



2024

NOTAS DO EVENTO

SOBRE:

RESILIÊNCIA NAS
OPERAÇÕES DE
MINERAÇÃO

Produzido por HIDROBR

Sumário

- 03.** Workshop Resiliência nas Operações de Mineração
- 06.** Importância da discussão para a Mineração
- 08.** Resiliência: Um novo paradigma na Era do Antropoceno
- 10.** Mudanças climáticas com ênfase nos Recursos Hídricos
- 13.** Gestão de Rejeitos
- 15.** Resiliência no Território
- 17.** Conclusão
- 18.** Referências

Workshop Resiliência nas Operações de Mineração

O Workshop "Resiliência nas Operações de Mineração" foi organizado pela HIDROBR e aconteceu em 14 de maio, em Belo Horizonte. O evento reuniu especialistas e profissionais de grandes empresas de mineração e do setor público para discutir a adaptação das operações minerárias diante dos desafios ambientais e climáticos. A programação incluiu palestras e mesas redondas organizadas em três eixos principais: Mudanças Climáticas, Gestão de Rejeitos e Resiliência no Território.

O evento foi aberto por Vitor Lages e incluiu uma palestra inicial de Frederico Viana, que discutiu a resiliência como a capacidade de um sistema de retornar às suas condições originais após um stress ou choque. Viana destacou a necessidade de redefinir o conceito de resiliência, passando de uma visão de robustez — entendida como a capacidade de resistir a distúrbios e choques sem alterar significativamente sua estrutura ou funcionamento — para uma abordagem que enfatiza a adaptação e transformação frente às mudanças. A discussão do Workshop destacou a transição do Holoceno ao Antropoceno[1], um período em que as atividades humanas são a principal força transformadora de uma nova era geológica. Os eventos climáticos extremos demonstram a necessidade de novas abordagens de resiliência, que vão além de simplesmente resistir aos choques e mobilizar recursos econômicos. Essas novas abordagens envolvem a capacidade de adaptação contínua e inovação, permitindo que os sistemas minerários não apenas sobrevivam, mas prosperem em um ambiente de mudanças contínuas e imprevisíveis.

[1] É importante mencionar que mesmo já sendo um termo amplamente utilizando pela comunidade científica, a Subcomissão de Estratigrafia Quaternária, parte da União Internacional de Ciências Geológicas, não considera o Antropoceno uma nova época geológica (Proposta [...], 2024)

A primeira mesa redonda, moderada por Stella Andrade, gerente de recursos hídricos, focou nas implicações das mudanças climáticas para os recursos hídricos. Felipe Laender, Willyan Debastiani e Marcus Suassuna, membros representantes do setor privado e público, participaram das discussões. Os principais tópicos discutidos incluíram os eventos climáticos extremos, como enchentes e secas, e seus impactos. Os especialistas abordaram a necessidade de modelos climáticos adequados, mas também destacaram o cuidado necessário nestas aplicações, abordaram também formas de como o sistema privado e público podem trabalhar em conjunto para se desenvolverem cada vez mais nesta temática.

A segunda mesa, moderada por Lucas Machado, gerente de geotecnia, apresentou novas abordagens para a gestão de rejeitos. Os participantes incluíram representantes de grandes empresas de mineração e especialistas do setor regulatório. A discussão centrou-se em alternativas seguras e eficientes para a disposição de rejeitos, como o dry stacking e a reutilização de rejeitos em materiais de construção. A flexibilidade operacional e a adaptabilidade foram temas recorrentes, com especialistas sugerindo a adoção de múltiplas formas de disposição de rejeitos, como barragens, pilhas e cavas, além do reaproveitamento desses materiais para fins construtivos.

O Professor Evandro Mateus Moretto, em uma palestra, apresentou uma abordagem sobre os conceitos de resiliência geral, destacando a origem do conceito na ecologia e sua evolução para incluir sistemas socioecológicos. Ele enfatizou a importância de uma gestão adaptativa da resiliência, envolvendo a participação ativa das comunidades e a integração de múltiplos níveis de governança.

