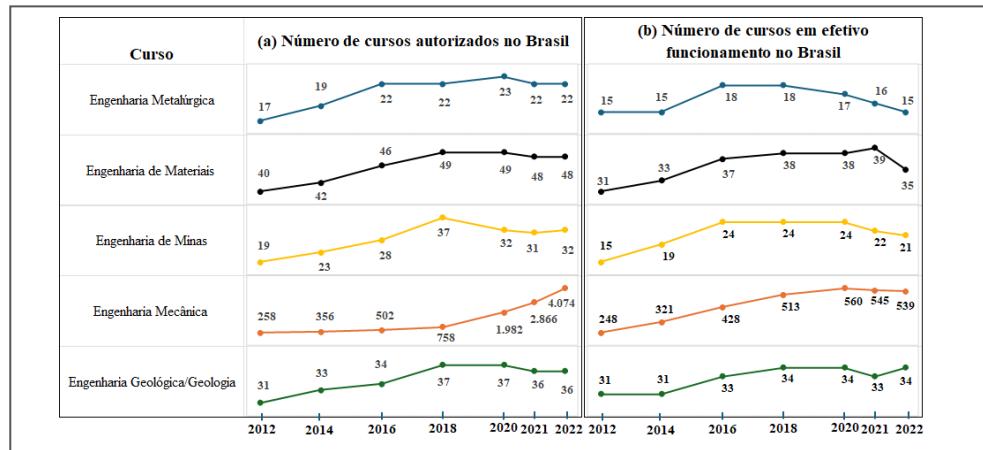


Figura 3 Número de cursos de engenharia avaliados autorizados a funcionar no Brasil (a) e em efetivo funcionamento (b) entre os anos de 2012 e 2022.

Fonte [17].

Na Figura 4, são apresentados os dados referentes a oferta de vagas, candidatos inscritos e ingressantes para cada um dos cursos analisados [17]. Esses dados revelam um cenário ainda mais preocupante, uma vez que, de maneira geral, os cursos não têm conseguido preencher todas as vagas oferecidas. Por exemplo, no caso da Engenharia Metalúrgica, foram oferecidas 700 vagas em 2022 em todo o Brasil, mas apenas 540 foram preenchidas. Esse curso recebe um destaque especial porque, conforme discutido anteriormente, todas as vagas oferecidas a partir de 2020 foram em instituições públicas. A situação mais crítica é observada nos cursos de Engenharia Mecânica e de Geologia. Em 2022, apenas pouco mais de 52% das vagas oferecidas em Engenharia Mecânica foram preenchidas, enquanto em Geologia apenas 47% das vagas foram ocupadas.

Outro dado preocupante apresentado na Figura 5 (a) é a taxa de sucesso na graduação. De maneira geral, os cursos avaliados têm apresentado uma taxa de sucesso inferior a 30%, com destaque para os números ainda mais baixos da Engenharia Mecânica e Engenharia Metalúrgica.

Complementando a taxa de sucesso na graduação, os dados do Censo da Educação Superior também permitiram avaliar o índice de ociosidade dos cursos, apresentados na Figura 5 (b). Os dados revelam uma tendência crescente de vagas não ocupadas, especialmente nos cursos de Engenharia Mecânica, Engenharia de Materiais e Engenharia de Minas. Embora os números também sejam preocupantes para os cursos de Engenharia Metalúrgica e Geologia, o crescimento da ociosidade nesses cursos foi menor nos últimos anos. No entanto, esses dados devem ser analisados em comparação com os apresentados na Figura 4: mesmo com a redução significativa de vagas entre 2016 e 2022, o curso de Engenharia Metalúrgica,

por exemplo, não conseguiu, diminuir significativamente o índice de ociosidade. Isso indica que, mesmo com menos vagas oferecidas, a demanda continua insuficiente para preencher todas as vagas disponíveis, apontando para um problema persistente na atração de estudantes para esses cursos.

O problema da pouca atratividade do setor fica mais evidente ao observar o número de concluintes e de matrículas totais nos cursos avaliados, conforme a Figura 6. Sobretudo para as Engenharias Metalúrgica e de Minas, observa-se uma queda de quase 50% no número de formandos entre 2016/2018 e 2022. Essa redução significativa no número de graduandos é alarmante e, como discutido anteriormente, não é um fenômeno exclusivo do Brasil. Isso reflete diretamente a dificuldade do setor em atrair e reter estudantes, comprometendo a formação de novos profissionais necessários para sustentar a indústria Mínero-metalúrgica. Além disso, como apresentado na Figura 3, o número de cursos dessas duas Engenharias cresceu significativamente entre 2012 e 2022, o que pode indicar um problema de sustentabilidade/viabilidade destes a médio prazo. Os números de matrículas totais também têm apresentado forte tendência de queda nesses cursos – ver Figura 6 (b).

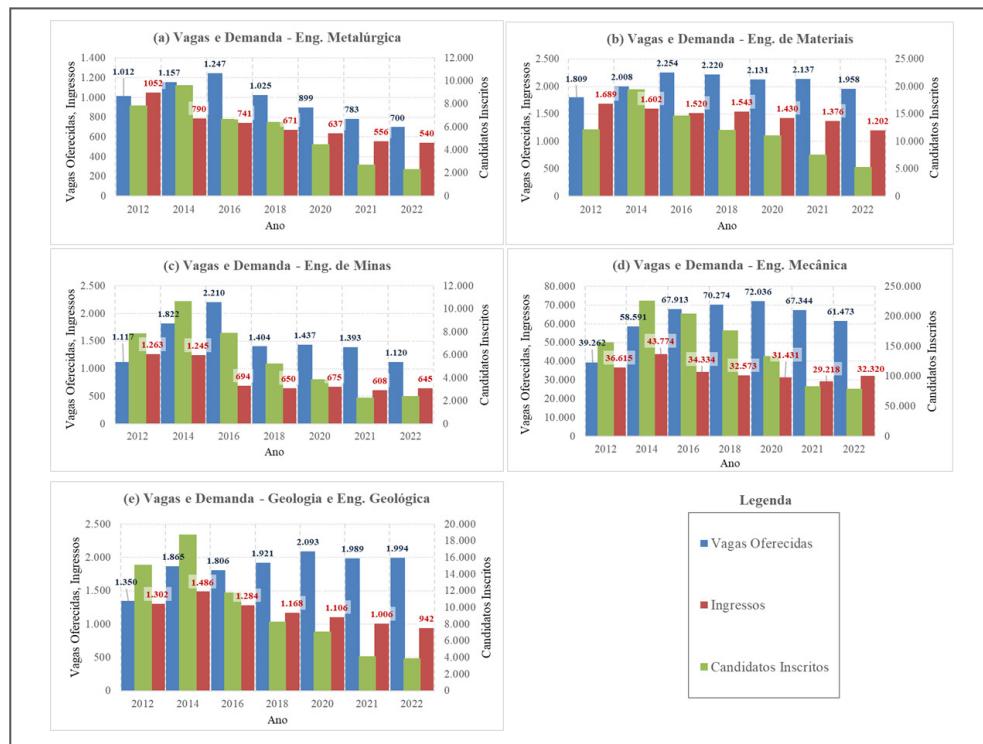


Figura 4 Vagas oferecidas, candidatos inscritos e ingressantes em alguns cursos de Engenharia no Brasil entre 2012 e 2022. (a) Engenharia Metalúrgica, (b) Engenharia de Materiais, (c) Engenharia de Minas, (d) Engenharia Mecânica e (e) Geologia e Engenharia Geológica.

