

TÉCNICO EM MINERAÇÃO



MÓDULO II INSTALAÇÃO E EQUIPAMENTOS DE MINERAÇÃO



2025 - INEPROTEC

Diretor Pedagógico	EDILVO DE SOUSA SANTOS
Diagramação	MICHEL MARTINS NOGUEIRA
Capa	MICHEL MARTINS NOGUEIRA
Elaboração	INEPROTEC

Direitos Autorais: É proibida a reprodução parcial ou total desta publicação, por qualquer forma ou meio, sem a prévia autorização do INEPROTEC, com exceção do teor das questões de concursos públicos que, por serem atos oficiais, não são protegidas como Direitos Autorais, na forma do Artigo 8º, IV, da Lei 9.610/1998. Referida vedação se estende às características gráficas da obra e sua editoração. A punição para a violação dos Direitos Autorais é crime previsto no Artigo 184 do Código Penal e as sanções civis às violações dos Direitos Autorais estão previstas nos Artigos 101 a 110 da Lei 9.610/1998.

Atualizações: A presente obra pode apresentar atualizações futuras. Esforçamo-nos ao máximo para entregar ao leitor uma obra com a melhor qualidade possível e sem erros técnicos ou de conteúdo. No entanto, nem sempre isso ocorre, seja por motivo de alteração de software, interpretação ou falhas de diagramação e revisão. Sendo assim, disponibilizamos em nosso site a seção mencionada (Atualizações), na qual relataremos, com a devida correção, os erros encontrados na obra e sua versão disponível. Solicitamos, outros sim, que o leitor faça a gentileza de colaborar com a perfeição da obra, comunicando eventual erro encontrado por meio de mensagem para contato@ineprotec.com.br.

VERSÃO 2.0 (01.2025)

Todos os direitos reservados à
Ineprotec - Instituto de Ensino Profissionalizante e Técnico Eireli
Quadra 101, Conjunto: 02, Lote: 01 - Sobreloja
Recanto das Emas - CEP: 72.600-102 - Brasília/DF
E-mail: contato@ineprotec.com.br
www.ineprotec.com.br

Sumário

ABERTURA

SOBRE A INSTITUIÇÃO

- Educação Tecnológica, Inteligente e Eficiente
- Missão
- Visão
- Valores

SOBRE O CURSO

- Perfil profissional de conclusão e suas habilidades
- Quesitos fundamentais para atuação
- Campo de atuação
- Sugestões para Especialização Técnica
- Sugestões para Cursos de Graduação

SOBRE O MATERIAL

- Divisão do Conteúdo
- Boxes

BASE TEÓRICA

INTRODUÇÃO

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA MINERAÇÃO A CÉU ABERTO

- Escavadeiras
- Carregadeiras
- Caminhões fora-de-estrada
- Perfuratrizes
- Tratores de esteira e motoniveladoras
- Correias transportadoras móveis

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA MINERAÇÃO SUBTERRÂNEA

- Jumbos de perfuração
- Carregadeiras subterrâneas (LHD)
- Caminhões subterrâneos
- Equipamentos de suporte e contenção
- Sistemas de transporte contínuo

EQUIPAMENTOS EM USINAS DE BENEFICIAMENTO DE MINÉRIOS

- Britadores
- Moinhos
- Classificadores e peneiras
- Equipamentos de concentração
- Espessadores, filtros e sistemas de rejeito

PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO E VARIÁVEIS DE OPERAÇÃO

- Equipamentos de escavação e carregamento
- Equipamentos de transporte
- Equipamentos de britagem e moagem
- Equipamentos de separação e concentração

MANUTENÇÃO, LUBRIFICAÇÃO E REPOSIÇÃO DE PEÇAS

- Tipos de manutenção na mineração
- Lubrificação de equipamentos
- Reposição e gestão de peças

VEÍCULOS UTILIZADOS NA MINERAÇÃO

- Caminhões fora-de-estrada
- Caminhões rodoviários adaptados
- Veículos utilitários e de apoio
- Equipamentos de transporte em mina subterrânea
- Veículos especiais

SEGURANÇA OPERACIONAL E NORMAS APLICÁVEIS

- Principais riscos operacionais na mineração
- Normas Regulamentadoras (NRs) aplicadas à mineração
- Boas práticas de segurança operacional

SESSÕES ESPECIAIS

MAPA DE ESTUDO

SÍNTESE DIRETA

MOMENTO QUIZ

GABARITO DO QUIZ

REFERÊNCIAS

Módulo II

INSTALAÇÃO E EQUIPAMENTOS DE MINERAÇÃO

Abertura

SOBRE A INSTITUIÇÃO

Educação Tecnológica, Inteligente e Eficiente

O Instituto de Ensino Profissionalizante e Técnico (INEPROTEC) é uma instituição de ensino que valoriza o poder da educação e seu potencial de transformação.