A terceira mesa redonda, moderada por Frederico Viana, gerente de sustentabilidade, abordou a resiliência das comunidades locais e a integração entre empreendimento e o território inserido. Participaram representantes de empresas de mineração, especialistas e acadêmicos. A discussão incluiu a importância do sentimento de comunidade e do networking para a resiliência, a necessidade de envolver a comunidade desde o início dos projetos, e a comunicação clara e contínua entre empresas e comunidades.

Os especialistas destacaram o empoderamento do território e a prevenção de riscos como elementos chave para a resiliência.

Ernesto Bossi, gerente geral de geotecnia da Samarco, apresentou sobre sua história profissional como geotécnico e sobre os desafios de buscar novas tecnologias de disposição de rejeitos, como o dry stacking, e a reutilização de rejeitos para construção civil. Ele destacou a importância de atender às mudanças constantes da legislação e padrões internacionais para garantir a segurança e sustentabilidade das operações.

O evento foi encerrado com uma síntese das discussões e reflexões sobre a importância de uma abordagem sistêmica e adaptativa para promover a resiliência nas operações minerárias. A construção de resiliência envolve preparação, agilidade, inovação e um foco na autonomia e bem-estar das comunidades locais, integrando múltiplos níveis de governança e a participação ativa das comunidades para garantir a sustentabilidade a longo prazo.

Importância da discussão para a Mineração

A indústria de mineração é uma grande geradora de receitas, contribuindo significativamente para a economia global. O setor de mineração no Brasil representa 4% do PIB do país (Senado, 2023) e, segundo o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) registrou um aumento de 6% no faturamento no primeiro semestre de 2023, o que também se refletiu no aumento da arrecadação de tributos pelo setor (IBRAM, 2023). Além disso, o setor planeja investir cerca de US\$ 50 bilhões até 2027, focando na expansão das operações e na melhoria da infraestrutura. Parte desse planejamento inclui mais de US\$ 6,5 bilhões em investimentos socioambientais para mitigar os impactos das mudanças climáticas (IBRAM, 2023).

Esse investimento, e a preocupação com a resiliência e as mudanças climáticas são essenciais, considerando que o setor de mineração é responsável por 4 a 7% das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) (Delevingne et al, 2020). Com a previsão de um aumento de mais de 450% na produção de certos minerais críticos até 2050, as emissões relacionadas ao setor também deverão crescer (The World Bank, 2020, Mebratu-Tsegaye, 2021).

A importância e a responsabilidade do setor em relação às emissões de GEE são ainda maiores quando se considera que as mudanças climáticas impactam toda a cadeia de valor da mineração, desde a exploração até a produção e distribuição. Assim, há uma ênfase crescente na necessidade de adaptação para garantir a sustentabilidade a longo prazo do setor (Qarahasanlou et al, 2024).

A partir desse contexto, o evento "Resiliência nas Operações de Mineração" é importante devido ao contexto atual de mudanças climáticas e à necessidade crescente de adaptar as práticas minerárias a novos paradigmas ambientais e operacionais. Discutir resiliência é fundamental porque a resiliência permite que as operações minerárias não apenas sobrevivam, mas prosperem em um ambiente de mudanças contínuas e imprevisíveis. É sobre estar preparado para o futuro, adotando práticas que garantam a sustentabilidade a longo prazo. Além disso, a capacidade de adaptação e transformação ajuda a mitigar riscos associados a eventos climáticos extremos, garantindo que as operações minerárias possam continuar de maneira segura e eficiente, mesmo sob condições adversas.

Uma abordagem resiliente deve considerar a continuidade das operações, mas também os impactos ambientais e sociais. Isso inclui a gestão adequada de rejeitos, a proteção dos recursos hídricos e a colaboração com as comunidades locais para construir uma base sólida de apoio e confiança. Discutir resiliência impulsiona a inovação, levando ao desenvolvimento e à implementação de novas tecnologias e práticas que podem dar à indústria da mineração uma vantagem competitiva. Empresas que investem em resiliência estão melhor posicionadas para enfrentar desafios futuros e se adaptar rapidamente a mudanças no mercado e no ambiente regulatório.

O conceito de Resiliência nas Operações de Mineração é crucial para preparar a indústria minerária para os desafios climáticos do futuro, promovendo a adaptação contínua, a inovação e a sustentabilidade. Discutir resiliência é essencial para garantir que as operações minerárias possam enfrentar eventos adversos de maneira eficaz e continuar a contribuir para o desenvolvimento econômico e social de maneira responsável.