Fonte [17].

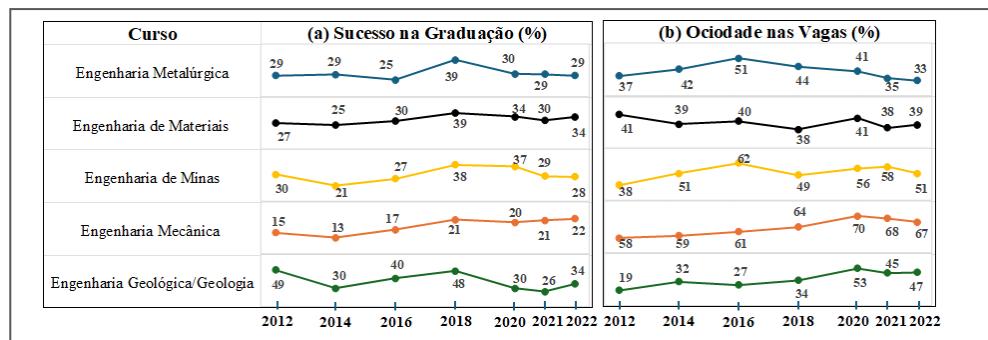


Figura 5 (a) Taxa de sucesso na graduação (%) e (b) taxa de ociosidade das vagas (%) dos cursos de Engenharia avaliados no Brasil entre os anos de 2012 e 2022.

Fonte[17].

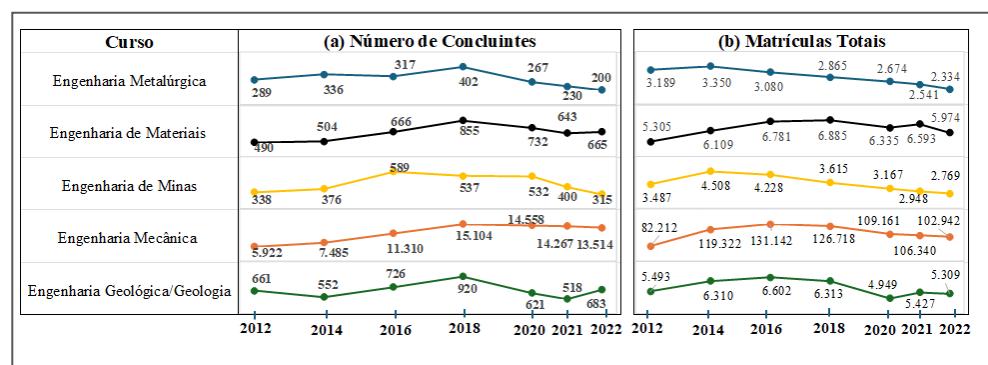


Figura 6 (a) Número de concluintes e de matrículas totais (b) em cursos de Engenharia avaliados no Brasil entre os anos de 2012 e 2022.

Fonte[17].

Por fim, a partir dos dados do Censo da Educação Superior, avaliou-se também a distribuição de ingressantes e formandos por gênero – Figura 7 (a) e (b) – e por etnia – Figura 8 (a) e (b). Em relação a gênero, os dados mostram que as Engenharias avaliadas ainda precisam de maior equidade de gênero/atratividade para as mulheres, pois todas têm ingresso abaixo de 50%. Como destaque negativo, pode-se citar os números da Engenharia Mecânica, nos quais apenas cerca de 10% de ingressantes e concluintes são do gênero feminino, sem tendência de mudança significativa no período avaliado. No caso da Engenharia Metalúrgica, observa-se também uma estabilidade na proporção de ingressantes do gênero feminino – Figura 7 (a); no entanto, os dados de concluintes indicam que, no mesmo período, há uma tendência de crescimento da proporção de formandas, o que indica que as mulheres evadiram menos desse curso. A mesma tendência foi observada no curso de Engenharia de Materiais.

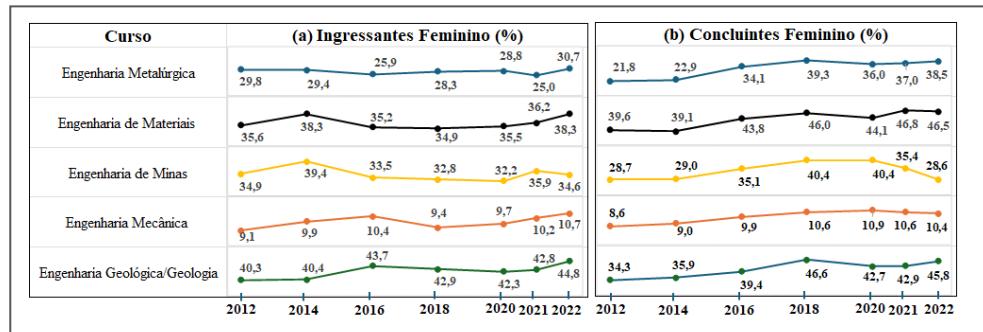


Figura 7 Distribuição de ingressantes (a) e concluintes (b) por gênero nos cursos de Engenharia avaliados no Brasil entre os anos de 2012 e 2022.

Fonte [17].

No caso de etnias, dados obtidos a partir de autodeclaração e que constam no Censo da Educação Superior, de forma geral, percebe-se, no intervalo de tempo avaliado, que a maior parte dos ingressantes dos cursos relacionados ao setor Mínero-metalúrgico não é de brancos – ver Figura 8 (a). O mesmo pode ser observado em relação aos concluintes, conforme Figura 8 (b). Além disso, uma tendência de maior evasão dos alunos que compõem o grupo “não brancos” foi observada, uma vez que, de maneira geral, há uma menor proporção de concluintes deste grupo em relação à correspondente proporção de ingressantes – ver Figuras 8 (a) e (b).

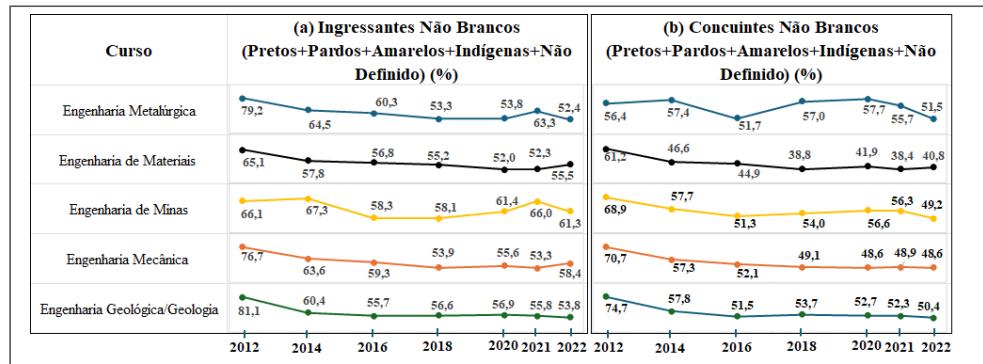


Figura 8 Distribuição de ingressantes (a) e concluintes (b) por etnia nos cursos de Engenharia avaliados no Brasil entre os anos de 2012 e 2022.