Nascemos da missão de levar educação de qualidade para realmente impactar a vida dos nossos alunos. Acreditamos muito que a educação é a chave para a mudança.

Nosso propósito parte do princípio de que a educação transforma vidas. Por isso, nossa base é a inovação que, aliada à educação, resulta na formação de alunos de grande expressividade e impacto para a sociedade. Aqui no INEPROTEC, o casamento entre tecnologia, didática e interatividade é realmente levado a sério e todos os dias otimizado para constante e contínua evolução.

Missão

A nossa missão é ser símbolo de qualidade, ser referência na área educacional presencial e a distância, oferecendo e proporcionando o acesso e permanência a cursos técnicos, desenvolvendo e potencializando o talento dos estudantes, tornando-os, assim, profissionais de sucesso e cidadãos responsáveis e capazes de atuar como agentes de mudança na sociedade.

Visão

O INEPROTEC visa ser um instituto de ensino profissionalizante e técnico com reconhecimento nacional, comprometido com a qualidade e excelência de seus cursos, traçando pontes para oportunidades de sucesso, tornando-se, assim, objeto de desejo para os estudantes.

Valores

Ciente das qualificações exigidas pelo mercado de trabalho, o INEPROTEC tem uma visão que prioriza a valorização de cursos essenciais e pouco ofertados para profissionais que buscam sempre a atualização e especialização em sua área de atuação.

SOBRE O CURSO

O curso TÉCNICO EM MINERAÇÃO pertence ao Eixo Tecnológico de RECURSOS NATURAIS.

Vejamos algumas informações importantes sobre o curso TÉCNICO EM MINERAÇÃO relacionadas ao **perfil profissional de conclusão e suas habilidades**, **quesitos fundamentais para atuação**, **campo de atuação** e, também, algumas sugestões interessantes para continuação dos estudos optando por **Especializações Técnicas** e/ou **Cursos de Graduação**.

Perfil profissional de conclusão e suas habilidades

- Realizar atividades de prospecção, avaliação técnica e econômica, planejamento, extração e produção referentes aos recursos naturais.
- Prestar assistência técnica e assessoria ao estudo e ao desenvolvimento de projetos e pesquisas tecnológicas, ou aos trabalhos de vistoria, perícia, arbitramento e consultoria.
- Elaborar orçamentos, laudos, pareceres, relatórios e projetos, inclusive de incorporação de novas tecnologias.
- Realizar levantamento topográfico, sensoriamento remoto e geoprocessamento, conforme sua formação profissional.
- Auxiliar na caracterização de minérios sob os aspectos físico-químico, mineralógico e granulométrico.
- Executar projetos de desmonte, transporte e carregamento de minérios.
- Monitorar a estabilidade de rochas em minas subterrâneas e a céu aberto.
- Auxiliar no mapeamento geológico e amostragem em superfície e subsolo.
- Supervisionar, coordenar e operar equipamentos de fragmentação, de separação mineral, separação sólido/líquido, hidrometalúrgicos e de secagem.
- Supervisionar, coordenar e operar equipamentos de extração mineral, sondagem, perfuração, amostragem e transporte.
- Orientar e coordenar a execução de serviços de manutenção de equipamentos.
- Prestar assistência técnica na compra, venda e utilização de equipamentos especializados.

Quesitos fundamentais para atuação

- Conhecimentos e saberes relacionados aos recursos minerais e à proteção ambiental.

- Atualização em relação às inovações tecnológicas.
- Cooperação de forma construtiva e colaborativa nos trabalhos em equipe e tomada de decisões.
- Adoção de senso investigativo, visão sistêmica das atividades e processos, capacidade de comunicação e argumentação, autonomia, proatividade, liderança, respeito às diversidades nos grupos de trabalho, resiliência frente aos problemas, organização, responsabilidade, visão crítica, humanística, ética e consciência em relação ao impacto de sua atuação profissional na sociedade e no ambiente.

Campo de atuação

- Empresas públicas e privadas que atuam no desenvolvimento de soluções tecnológicas para exploração de recursos minerais.
- Instituições de assistência técnica, pesquisa, análise e experimentação.
- Empresas de consultoria.
- Empresas de mineração e de petróleo.
- Empresas de equipamentos de mineração.
- Centros de pesquisa em mineração.