Resiliência: Um novo paradigma na Era do Antropoceno

A resiliência, definida como a capacidade de se readaptar a perturbações de forma sustentável e com estabilidade, de modo a manter um equilíbrio entre sociedade e meio ambiente (Holling, 1973) é um conceito muito importante na realidade contemporânea. Assim, essa capacidade de um sistema retornar às suas condições originais após um stress ou choque, precisa ser reavaliada frente aos desafios impostos pela crise climática global. Tradicionalmente, resiliência era sinônimo de robustez e força, refletindo a capacidade de mobilizar recursos econômicos para enfrentar crises. No entanto, o aumento das emissões de CO₂ e a consequente oscilação das temperaturas deslocaram a Terra do estável Holoceno para uma era que as mudanças antrópicas são o principal fator de alteração nas condições terrestres.

Esse novo contexto trouxe à tona a inadequação da visão tradicional de resiliência. O clima, agora imprevisível, e os riscos desconhecidos tornaram as séries históricas pouco representativas. Eventos climáticos extremos, como enchentes e secas recorde, tendem a ser cada vez mais frequentes. As enchentes no Rio Grande do Sul exemplificam essa nova realidade: em 1941, o rio demorou 21 dias para atingir níveis críticos, levando à construção do Muro da Mauá em Porto Alegre, que foi desenvolvido com o objetivo de impedir que as águas do Guaíba invadissem a cidade durante períodos de cheias. Em contraste, uma enchente similar em 2024 levou apenas 3 dias para atingir níveis críticos.

A robustez, outrora vista como resposta suficiente, foi substituída pela necessidade de preparação e agilidade.

Sistemas complexos adaptativos emergem como a nova resposta, onde a clareza do propósito e a capacidade de adaptação e transformação são fundamentais. A resiliência, portanto, não é mais apenas sobre resistir, mas sobre persistir, adaptar-se e transformar-se em face das mudanças contínuas e imprevisíveis do clima.

A resiliência também envolve ter diferentes formas de realizar o mesmo processo, aumentando a flexibilidade e reduzindo o risco. Um portfólio diversificado de alternativas é crucial para equalizar as melhores soluções para cada caso. Ademais, para alcançar a resiliência, é necessário integrar dados e informações entre diferentes atores, como empreendedores, órgãos públicos, academia e sociedade civil. Além disso, é fundamental buscar soluções inovadoras e sustentáveis, antecipando-se aos cenários de risco e incertezas.

Portanto, para lidar de forma eficaz com a crise climática, é essencial explorar novas formas de análise e tomada de decisão, priorizando a construção de capacidades adaptativas. Através da preparação ágil e da transformação contínua podemos garantir a sustentabilidade e a resiliência dos sistemas frente às adversidades, e esses conceitos podem ser aplicados nas Operações de Mineração para garantir uma maior sustentabilidade e perenidade do negócio.

Mudanças climáticas com ênfase nos Recursos Hídricos

As mudanças climáticas, que segundo as Nações Unidas (2023) são definidas como transformações significativas nos padrões do ciclo planeta ao longo do tempo, têm impactos significativos nos recursos hídricos, com destaque para a crescente frequência de eventos extremos, como enchentes e secas. No decorrer do século XXI, essas mudanças trarão profundas repercussões tanto na disponibilidade quanto no uso da água, afetando aspectos quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos (ANA, 2016). Casos recentes, como as cheias no Rio Grande do Sul e as secas no Rio Negro, mostram a necessidade de uma análise comparativa entre eventos normais e extremos.

Os padrões de precipitação, temperatura, evaporação e escoamento estão sendo alterados, afetando diversos aspectos dos recursos hídricos, incluindo abastecimento, irrigação, navegação e qualidade da água. É necessário ajustar e antecipar as operações de mineração diante dos impactos das mudanças climáticas, visto que estes podem inviabilizar operações e expansões, além de aumentar os custos operacionais. Algumas diretrizes nacionais e internacionais, como o Plano Nacional de Adaptação (2016), o Guia da ANA (2016) e o Guia IBRAM (2021) buscam orientar os empreendedores do setor com algumas possíveis medidas de adaptação.