Fonte [17].

3.2 Avaliação de experiências: dados internacionais e nacionais

Nesta seção, são apresentados alguns dados relacionados a atração, formação e retenção de profissionais para o setor Mínero-metalúrgico, levantados com base em publicações internacionais recentes. Posteriormente, algumas experiências e exemplos de sugestões de ações no Brasil, assim como no âmbito internacional, serão também apresentados e discutidos.

Os dados apresentados na Tabela 1 foram publicados pelo Australasian Institute of Mining and Metallurgy (AusIMM) em um relatório de 2021 [21]. Conforme discutido na fonte, houve um crescimento no número de graduados em Engenharia de Minas na Austrália entre 2009 e 2015, seguindo a tendência dos preços do minério de ferro no mercado internacional. A maior queda nos dados da Tabela 1 ocorreu entre 2017 e 2018, com uma redução de quase 100 formandos. Ainda segundo o relatório, há uma grande preocupação com a sustentabilidade financeira dos cursos a curto e médio prazos, pois são necessários, no mínimo, entre 30 e 40 graduandos anualmente para viabilizar um curso. Portanto, de acordo com os dados da tabela, nenhum dos cursos na Austrália seria financeiramente sustentável no ano de 2020 [21].

Tabela 1 Número de concluintes no curso de Engenharia de Minas nas Universidades Australianas entre 2011 e 2020

	Graduados em Engenharia de Minas em cursos de quatro anos (ou equivalente)									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
UWA	23	22	32	46	51	40	29	10	13	16
Monash	0	0	0	0	11	10	12	8	6	10
Fed Uni	0	0	0	0	4	9	18	6	3	2
UoW	23	34	49	24	35	31	23	30	14	20
Curtin	69	61	71	52	56	53	36	26	22	20
UQ	50	44	46	73	65	53	40	22	14	18
UNSW	50	54	52	50	78	68	86	58	32	15
Adelaide	34	39	47	42	33	33	26	19	7	3
Total	249	254	297	287	333	297	270	179	111	104

Adaptada de [21].

Nos casos dos Estados Unidos e do Canadá, os números apresentados na Figura 9 também merecem destaque [5, 8]. Todas essas fontes de informação, somadas àquelas apresentadas na Introdução e aos dados do Brasil mostram que o problema da falta de atratividade do setor não é local, mas global. Além disso, há um consenso sobre a situação ter se agravado a partir de 2016 e, mais ainda, pós-pandemia de Covid-19 [22].

O setor Mínero-metalúrgico tem apresentado forte ciclicidade nas últimas décadas, sobretudo em relação aos preços do minério de ferro [23, 24]. Como discutido na referência [23], “sempre que há uma queda nos preços das *commodities*, companhias reduzem custos, o que pode incluir bolsas escolares, financiamento para graduação de Engenharia de Minas e estágios de férias. Na última crise, algumas foram tão zelosas no corte de custos que agora estão enfrentando os efeitos em termos de escassez de Engenheiros de Minas. No entanto, Engenheiros de Minas

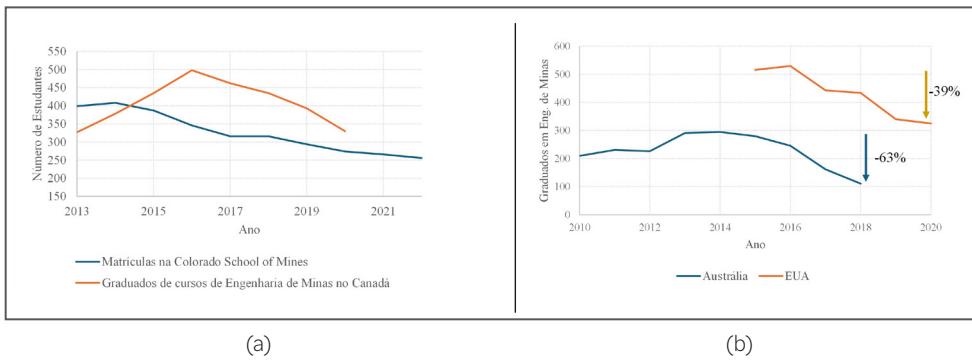


Figura 9 (a) Número de matrículas e de concluintes em Engenharia de Minas e associadas (Engenharia Geofísica, Engenharia de Minas e Engenharia Geológica) na Colorado School of Mines e no Canadá [5]. (b) Declínio no número de concluintes em Engenharia de Minas na Austrália e nos Estados Unidos [8].

não crescem em árvores, eles precisam de pelo menos quatro anos para serem formados. Alguns dados de correlação entre os preços médios de *commodities* (média entre os preços de carvão mineral, alumínio, minério de ferro, cobre níquel e ouro) e a oferta de vagas e formação de Engenheiros são apresentados na referência [25].

Apesar da ciclicidade citada anteriormente, a crise atual na demanda de jovens pelo setor Mínero-metalúrgico parece ir além dessa questão. “Nos últimos vinte anos, o número de alunos de graduação em mineração tende a seguir o ciclo das *commodities* comum à defasagem de cerca de dois anos. No último ciclo, no entanto, a matrícula de estudantes de mineração se desvinculou do desempenho da indústria e os números diminuíram no Reino Unido, Estados Unidos e Austrália” [25, 26].

Conforme dados disponíveis [27], na Austrália, por exemplo, entre 1982 e 2015, os Engenheiros de Minas tiveram a maior taxa de empregabilidade no país entre todas as profissões [28]. Em 2018, 96% dos graduados nesse curso tinham empregos integrais e com salário igual a \$95.000 por ano [23], bem superior ao segundo colocado, Engenharia Elétrica, com 86% de empregabilidade e salário médio de \$65.000 por ano.

Também no Brasil, Engenheiros de Minas e Metalúrgicos costumam figurar entre os mais bem pagos, conforme levantamento anual realizado pelo site G1 [29]. No ano de 2023, por exemplo, entre os profissionais listados, exceto diretores, o primeiro na lista foi o Engenheiro Aeronáutico, com salário médio de R\$ 16.874 mensais. Na sequência, aparecem os Engenheiros de Minas que trabalham com projetos, com remuneração média de R\$ 15.578 mensais em contratações ao longo de 2023. Os Engenheiros Metalurgistas também figuraram entre os maiores salários médios de contratações em 2023, com R\$ 10.020 mensais [30]. No entanto, não se pode ignorar, no caso do Brasil, a preocupação dos estudantes que participaram da plenária da

ABM Week 7^a Edição [19] em relação a algumas práticas de contratação de Engenheiros como “analistas”, ou seja, com remuneração inicial abaixo do mínimo estabelecido pelo conselho profissional da classe. Diferentemente das referências citadas em relação à Austrália e aos Estados Unidos, não há um levantamento amplo no Brasil em relação à empregabilidade e níveis de remuneração para esses profissionais.