Sugestões para Especialização Técnica

- Especialização Técnica em Mineralogia e Petrografia.
- Especialização Técnica em Caracterização Mineralógica.
- Especialização Técnica em Beneficiamento de Rochas Ornamentais.
- Especialização Técnica em Gestão Operacional de Produção com Enfoque na Mineração.
- Especialização Técnica em Caracterização Tecnológica de Rochas Ornamentais.
- Especialização Técnica em Pesquisa Mineral.
- Especialização Técnica em Topografia de Mineração.
- Especialização Técnica em Tratamento de Minérios.

Sugestões para Cursos de Graduação

- Curso Superior de Tecnologia em Agrimensura.
- Curso Superior de Tecnologia em Estradas.
- Curso Superior de Tecnologia em Beneficiamento de Minérios.
- Curso Superior de Tecnologia em Exploração de Recursos Minerais.
- Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental.
- Curso Superior de Tecnologia em Mineração.
- Curso Superior de Tecnologia em Petróleo e Gás.
- Curso Superior de Tecnologia em Produção Joalheira.
- Curso Superior de Tecnologia em Rochas Ornamentais.
- Bacharelado em Agrimensura.
- Bacharelado em Engenharia de Minas.
- Bacharelado em Engenharia Geológica.
- Bacharelado em Geologia.
- Licenciatura em Química.

SOBRE O MATERIAL

Os nossos materiais de estudos são elaborados pensando no perfil de nossos cursistas, contendo uma estruturação simples e clara, possibilitando uma leitura dinâmica e com volume de informações e conteúdos considerados básicos, mas fundamentais e essenciais para o desenvolvimento de cada disciplina. Lembrando que nossas apostilas não são os únicos meios de estudo.

Elas, juntamente com as videoaulas e outras mídias complementares, compõem os vários recursos midiáticos que são disponibilizados por nossa Instituição, afim de proporcionar subsídios suficientes a todos, no processo de ensino-aprendizagem durante o curso.

Divisão do Conteúdo

Este material está estruturado em três partes:

- 1) ABERTURA.
- 2) BASE TEÓRICA.

3) SESSÕES ESPECIAIS.

Parte 1 - ABERTURA

- Sobre a Instituição.
- Sobre o Curso.
- Sobre o Material.

Parte 2 – BASE TEÓRICA

- Conceitos.
- Observações.
- Exemplos.

Parte 3 – SESSÕES ESPECIAIS

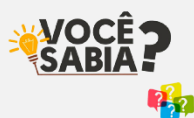
- Mapa de Estudo.
- Síntese Direta.
- Momento Quiz.

Boxes

Além dessas três partes, no desenvolvimento da BASE TEÓRICA temos alguns BOXES interessantes, com intuito de tornar a leitura mais agradável, mesclando um estudo mais profundo e teórico com pausas pontuais atrativas, deixando a leitura do todo “mais leve” e interativa.

Os BOXES são:

▪ VOCÊ SABIA?



São informações complementares contextualizadas com a base teórica, contendo curiosidades que despertam a imaginação e incentivam a pesquisa.

• PAUSA PARA REFLETIR...



Um momento especial para descansar a mente do estudo teórico, conduzindo o cursista a levar seus pensamentos para uma frase, mensagem ou indagação subjetiva que leve a uma reflexão pessoal e motivacional para o seu cotidiano.

▪ SE LIGA NA CHARADA!



Se trata de um momento descontraído da leitura, com a apresentação de enigmas e indagações divertidas que favorecem não só a interação, mas também o pensamento e raciocínio lógico, podendo ser visto como um desafio para o leitor.

Base Teórica

INTRODUÇÃO

A mineração é uma das atividades mais antigas da humanidade e continua sendo fundamental para o desenvolvimento industrial e tecnológico do mundo moderno. Toda infraestrutura urbana, agrícola e tecnológica depende direta ou indiretamente de substâncias minerais extraídas do subsolo. No entanto, para que os minérios possam ser obtidos em quantidade e qualidade adequadas, é necessário o uso de uma série de máquinas e equipamentos especializados.

Nesta apostila, estudaremos a instalação e utilização de equipamentos empregados em diferentes fases da atividade mineral, abordando desde a extração em lavras a céu aberto e subterrâneas, até o processamento dos minérios em usinas de beneficiamento. Também serão discutidos os princípios de funcionamento dos principais equipamentos, suas variáveis operacionais, práticas de manutenção, lubrificação, reposição de peças e o papel dos veículos na logística da mineração.