O uso de modelos climáticos para prever futuros cenários são ferramentas que cada vez mais são exploradas para permitir uma melhor compreensão dos empreendedores sobre possíveis impactos, tanto de escassez de recursos como de eventos extremos. Os modelos climáticos são modelos matemáticos que simulam o comportamento da atmosfera, dos oceanos, da criosfera e da superfície terrestre com base nas suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Os modelos de circulação global (GCM) realizam simulações e projeções climáticas em escala global, ou seja, é adequado no âmbito de estudos em grandes áreas (países ou continentes).

Por sua vez, os modelos de circulação regional (RCMs) são modelos de menor resolução espacial, sendo adequados para trabalhar em escalas regionais. Os RCMs possuem como condição de contorno os próprios resultados dos GCMs.

Os cenários de mudanças climáticas são descrições quantitativas e qualitativas de possíveis alterações do clima futuro, baseados em diferentes cenários de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e de desenvolvimento socioeconômico. Os cenários não são previsões, mas sim projeções condicionais, que dependem das hipóteses adotadas. Os cenários são usados para alimentar os modelos climáticos e gerar projeções de variáveis climáticas, como temperatura, precipitação, umidade, vento, radiação, entre outros. Os cenários mais recentes propostos pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) são os Caminhos Socioeconômicos Compartilhados (SSPs), que descrevem como as sociedades podem evoluir, no que diz respeito ao crescimento populacional, à desigualdade dentro e entre países, à evolução socioeconômica, à utilização de energia, às mudanças tecnológicas e às condições ambientais (Ann Arbor et al., 2021) e os Representative Concentration Pathways (RCPs), os quais são representados pelo aumento de saldo de radiação em função da taxa futura de emissão de GEE.

A dificuldade em explicar tendências climáticas destaca a importância dos modelos climáticos como ferramentas, que tem ganhado uma certa representatividade e tem conseguido reproduzir um padrão geral, apesar de suas incertezas. Estas incertezas reforçam ainda mais a relevância de sistemas de alerta hidrológicos, a integração de dados de monitoramento do setor público e privado, além da aplicação de metodologias robustas para entender e prever eventos extremos. No entanto, há a preocupação dos empreendedores e setor técnico sobre a viabilidade destes cenários nos empreendimentos de mineração. Elaborar dimensionamentos, por exemplo, com cenários mais críticos do IPCC podem se tornar inviáveis do ponto de vista de execução, dada também a incerteza associada e a dinâmica temporal de áreas de mineração frente aos períodos dos cenários de mudanças climáticas.

Os modelos climáticos são ferramentas úteis para avaliar as condições meteorológicas em grandes escalas espaciais e temporais, mas apresentam limitações quando aplicados a pequenas bacias hidrográficas, reforçando a necessidade de haver monitoramento. Uma das dificuldades é captar os efeitos da orografia e da interferência de padrões regionais na distribuição e intensidade das chuvas. Outra é prever com precisão os eventos de chuva convectiva, que são mais frequentes e intensos em pequenas escalas. Esses aspectos são relevantes para o monitoramento e a gestão de barragens de rejeitos de mineração, que geralmente possuem pequenas bacias de captação.

De modo geral, a mineração está se organizando para trabalhar com eventos extremos causados por mudanças climáticas, tanto mínimos quanto máximos. Entende-se que este caminho passa por monitoramento e previsões. Nesse sentido, o setor pode contribuir para a resiliência hídrica das bacias hidrográficas por meio de ações de conservação, recuperação, reúso e tratamento de água. Uma gestão integrada e participativa da água, envolvendo diferentes atores, é fundamental para garantir a disponibilidade e qualidade desse recurso.

Portanto, fica clara a urgência de adaptação das operações minerárias às mudanças climáticas, utilizando abordagens baseadas em dados, modelos climáticos avançados e colaboração intersetorial. A integração de dados de monitoramento entre diferentes setores é fundamental, e uma abordagem colaborativa pode enriquecer as bases de dados nacionais e melhorar as respostas aos eventos climáticos extremos. A construção de resiliência, através de preparação, agilidade e inovação é necessária para enfrentar os desafios ambientais e garantir a sustentabilidade das operações minerárias.