O levantamento realizado pelos autores deste trabalho mostrou que, em diversas Universidades Federais no Brasil, em algumas das quais os cursos de Engenharia de Minas e Metalúrgica são oferecidos há décadas e contam com boa infraestrutura, linhas de pesquisa maduras e boas relações com a indústria, o preenchimento de vagas nos processos seletivos tem ficado abaixo de 80%, com alguns casos chegando ao preenchimento abaixo de 60% no ano de 2022 e abaixo de 50% no ano de 2024 [17, 18].

Parte do diagnóstico desse problema parece estar relacionada aos dados apresentados na Figura 10. Trata-se de uma pesquisa para empregadores realizada pelo MIHR (*Mining Industry Human Resources Council – Canadá*) [31]. O levantamento, realizado entre mais de 3.000 jovens com idade entre 15 e 30 anos no Canadá, entre 2 e 14 de dezembro de 2020, indica que os setores tradicionais, sobretudo aqueles historicamente associados a problemas ambientais, como mineração e óleo e gás, não parecem ser atrativos para esse público. No caso da mineração, mesmo sendo uma área importante para a economia canadense e que oferece diversas oportunidades, 70% dos respondentes afirmaram que “definitivamente não trabalhariam ou provavelmente não trabalhariam” nesse setor. No entanto, conforme discutido em outra referência [7], a mineração e os metais são indispensáveis para a sociedade. É um contrassenso, pois a falta de profissionais capacitados neste setor poderá impactar no atendimento às demandas e preocupações justas da Geração Z, como transição energética, aumento do custo de vida, sustentabilidade, entre outros aspectos.

Outro interessante (e preocupante) resultado desse mesmo levantamento é apresentado na Figura 11 [31]. Os dados mostram que o número de matriculados nos cursos relacionados à mineração e metais foram os menores entre todos os programas de Engenharia no Canadá entre 2015 e 2019. Em 2019, havia apenas 603 matriculados em Geologia, 885 em Materiais e Metalurgia e 948 em cursos de Minas ou Minerais. Para fins de comparação, a Engenharia Mecânica tinha 19.190 matriculados no mesmo ano [31]. Além disso, observa-se claramente na Figura 11 que os três cursos mais ligados ao setor Mínero-metalúrgico apresentam uma tendência de queda nas matrículas durante o período. Por outro lado, cursos de Engenharia relacionados à alta tecnologia, como Software e Computação, apresentaram forte crescimento. Destaca-se também o aumento de matrículas em cursos da área Ambiental e Engenharia de Biossistemas.

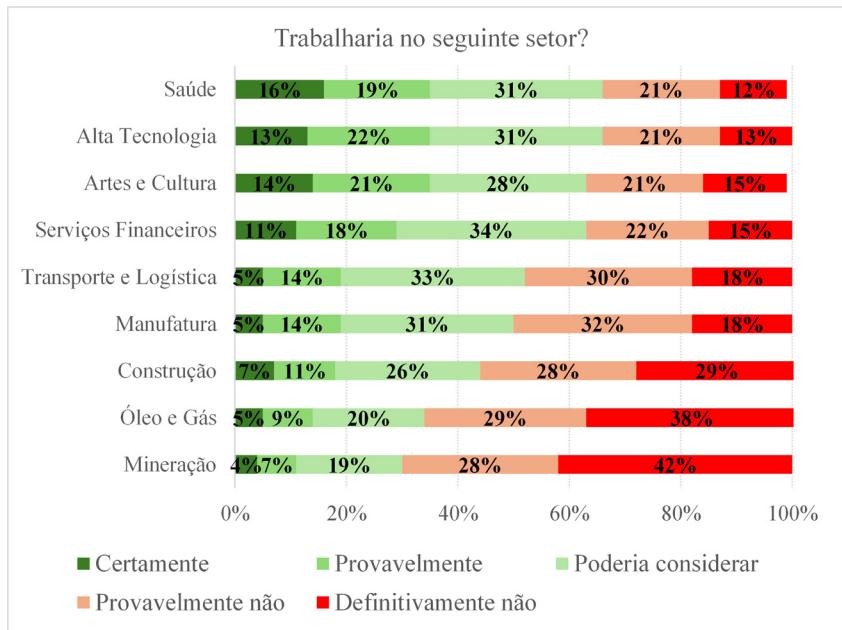


Figura 10 Resultado de pesquisa de recrutadores em relação ao interesse de jovens com idade entre 15 e 30 anos do Canadá para trabalhar em diferentes setores.

Adaptado de [31].

Peter F. Knights [32] discutiu recentemente um modelo para prever a demanda de novos Engenheiros de Minas para a Austrália. O autor concluiu que, apesar das limitações do modelo, entre 2019 e 2021, ele previu um déficit de 60 a 90 profissionais por ano. Para suprir esse déficit, as companhias australianas provavelmente recorreriam ao programa de imigração de trabalhadores qualificados do governo. No entanto, enfrentariam forte competição de empresas americanas e canadenses pela mão de obra escassa.

O relatório da Deloitte [7] discute as tendências do setor de mineração e metais para 2023. O trabalho aborda uma questão semelhante à levantada aqui: para que as sociedades continuem a se desenvolver, a mineração e os metais são essenciais. O grande paradoxo, conforme apontado, é que, enquanto a necessidade por produtos oriundos desses setores nunca foi tão grande, a oposição pública a eles também nunca foi maior. A demanda por metais e minerais para suportar a transição energética vai continuar crescendo [7], e os riscos nas cadeias de suprimentos podem atrasar as ações de mitigação de mudanças climáticas. O relatório discute ainda que, durante muito tempo, as notícias difundidas em relação a mineração e metallurgia não destacaram os aspectos positivos. Contudo, com cerca de 45% da economia mundial dependendo de atividades ligadas à mineração [33], nenhum setor econômico tem maior potencial para influenciar positivamente questões sociais, ambientais e desenvolvimento econômico [7].