O avanço tecnológico ampliou significativamente a eficiência dos equipamentos utilizados na mineração, reduzindo o tempo de operação, aumentando a segurança dos trabalhadores e melhorando o aproveitamento das jazidas. Ao mesmo tempo, exige-se dos profissionais da área um conhecimento cada vez mais técnico sobre o funcionamento e a manutenção dessas máquinas, já que falhas operacionais podem representar riscos ambientais, perdas econômicas e acidentes de trabalho.

Cada tipo de lavra — seja a céu aberto ou subterrânea — demanda soluções específicas em termos de equipamentos, conforme as características do depósito mineral, da profundidade da jazida, do tipo de rocha e do ambiente de operação. Além disso, após a extração, os minérios precisam ser submetidos a processos de britagem, moagem, classificação e concentração, que também exigem conjuntos de equipamentos adequados e bem ajustados.

Outro fator importante é o transporte interno e externo de materiais, que envolve o uso de caminhões, pás carregadeiras, tratores, escavadeiras e correias transportadoras, entre outros veículos. A escolha correta e o uso eficiente desses meios logísticos impactam diretamente a produtividade das operações.

Por fim, será apresentada uma abordagem voltada à manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos, com foco na importância da lubrificação adequada, da reposição de peças e do monitoramento de desempenho. Essas ações são essenciais para garantir a continuidade operacional, reduzir custos e aumentar a vida útil dos ativos da mina.

Ao longo das próximas seções, você terá contato com os principais conceitos, classificações e aplicações práticas que envolvem o uso de máquinas e equipamentos na mineração moderna. O objetivo é fornecer uma base sólida para a compreensão técnica, operacional e estratégica desses elementos, preparando o leitor para atuar de forma consciente e eficiente nas diversas etapas do processo mineral.



VOCÊ SABIA?

Caminhões autônomos já operam em várias minas do mundo

Grandes mineradoras como a Rio Tinto e a Vale já utilizam caminhões sem motorista, controlados remotamente por sistemas inteligentes, aumentando a segurança e a produtividade.

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA MINERAÇÃO A CÉU ABERTO

A mineração a céu aberto é o método mais utilizado no mundo para a extração de minérios, especialmente quando as jazidas se encontram próximas à superfície e possuem grande extensão horizontal. Esse método é caracterizado pela escavação em bancadas sucessivas, onde grandes volumes de rocha ou solo são movimentados com o auxílio de equipamentos pesados e de alta produtividade.

Os equipamentos empregados na mineração a céu aberto devem ser robustos, eficientes e adaptáveis a diferentes condições de terreno, clima e tipo de rocha. A operação segura e eficaz dessas máquinas depende de um planejamento detalhado da lavra, da capacitação dos operadores e da manutenção constante dos sistemas mecânicos e hidráulicos.

Escavadeiras

As escavadeiras são máquinas fundamentais na lavra a céu aberto, utilizadas para escavar e carregar material fragmentado. Elas operam com caçambas de grande capacidade e podem ser hidráulicas ou a cabo.

As escavadeiras hidráulicas são versáteis e permitem manobras rápidas em espaços menores, sendo ideais para trabalhos em frentes móveis. Já as escavadeiras a cabo são mais indicadas para escavação de grande porte em operações contínuas, como em minas de carvão ou fosfato.

Carregadeiras

As carregadeiras, também conhecidas como pás-carregadeiras, têm a função de coletar o material detonado e carregá-lo em caminhões fora-de-estrada ou outros meios de transporte. Elas são dotadas de uma caçamba frontal articulada que permite a movimentação rápida e eficiente de grandes volumes de material.

As carregadeiras articuladas são as mais comuns e oferecem boa mobilidade, mesmo em terrenos irregulares. Além disso, a escolha da caçamba correta influencia diretamente a produtividade da operação.

Caminhões fora-de-estrada

Esses caminhões são projetados especificamente para operar em minas a céu aberto. Possuem alta capacidade de carga (variando de 40 a mais de 400 toneladas) e são construídos com chassis reforçados, pneus gigantes e motores potentes.

A eficiência no transporte do material escavado depende da correta combinação entre escavadeiras/carregadeiras e caminhões, bem como do controle de rota e tempo de ciclo. Modelos mais modernos contam com sistemas de monitoramento em tempo real e controle eletrônico de desempenho.