Gestão de rejeitos

A gestão de rejeitos na mineração envolve uma série de desafios complexos e a necessidade de diferentes abordagens para garantir a sustentabilidade e a segurança das operações. A gestão adequada dos rejeitos é fundamental para minimizar impactos ambientais e proteger as comunidades ao redor das operações minerárias. Tradicionalmente, a disposição de rejeitos utilizava de forma preponderante as barragens, mas eventos recentes e alterações em regulamentações demonstraram a necessidade de se verificar alternativas complementares a esta, visando sempre a segurança e eficiência.

No setor minerário, identificar alternativas e soluções inovadoras e sustentáveis para o manejo e tratamento dos rejeitos é uma tarefa complexa. Embora o aproveitamento de rejeitos como coprodutos ou subprodutos seja uma oportunidade, existem diversos desafios técnicos, logísticos, regulatórios, de mercado, controle de qualidade e licenciamento a serem superados. Nesse sentido, aproveitar o potencial dos rejeitos como subprodutos ou insumos para outros setores, considerando os aspectos técnicos, econômicos, logísticos e sociais, é um desafio que requer abordagens multidisciplinares e colaborativas, com uma avaliação cuidadosa da viabilidade e dos impactos dessas soluções. Atualmente, soluções inovadoras, como o dry stacking e a reutilização de rejeitos em materiais de construção, como pavimentação e cerâmica, estão sendo exploradas. Essas técnicas diminuem a dependência de barragens e incentivam a economia circular, reutilizando materiais de maneira eficiente (ICMM, 2019).

Uma gestão eficaz de rejeitos deve ser flexível e adaptável, considerando mudanças regulatórias e condições operacionais. A criação de planos diretores de rejeitos, que incluam diretrizes específicas e cenários prováveis, é essencial para maximizar a capacidade de disposição e garantir a segurança das estruturas geotécnicas.

Antecipar e preparar-se para eventos climáticos extremos é crucial, especialmente em regiões sujeitas a grandes variabilidades climáticas. Nesse sentido, o planejamento da disposição de rejeitos deve ser integrado ao planejamento de fechamento da mina desde a fase de projeto, considerando cenários de mudanças climáticas, riscos associados, alternativas disponíveis e melhores práticas do setor. É necessário buscar novas abordagens, como o reaproveitamento de rejeitos e a gestão de risco efetiva.

Ademais, é importante destacar que gestão de rejeitos enfrenta desafios como a limitação territorial, a necessidade de monitoramento constante e a adaptação às novas regulamentações. Implementar múltiplas formas de disposição, como barragens, pilhas e co-processamento, pode proporcionar maior flexibilidade operacional.

Em resumo, a gestão de rejeitos na mineração deve evoluir continuamente para incorporar inovações tecnológicas, estratégias de planejamento flexíveis e uma abordagem colaborativa. A construção de uma operação minerária resiliente passa pela forma que os empreendedores lidam com os rejeitos gerados, incluindo as possibilidades econômicas de aproveitamento desses materiais. A pesquisa e inovação devem ser aplicadas para identificar os potenciais de cada material rejeitado na produção minerária. Adicionalmente o setor deve buscar prever as soluções de disposição de forma a permitir a expansão das operações e a vida útil de cada complexo.

Construir resiliência é essencial para enfrentar os desafios atuais e futuros, garantindo a sustentabilidade e a segurança das operações minerárias.

Resiliência no Território

A resiliência no território está intrinsecamente ligada ao senso de comunidade e ao apoio mútuo entre os membros da comunidade. Um exemplo ilustrativo é o de um produtor de tabaco que perdeu toda sua produção devido a uma chuva intensa, mas recebeu a ajuda da comunidade para se reestruturar.

Este exemplo demonstra que a verdadeira resiliência não se baseia em recursos financeiros, e que pode ser vista na solidariedade e no networking dentro da comunidade. O sentimento de comunidade é crucial, e durante o processo de avaliação de impacto, esse aspecto muitas vezes é negligenciado. Um empreendimento pode gerar renda e contratar localmente, mas se a comunidade se tornar dependente dele, isso pode ser problemático quando o empreendimento se encerrar.