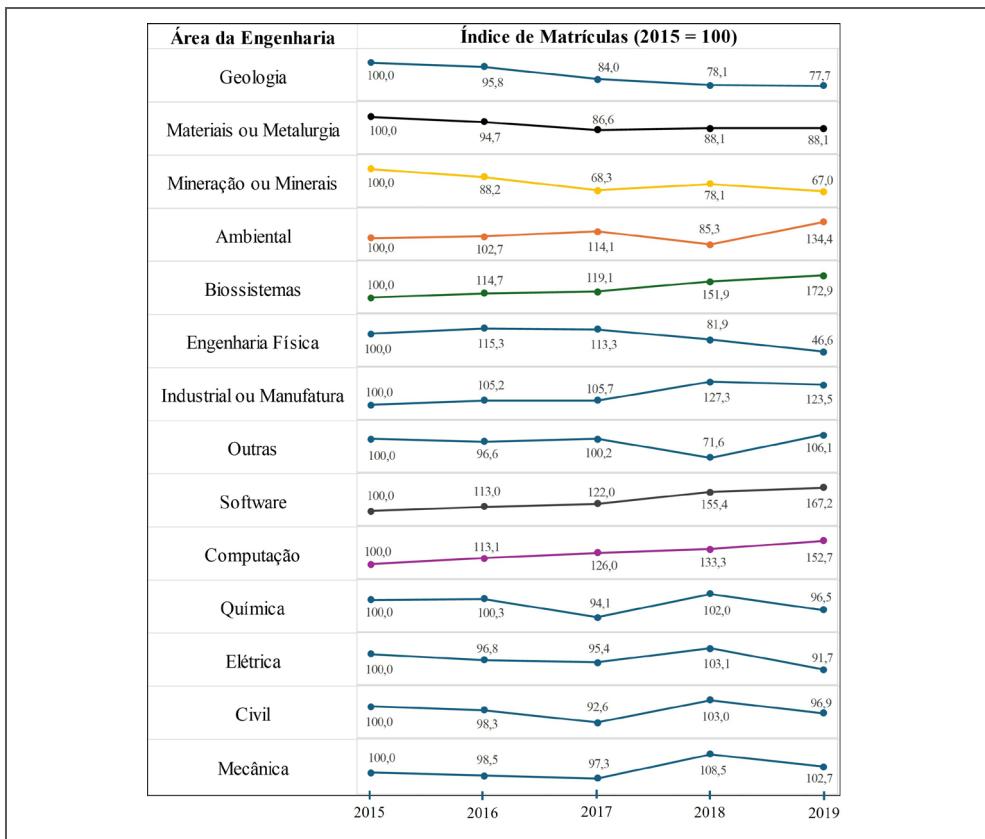


Figura 11 Índice relativo de matrículas em diversos cursos de Engenharia no Canadá em relação aos valores de 2015.
Adaptado de [31].

Entre as ações apontadas para mudar a percepção em relação ao setor, destacam-se: (i) colocar as pessoas e os recursos naturais no centro das estratégias; (ii) projetar organizações e produtos com foco na circularidade; (iii) criar ambientes de trabalho mais seguros, inclusivos e respeitosos; e (iv) promover inovação contínua [7].

Em outro relatório, a Consultoria EY [34] apontou que, em 2024, questões relacionadas à ESG (*Environmental, Social and Corporate Governance*) eram o maior risco e oportunidade para a mineração. O levantamento revelou que, entre as doze maiores mineradoras do mundo, entre 2018 e 2022, o segundo maior investimento foi em descarbonização e soluções verdes, representando 27% do total investido, ficando atrás apenas da parcela destinada a exploração e produção, que foi de 42%. O relatório também destaca que, devido às pressões da sociedade e de outros atores envolvidos, inovações estão sendo desenvolvidas em direção à sustentabilidade. Companhias ligadas à mineração estão investindo em *startups* relacionadas ao armazenamento de energia, baterias e hidrogênio. Como exemplo, cita-se uma empresa que está aguardando a licença para instalar uma planta de hidrogênio verde no Brasil e, simultaneamente, adquiriu um *hub* de hidrogênio em Phoenix, Arizona [34].

O mesmo trabalho discutido no parágrafo anterior apresenta a redução na oferta de mão de obra como o décimo risco/oportunidade para o setor de mineração em 2024. Entre as ações reportadas por gestores para mitigar esse problema estão: preencher as posições abertas com candidatos internos; recrutar talentos globalmente – no entanto, logística e processos de imigração podem ser lentos e caros; recrutar talentos mais jovens a partir de parcerias com universidades; participação em feiras de carreira. Além disso, o relatório também aponta que os trabalhadores mais jovens, especialmente da Geração Z, buscam trabalhar em empresas que refletem seus próprios valores. Diante disso, muitos executivos de Recursos Humanos reportaram que estão focados em criar uma cultura de trabalho mais atrativa, destacando o papel da mineração e dos metais na transição energética e no suporte às comunidades locais [34]. A própria EY também recomenda que as companhias devem desenvolver planos de carreira que sejam atrativos.

Como discutido por Raabe [16], os desafios do setor de mineração e metais na era da sustentabilidade são imensos. A obtenção e síntese de materiais metálicos é a maior fonte individual de emissão de gases de efeito estufa no mundo. Por exemplo, nenhum equipamento emite, sozinho, mais CO₂ do que um alto-forno. Alguns números são destaque: para produzir cerca de 2 bilhões de toneladas de metais todos os anos, são usados 3,2 bilhões de toneladas de minerais, o que gera o deslocamento de cerca de 20 bilhões de toneladas de solo, rejeitos e subprodutos. Cerca de 40% de toda a emissão de gases de efeito estufa da indústria mundial se deve à metalurgia e à mineração. Segundo o autor, diversos programas de pesquisa devem ser desenvolvidos para aumentar a sustentabilidade nesses setores. Porém, ele cita diversas limitações técnicas e indica que, pelo menos 1/3 de toda a fonte de metais precisará continuar oriunda de fontes primárias. Além disso, existe uma dificuldade crescente, do ponto de vista técnico, de reciclar eletrônicos e outros componentes formados por dezenas de elementos [16].

Uma matéria recente, intitulada “É hora de atualizar a escassez de habilidades na mineração de ‘transitória’ para ‘persistente’” [25], discute o problema da falta de mão de obra qualificada no setor de mineração e apresenta alguns exemplos de ações para mitigá-lo. Em 2022, por exemplo, a *Australian’s Mineral Resources* lançou uma campanha na Nova Zelândia para atrair profissionais qualificados para trabalhar no setor. Esses profissionais poderiam receber salários de até \$200.000 anuais, o triplo da remuneração média na Nova Zelândia. Segundo a fonte consultada, a campanha foi bem-sucedida.

A mesma matéria entrevistou o Diretor da Associação de Empregados em Recursos Naturais e Energia da Austrália, Tom Reid. Segundo Reid, a sua organização publicou, em 2022, um relatório que indicava uma grande entrada em funcionamento de projetos de mineração, recursos naturais e energia na Austrália entre a segunda metade daquele ano e o fim de 2027. Previu-se que, de forma conservado-

ra, esses novos projetos iriam exigir pelo menos 24.000 novas posições de trabalho. Reid declarou: “Com as gerações anteriores, a indústria podia assumir que apenas pagar salários mais altos continuaria a atrair pessoas por si só. Mas hoje em dia, as pessoas estão buscando uma maior variedade de incentivos. E quando se está próximo do pleno emprego, as pessoas podem ser muito mais seletivas sobre onde e em quais indústrias desejam trabalhar”. Ele completou: “Precisamos abordar ativamente qualquer percepção de que a mineração é uma indústria suja que destrói o meio ambiente e tem uma cultura de trabalho ruim, para garantir que os pais possam, com orgulho, incentivar seus filhos e filhas em idade escolar a estudar cursos relacionados à mineração e petróleo” [25].

No caso da Engenharia Metalúrgica, deve-se considerar ainda a competição entre os diversos setores industriais, uma vez que os profissionais dessa área podem atuar em Metalurgia Extrativa, Metalurgia de Transformação e Metalurgia Física/Produto. A partir de uma pesquisa em um site popular de vagas (glassdoor.com [35]), foi possível encontrar 180 vagas para “Metallurgical Engineering Jobs” nos EUA, postadas há menos de 30 dias. Havia diversas vagas para trabalhar com processamento mineral ou obtenção e refino de metais. Porém, a maior parte das vagas era relacionada a tarefas que envolviam seleção de materiais, manufatura-incluindo manufatura aditiva, soldagem e tratamentos térmicos, corrosão, desenvolvimento de ligas e/ou outros materiais e análise de falhas. Destaca-se, por exemplo, uma vaga na Companhia SpaceX, que oferecia salário entre \$125.000 e \$175.000 anuais para profissional da área [36].

Outra vaga [37], na Companhia Outokumpu, oferecia salário entre \$99.000 e \$110.400 anuais para trabalhar com Metalurgia Extrativa, com exigência de pelo menos 5 anos de experiência. Outro exemplo é uma vaga na ArcelorMittal [38], para Engenheiro de Tecnologia na Produção de Aço, com exigência de graduação em Engenharia Metalúrgica (entre outras possibilidades) e experiência mínima de 2 anos. Finalmente, uma vaga na Empresa Element [39] buscava um Metalurgista para trabalhar com ensaios mecânicos, metalografia e outras atividades relacionadas a laboratório de suporte a componentes aeroespaciais. Nesse caso, pedia-se experiência mínima de 4 anos, sem informações em relação à remuneração.

Utilizando o mesmo site e os mesmos filtros [35], foi possível também encontrar 13 vagas na Austrália. Destaca-se uma vaga para Engenheiro de Processos na Empresa Glencore [40], que exigia formação e experiência na área. Segundo o site consultado [35], a remuneração estimada ficaria entre A\$140.000 e A\$223.000 anuais.

A partir da Plenária da ABM Week de 2023 [19], um grupo de trabalho foi constituído para discutir e propor estratégias de enfrentamento do problema no Brasil. Esse grupo, sob coordenação da ABM, conta com professores de diversas universi-

dades, profissionais da indústria, pesquisadores, gestores e profissionais de Recursos Humanos de diversas empresas do setor no País. O grupo tem se reunido a cada 15 dias, desde o início de 2024. Diversas ações visando a maior divulgação do setor, aproximação entre academia e indústria, divulgação de oportunidades e desafios têm sido propostas e começarão a ser executadas nos próximos meses.

Entre as principais ações discutidas pelo grupo e outras iniciativas do Curso de Engenharia Metalúrgica da UFOP, em parceria com Empresas, estão:

- (i) Campanhas de divulgação: realização de campanhas nacionais para aumentar a conscientização sobre a importância das Engenharias Metalúrgica e de Minas. Isso inclui o uso de mídias sociais, eventos e colaborações com escolas de ensino médio para mostrar as oportunidades de carreira e o impacto positivo que esses setores têm na sociedade.
- (ii) Parcerias academia-indústria: estabelecimento de parcerias mais fortes entre universidades e empresas do setor Mínero-metalúrgico para criar programas de estágio, visitas técnicas e projetos conjuntos que proporcionem aos estudantes uma visão prática e aplicada da profissão.
- (iii) Desenvolver atividades para públicos distintos: para os alunos do primeiro ano (calouros), propõe-se aproveitar as parcerias academia-indústria para divulgar áreas, oportunidades e a visão prática da profissão. Para os alunos entre a metade ee o final do curso, as parcerias podem envolver o desenvolvimento de estágios de férias e projetos de pesquisa e inovação em conjunto.
- (iv) Incentivos financeiros: propostas para a criação de bolsas de estudo, prêmios e incentivos financeiros para estudantes que optem por seguir carreira nessas Engenharias, ajudando a criar diferenciais e aumentar a atratividade dos cursos.
- (v) Modernização do currículo: revisão contínua dos currículos dos cursos de Engenharia Metalúrgica e de Minas para incluir tópicos atuais e relevantes, como sustentabilidade, inovação tecnológica e gestão de projetos, alinhando-os às demandas do mercado de trabalho atual.
- (vi) Workshops e seminários: organização de *workshops* e seminários regulares que abordem os desafios e as inovações no setor Mínero-metalúrgico, promovendo o intercâmbio de conhecimento entre academia e indústria e incentivando a colaboração e o *networking*.
- (vii) Pesquisa com egressos: dada a ausência de bancos de dados consolidados no Brasil sobre empregabilidade, adesão à carreira, níveis de satisfação, faixas salariais, integração em planos de carreira, entre outros aspectos, é essencial conduzir amplas pesquisas com egressos para avaliar essas questões entre os profissionais de Engenharia do setor.

4. CONCLUSÃO

A crise de interesse dos jovens pelo setor Mínero-metalúrgico é uma questão complexa e multifacetada, evidenciada por uma crescente evasão nos cursos de Engenharia ligados a essa área, tanto no Brasil quanto em países desenvolvidos. Desde 2016, observa-se um agravamento dessa tendência, gerando preocupações significativas entre profissionais e acadêmicos do setor. Estudos internacionais reforçam a percepção de que a imagem negativa da indústria, associada a questões ambientais, direitos humanos e equidade de gênero, tem afastado os jovens talentos. No entanto, a demanda global por metais continua a crescer, especialmente com a transição energética e a necessidade de materiais para tecnologias sustentáveis. A produção de metais essenciais pode ser impactada pela escassez de mão de obra qualificada, o que coloca em risco o fornecimento necessário para sustentar o crescimento tecnológico e econômico mundial.

A falta de interesse pelo setor Mínero-metalúrgico não pode ser explicada pela ausência de oportunidades. Pelo contrário, a diminuição no número de graduados pode resultar em carreiras altamente lucrativas para aqueles que escolherem esse campo. Dados mostram que os salários médios para Engenheiros Metalúrgicos e de Minas são significativamente superiores à média geral do setor privado, tanto nos Estados Unidos quanto na Austrália, indicando um mercado de trabalho promissor para os novos ingressantes. No entanto, há poucos dados a esse respeito no Brasil.

Para atrair jovens talentos, é crucial que o setor Mínero-metalúrgico se reinvente, promovendo uma imagem alinhada com os valores das novas gerações. As expectativas dos jovens profissionais incluem trabalhar com propósito, equilibrar vida pessoal e profissional, e contribuir para causas ambientais e sociais. Portanto, a transformação do setor em direção à sustentabilidade pode ser um ponto de inflexão. A renovação do setor Mínero-metalúrgico, com foco em sustentabilidade e responsabilidade social, não é apenas uma necessidade econômica, mas uma oportunidade para redefinir seu propósito. Ao priorizar pessoas e o meio ambiente, o setor pode se tornar mais atraente para os jovens Engenheiros, que buscam fazer a diferença e contribuir para um futuro melhor. Essa nova visão pode ser a chave para atrair e manter talentos, garantindo a continuidade e o crescimento da indústria.