A resiliência também envolve a construção de confiança entre a empresa e a comunidade. Estabelecer um bom relacionamento é fundamental, mas isso pode levar tempo e pode ser destruído rapidamente se não houver uma comunicação clara, transparente e contínua. As empresas devem entender que são parte do território e não apenas fornecedoras de recursos. Elas devem colaborar com a comunidade e não assumir responsabilidades que cabem ao poder público, como a reforma de escolas ou hospitais. Ao invés disso, as empresas deveriam cobrar ações do estado, contribuindo para a autonomia do território.

A comunicação é um pilar central na construção da resiliência. É necessário usar uma linguagem acessível à comunidade para garantir que todos compreendam as ações e os riscos associados aos empreendimentos. A mineração, por exemplo, deve ser vista como parte de um contexto ambiental e social mais amplo, onde a comunidade tem um papel significativo.

A integração e a colaboração são fundamentais. A comunidade deve ser envolvida desde o início dos projetos, permitindo uma co-construção e evitando tensões. Planos de uso da terra e estratégias de desenvolvimento devem incluir a participação ativa da sociedade para garantir que os projetos não se tornem símbolos de conflitos, mas sim de desenvolvimento sustentável. Há também uma necessidade de focar na prevenção em vez da mitigação. A prevenção de riscos pode ser mais eficiente economicamente a longo prazo. Estudos de impacto ambiental devem prever o futuro e considerar o fechamento dos empreendimentos desde o seu início, preparando o território para uma transição suave.

O empoderamento do território é um desafio complexo, mas essencial. A relação entre empresas e comunidades deve ser de parceria, buscando o desenvolvimento autônomo do território. A legislação e as políticas públicas devem apoiar essa abordagem, criando padrões que garantam a sustentabilidade e a segurança das comunidades a longo prazo.

Finalmente, a questão do uso futuro das terras pós-mineração e o desenvolvimento de fundos de compensação financeira são pontos críticos. A gestão responsável dos recursos gerados pela mineração, como os royalties, deve garantir que os municípios tenham um desenvolvimento sustentável mesmo após o encerramento das atividades minerárias. A experiência de descomissionamento em outros países pode servir como exemplo de como transformar áreas exauridas em novos polos de desenvolvimento econômico e social.

Em resumo, a resiliência no território envolve um esforço contínuo de comunicação, colaboração, prevenção e planejamento, sempre com foco na autonomia e no bem-estar das comunidades locais.

Conclusão

O Workshop "Resiliência nas Operações de Mineração" destacou a urgência de adaptar as práticas minerárias às mudanças climáticas, utilizando abordagens baseadas em dados, modelos climáticos avançados e colaboração entre diferentes setores. Ademais, durante o evento, foi discutida a temática de disposição de rejeitos, onde alternativas como o dry stacking e a reutilização de rejeitos em materiais de construção foram enfatizadas, valorizando a flexibilidade operacional e a adaptabilidade às mudanças regulatórias e às condições ambientais. A resiliência das comunidades locais e a importância do apoio mútuo e do sentimento de comunidade também foram tópicos importantes discutidos.

A construção de resiliência envolve preparação, agilidade, inovação e um foco constante na sustentabilidade e no bem-estar das comunidades locais, assegurando que as operações minerárias continuem contribuindo de maneira responsável para o desenvolvimento econômico e social. O evento concluiu que enfrentar os desafios climáticos, tanto presentes quanto futuros, requer uma abordagem sistêmica e adaptativa, integrando elementos de governança em diversos níveis e a participação ativa das comunidades, garantindo assim a continuidade do papel relevante das operações de mineração na sociedade de forma responsável.

A HIDROBR, organizadora do evento, reforça a importância desse tema e se mostra comprometida em investir em tecnologias inovadoras e promover a colaboração para construir um futuro mais resiliente e sustentável para a indústria da mineração. Reconhecemos que nossa responsabilidade vai além de apoiar operações que resistam a eventos adversos, mas também de garantir que elas prosperem, contribuindo para a longevidade e a sustentabilidade do setor e das comunidades envolvidas.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos: Avaliações e Diretrizes para Adaptação. Brasília: ANA, 2016. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/publicacoes/mudancas-climaticas>. Acesso em: 22 jun. 2024.