Os gestores do setor devem investir em parcerias com instituições acadêmicas, treinamento e requalificação de funcionários, além de incentivar novos talentos. Iniciativas como a inclusão de jovens aprendizes e programas de mentoria podem ajudar a atrair e reter novos profissionais. A colaboração entre academia, associações profissionais e indústria é vital para garantir a formação contínua e sustentável de Engenheiros Metalúrgicos e de Minas. Assim, governantes e gestores devem se preocupar com a atual falta de interesse dos jovens, mas também enxergar as oportunidades de transformação. A mensagem final é clara: a modernização do setor

Mínero-metalúrgico, com um compromisso genuíno com as pessoas e a sustentabilidade, pode não apenas atender às demandas globais por metais, mas também inspirar uma nova geração de Engenheiros.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Khan Y. A 'dirty' job that few want: Mining companies struggle to hire for the energy transition [página da internet]. Nova York: WSJ Pro Sustainable Business; 2023 [atualizada em 02 jun. 2023; acesso em 25 jul. 2023]. Disponível em: <https://www.wsj.com/articles/a-dirty-job-that-few-want-mining-companies-struggle-to-hire-for-the-energy-transition-7d62d2ae>
- [2] Shemer N. Lost decade of mining graduates compounding skills shortages [página da internet]. Michigan: Mining Journal; 2023 [atualizada em 24 jul. 2023; acesso em 28 jul. 2023]. Disponível em: <https://www.mining-journal.com/esg/news-analysis/1456487/lost-decade-mining-graduates-compounding-skills-shortages>
- [3] Horner H. Mining engineers shortage and 3 solutions [página da internet]. Perth: Engineering Institute of Technology; 2023 [atualizada em 06 dez. 2023; acesso em 4 abr. 2024]. Disponível em: <https://www.eit.edu.au/mining-engineers-shortage-a-concern-in-a-sustainable-era/>
- [4] Mills R. Mining industry dogged by retirements and lack of new recruits [página da internet]. Toronto: Mining.com; 2023 [atualizada em 07 fev. 2024; acesso em 4 abr. 2024]. Disponível em: <https://www.mining.com/web/mining-industry-dogged-by-retirements-and-lack-of-new-recruits/>
- [5] Mills R. Mining industry dogged by retirements and lack of new recruits [página da internet]. Toronto: Mining.com; 2023 [atualizada em 07 fev. 2024; acesso em 4 abr. 2024]. Disponível em: <https://www.mining.com/web/mining-industry-dogged-by-retirements-and-lack-of-new-recruits/>
- [6] The Oregon Group. The mining industry is running out of miners [página da internet]. Oregon: The Oregon Group; 2023 [atualizada em 5 out. 2023; acesso em 3 abr. 2024]. Disponível em: <https://theoregongroup.com/energy-transition/mining/the-mining-industry-is-running-out-of-miners/>
- [7] Deloitte Touche Tohmatsu Limited. Tracking the trends 2023: The indispensable role of mining and metals. Nova York: Deloitte; 2023 [acesso em 2 jul. 2023]. Disponível em: https://www.deloitte.com/content/dam/assets-shared/docs/industries/energy-resources-industrials/2024/gx-Tracking-the-trends-2023_Digital_V2.pdf
- [8] Abenov T, Franklin-Hensler M, Grabbert T, Larrat T. Has mining lost its luster? Why talent is moving elsewhere and how to bring them back [página da internet]. Local desconhecido: McKinsey & Company; 2023 [atualizada em 14 fev. 2023; acesso em 5 abr. 2024]. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/has-mining-lost-its-luster-why-talent-is-moving-elsewhere-and-how-to-bring-them-back>

- [9] O'Rourke R. How can we solve the mining industry skills shortage? [página da internet]. Altrincham: Nes Fircroft; 2024 [atualizada em 13 fev. 2024; acesso em 5 abr. 2024]. Disponível em: <https://www.nesfircroft.com/resources/blog/how-can-we-solve-the-mining-industry-skills-shortage-/>
- [10] DataUSA [base de dados online]. Cambridge: DataUSA. 2014 [acesso em 24 abril 2024]. <https://datausa.io/profile/cip/mining-mineral-engineering>
- [11] Jobs and Skills Australia [base de dados online]. Camberra: Australian Government. 2004 [acesso em 17 abril 2024]. <https://www.jobsandskills.gov.au/data/labour-market-insights/industries/mining>
- [12] People & Planet - UK student campaigning organisation. Fourth UK university bans fossil fuel recruitment on campus [página da internet]. Oxfordshire: People & Planet; 2023 [atualizada em 21 jun. 2023; acesso em 8 ago. 2023]. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/fourth-uk-university-bans-fossil-fuel/>
- [13] Rolt A. Fourth UK university bans fossil fuel recruitment on campus [página da internet]. Londres: Business; 2023 [atualizada em 21 jun. 2023; acesso em 8 ago. 2023]. Disponível em: <https://www.businessgreen.com/news/4118438/fourth-uk-university-bans-fossil-fuel-recruitment-campus>
- [14] Ernst & Young Global Limited. Top 10 business risks and opportunities for mining and metals in 2023. Londres: Ernst & Young; 2022 [acesso em 12 ago. 2023]. Disponível em: https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/mining-metals/ey-top-10-business-risks-and-opportunities-for-mining-and-metals-in-2023.pdf
- [15] Hayes P. The world needs metallurgical process engineers. 2019 [acesso em 26 abr. 2023]; 71:463-468. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11837-018-03316-4>
- [16] Raabe D. The Materials Science behind Sustainable Metals and Alloys. 2023 [acesso em 26 jul. 2023]; 123:2436-2608. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.chemrev.2c00799>
- [17] Censo da Educação Superior [base de dados online]. Brasília: INEP. 1995 [acesso em 16 novembro 2023]. <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-da-educacao-superior/resultados>
- [18] Sistema de Seleção Unificada [base de dados online]. Brasília: INEP. 2010 [acesso em 15 novembro 2023]. <https://sisu.mec.gov.br/#/relatorio#onepage>
- [19] Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração. Plenária da 7ª edição da ABM Week aborda desafios na formação e na retenção de engenheiros para o setor mínero-metalúrgico [página da internet]. São Paulo: ABM; 2023 [atualizada em 06 jun. 2023; acesso em 27 jul. 2023]. Disponível em: <https://www.abmbrasil.com.br/noticia/plenaria-da-7-edicao-da-abm-week-aborda-desafios-na-formacao-e-na-retencao-de-engenheiros-para-o-setor-minero-metalurgico>
- [20] Considera C, Trece J. Indústria de transformação brasileira: à beira da extinção [página da internet]. Rio de Janeiro: FGV; 2022 [atualizada em 19 out. 2022; acesso em 29

- jul. 2023]. Disponível em: <https://portal.fgv.br/artigos/industria-transformacao-brasileira-beira-extincao>
- [21] Australasian Institute of Mining and Metallurgy. A critical moment: the supply and demand of mining, metallurgical and geotechnical engineers in the Australian resources industry. Melbourne: AusIMM; 2021 [acesso em 08 ago. 2023]. Disponível em: <https://www.ausimm.com/globalassets/downloads/ausimm-future-workforce-2021.pdf>
- [22] Welding L. U.S. college enrollment decline: facts and figures [página da internet]. Chicago: BestColleges; 2024 [atualizada em 15 fev. 2024; acesso em 23 abr. 2024]. Disponível em: <https://www.bestcolleges.com/research/college-enrollment-decline/>
- [23] Hoffman M, Hagan P. Mining bust's gone and the boom's back: we need engineers [página da internet]. Sidney: UNSW Sydney; 2018 [atualizada em 29 ago. 2018; acesso em 23 jul. 2023]. Disponível em: https://www.unsw.edu.au/newsroom/news/2018/08/mining-bust_s-gone-and-the-booms-back--we-need-engineers
- [24] Chim S. The dawn of an iron ore super cycle [página da internet]. Vancouver: Resource World Magazine; 2020 [atualizada em 28 jan. 2021; acesso em 25 jul. 2023]. Disponível em: <https://resourceworld.com/the-dawn-of-an-iron-ore-super-cycle/>
- [25] Shemer N. Time to upgrade mining skill shortages from ‘transitory’ to ‘persistent’ [página da internet]. Michigan: Mining Journal; 2023 [atualizada em 10 jul. 2023; acesso em 25 jul. 2023]. Disponível em: <https://www.mining-journal.com/esg/news-analysis/1455790/upgrade-mining-skill-shortages-transitory-persistent>
- [26] Syrett L. ‘Gen Z values’ are choking mining’s talent pipeline [página da internet]. Falmouth: Mining Magazine; 2023 [atualizada em 15 set. 2023; acesso em 07 ago. 2023]. Disponível em: <https://www.miningmagazine.com/environment/news/1459375/gen-values-choking-minings-talent-pipeline>
- [27] Bayside Group. Why it's the right time to be a mining engineer [página da internet]. Sydney: Bayside Group; 2019 [atualizada em 30 abr. 2019; acesso em 27 jul. 2023]. Disponível em: <https://www.baysidegroup.com.au/blog/why-its-the-right-time-to-be-a-mining-engineer>
- [28] Monash University. Mining engineering graduates in high demand [página da internet]. Melbourne: Monash University; 2017 [atualizada em 13 fev. 2017; acesso em 26 jul. 2023]. Disponível em: <https://www.monash.edu/engineering/about/news/articles/2017/mining-engineering-graduates-in-high-demand>
- [29] Nunes J. As ocupações com os 100 maiores e os 100 menores salários de contratação no país em 2023 [página da internet]. São Paulo: G1; 2024 [atualizada em 07 fev. 2024; acesso em 09 fev. 2024]. Disponível em: <https://g1.globo.com/trabalho-e-carreira/noticia/2024/02/07/as-ocupacoes-com-os-100-maiores-e-os-100-menores-salarios-de-contratacao-no-pais-em-2023.shtml>
- [30] Catucci A. Os 100 maiores e 100 menores salários no Brasil no 1º semestre de 2023: veja as listas [página da internet]. São Paulo: G1; 2023 [atualizada em 12 set. 2023; acesso em 05 fev. 2024]. Disponível em: <https://g1.globo.com/trabalho-e-carreira/noticia/2023/09/12/os-100-maiores-e-100-menores-salarios-no-brasil-no-1o-semestre-de-2023-veja-as-listas.shtml>

- ticia/2023/09/12/os-100-maiores-e-100-menores-salarios-no-brasil-no-1o-se-mestre-de-2023-veja-as-listas.ghhtml
- [31] Mining Industry Human Resources Council. Mining year in review: national outlook 2021. Ontario: MiHR; 2021 [acesso em 09 ago. 2023]. Disponível em: <https://mihr.ca/wp-content/uploads/2021/03/MIHR-National-Outlook-LMI-Report-2021-E-web.pdf>
 - [32] Knights P. Short-term supply and demand of graduate mining engineers in Australia. 2020 [acesso em 26 jul. 2023]; 33:245-251. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13563-019-00208-0>
 - [33] Hiyate A. Anglo American CEO: “45% of the world’s economic activity is driven by the mining sector”. [página da internet]. Toronto: Mining.com; 2021 [atualizada em 3 maio 2021; acesso em 30 ago. 2023]. Disponível em: <https://www.mining.com/cim-2021-an-glo-american-ceo-cutifani-urges-miners-to-create-the-future-not-be-a-victim-of-it/>
 - [34] Ernst & Young Global Limited. Top 10 business risks and opportunities for mining and metals in 2024. Londres: Ernst & Young; 2023 [acesso em 7 fev. 2024]. Disponível em: <https://www.ey.com/content/dam/ey-unified-site/ey-com/en-gl/insights/energy-resources/documents/ey-top-10-business-risks-and-opportunities-for-mining-and-metals-in-2024-final.pdf>
 - [35] Glassdoor.com. [base de dados na internet]. Mill Valley: Glassdoor; 2008, [acesso em 8 fev. 2024]. Disponível em: <https://www.glassdoor.com/>
 - [36] Space X Starbase. Sr. metallurgical engineer, supply chain (Starship). [página da internet]. Boca Chica: SpaceX; 2024 [atualizada em 01 ago. 2024; acesso em 01 ago. 2024]. Disponível em: https://boards.greenhouse.io/spacex/jobs/7511826002?gh_jid=7511826002&gh_src=e2fa9ad92us
 - [37] Outokumpu. Metallurgical engineer Job [página da internet]. Calvert: Outokumpu; 2024 [atualizada em 01 ago. 2024; acesso em 01 ago. 2024]. Disponível em: <https://careers.outokumpu.com/job/Calvert-Metallurgical-Engineer-AL-36513/1085921301/>
 - [38] ArcelorMittal. Steelmaking process technology engineer [página da internet]. Calvert: ArcelorMittal; 2024 [atualizada em 01 ago. 2024; acesso em 01 ago. 2024]. Disponível em: <https://najobs.arcelormittal.com/calvert/job/Calvert-Steelmaking-Process-Technology-Engineer-AL-36513/1188748800/>
 - [39] Element Materials Technology. Metallurgist [página da internet]. Piedmont: Element; 2024 [atualizada em 01 ago. 2024; acesso em 01 ago. 2024]. Disponível em: <https://element-ext-us.icims.com/jobs/14127/metallurgist/job>
 - [40] Glencore Xstrata plc. Process Engineering [página da internet]. Baar: Glencore; 2024 [atualizada em 27 jul. 2024; acesso em 27 jul. 2024]. Disponível em: <https://www.glencore.com/careers/career-opportunities/all-vacancies/MMO%20-%201491/24>