ANN ARBOR, MI. BRILEY, L., DOUGHERTY, R., WELLS, K., HERCULA, T., NOTARO, M., ROOD, R., ANDRESEN, J., MARSIK, F., PROSPERI, A., JORNS, J., CHANNELL, K., HUTCHINSON, S., KEMP, C., AND O. GATES. (2021). A Practitioner's Guide to Climate Model Scenarios. Great Lakes Integrated Sciences and Assessments (GLISA), 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: volume 1: estratégia geral: portaria MMA nº 150 de 10 de maio de 2016. Brasília: MMA, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/clima/adaptacao/arquivos/plano-nacional-de-adaptacao-a-mudanca-do-clima-pna-vol-i.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2024.

COLLER, Helen. Climate Change and Investor-State Mining Contracts. Columbia Center on Sustainable Investment, 2023. Disponível em: <https://ccsi.columbia.edu/sites/default/files/content/docs/ccsi-climate-change-investor-state-mining-contracts.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2024.

DELEVINGNE, Lindsay; GLAZENER, Will; GRÉGOIR, Liesbet; HENDERSON, Kimberly. Climate risk and decarbonization: What every mining CEO needs to know. McKinsey & Company, 2020. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Sustainability/Our%20Insights/Climate%20risk%20and%20decarbonization%20What%20every%20mining%20CEO%20needs%20to%20know/Climate-risk-and-decarbonization-What-every-mining-CEO-needs-to-know.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2024.

HOLLING, C. S. Resilience and Stability of Ecological Systems. Annual Review of Ecology and Systematics, v. 4, p. 1-23, 1973. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2096802?origin=JSTOR-pdf>. Acesso em: 16 jun. 2024.

IBRAM. Mineração Resiliente: Um guia para a Mineração se adaptar aos impactos da Mudança do Clima. São Paulo: Plantar Carbon; IBRAM, 2021.

IBRAM. Mineração amplia faturamento e recolhimento de tributos em 6% no 1º semestre. Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), 7 jul. 2023. Disponível em: <https://ibram.org.br/release/mineracao-amplia-faturamento-e-recolhimento-de-tributos-em-6-no-1o-semester/>. Acesso em: 22 jun. 2024.

INTERNATIONAL COUNCIL ON MINING & METALS (ICCM). Guidance on climate change adaptation for the mining sector. Londres: ICMM, 2019. Disponível em: https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/environmental-stewardship/2019/guidance_changing-climate.pdf. Acesso em: 22 jun. 2024.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. O que são mudanças climáticas. Nações Unidas Brasil. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/175180-o-que-s%C3%A3o-mudan%C3%A7as-clim%C3%A1ticas>. Acesso em: 22 jun. 2024.

O ANTAGONISTA. Proposta rejeitada para nova era geológica: a Antropoceno. Disponível em: <https://oantagonista.com.br/mundo/proposta-rejeitada-para-nova-era-geologica-a-antropoceno/>. Acesso em: 22 jun. 2024.

QARAHASANLOU, Ali Nouri; GARMABAKI, A. H. S.; KASRAEI, Ahmad; BARABADY, Javad. Climate Change Impacts on Mining Value Chain: A Systematic Literature Review. International Congress and Workshop on Industrial AI and Maintenance, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/377058379_Climate_Change_Impacts_on_Mining_Value_Chain_A_Systematic_Literature_Review Acesso em: 22 jun. 2024.

SENADO FEDERAL. Responsável por 4% do PIB, mineração encontra maneiras de ser mais sustentável no Brasil. In: TV SENADO. 7 out. 2023. 1 vídeo (20 min). Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/tv/programas/ecosenado/2023/10/responsavel-por-4-do-pib-mineracao-encontra-manieras-de-ser-mais-sustentavel-no-brasil#:~:text=07%2F10%2F2023-,Respons%C3%A1vel%20por%204%25%20do%20PIB%2C%20minera%C3%A7%C3%A3o%20encontra%20maneiras%20de,ser%20mais%20sustent%C3%A1vel%20no%20Brasil>. Acesso em: 22 jun. 2024.

THE WORLD BANK. Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition. Washington, D.C.: World Bank, 2020. Disponível em: <https://pubdocs.worldbank.org/en/961711588875536384/Minerals-for-Climate-Action-The-Mineral-Intensity-of-the-Clean-Energy-Transition.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2024.