Perfuratrizes

As perfuratrizes são empregadas para abrir furos no solo onde serão colocados os explosivos usados na detonação das rochas. O dimensionamento adequado da malha de

perfuração influencia diretamente a eficiência da fragmentação e a produtividade da escavação.

Existem perfuratrizes hidráulicas, pneumáticas e elétricas, montadas sobre esteiras ou caminhões. A escolha do modelo depende da dureza da rocha, da profundidade dos furos e da mobilidade exigida.

Tratores de esteira e motoniveladoras

Esses equipamentos são utilizados para nivelamento, escarificação, empurramento e construção de vias internas na mina. O trator de esteira tem grande força de tração e é ideal para deslocamento de grandes volumes de solo e rocha. A motoniveladora, por sua vez, é responsável por manter a regularidade das vias de acesso, essenciais para o trânsito seguro dos caminhões.

Correias transportadoras móveis

Em operações de mineração a céu aberto com grande produção contínua, é comum o uso de correias transportadoras móveis para reduzir o uso de caminhões em certos trechos e agilizar o transporte do minério até a usina ou pilha de estéril.

Essas correias são ajustáveis e podem se adaptar ao avanço da lavra, sendo especialmente vantajosas em minas de baixa declividade ou horizontais.

O conjunto de equipamentos utilizados na mineração a céu aberto exige sinergia operacional, planejamento constante e manutenção rigorosa. A seleção correta de máquinas, sua configuração para o tipo de material a ser lavrado e o controle dos tempos de operação e deslocamento são fatores que determinam a eficiência e o sucesso do empreendimento.



SE LIGA NA CHARADA!

PERGUNTA: Qual o equipamento que é muito forte, mas vive com dor de cabeça?

RESPOSTA: O britador... vive sob pressão!

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA MINERAÇÃO SUBTERRÂNEA

A mineração subterrânea é aplicada quando os corpos de minério se encontram em profundidades elevadas ou em situações nas quais a lavra a céu aberto se torna inviável técnica ou economicamente. Esse tipo de operação exige uma infraestrutura complexa, com acesso por galerias, rampas ou poços verticais, e o uso de equipamentos especialmente adaptados a ambientes confinados, de baixa iluminação e ventilação controlada.

A seleção dos equipamentos para mineração subterrânea depende do método de lavra adotado (como câmaras e pilares, corte e enchimento, ou sublevel stoping), da geometria do corpo mineralizado, das condições geotécnicas da rocha e das restrições operacionais do local.

Jumbos de perfuração

Os jumbos são máquinas utilizadas para a perfuração em frentes de lavra e desenvolvimento de túneis. Eles possuem um ou mais braços articulados equipados com perfuratrizes hidráulicas, que realizam a abertura de furos para colocação de explosivos.

Além de garantir precisão na malha de perfuração, os jumbos oferecem eficiência operacional e segurança, pois permitem que o operador fique em cabine protegida enquanto a máquina realiza o trabalho em zonas de risco. Há modelos de jumbos montados sobre pneus, trilhos ou esteiras, dependendo da mobilidade necessária.

Carregadeiras subterrâneas (LHD)

As LHDs (*Load-Haul-Dump*) são carregadeiras compactas projetadas para operar em galerias estreitas. Elas realizam o carregamento do minério detonado, o transporte até pontos de despejo (como chutes ou correias) e a descarga do material em locais predeterminados.

Seu tamanho reduzido, a potência do motor e o sistema de direção articulada as tornam fundamentais para a eficiência e flexibilidade da lavra subterrânea. A operação de LHDs exige atenção especial à ventilação, pois os gases emitidos pelos motores diesel em ambientes fechados devem ser constantemente renovados.

Caminhões subterrâneos

Semelhantes aos caminhões fora-de-estrada utilizados em minas a céu aberto, os caminhões subterrâneos são mais compactos, com perfil rebaixado e adaptados para circular em túneis. São empregados para transportar minério ou estéril até as galerias de escoamento, chutes, depósitos intermediários ou até a superfície.

Esses veículos também devem operar com motores de baixa emissão e em sincronia com o sistema de ventilação da mina, especialmente em ambientes de grande profundidade.

Equipamentos de suporte e contenção

A estabilidade das galerias e frentes de lavra subterrâneas depende da instalação de sistemas de suporte, como arcos metálicos, concreto projetado (shotcrete), telas metálicas e chumbadores. Para essa função, utiliza-se:

- Equipamentos projetores de concreto: aplicam o concreto nas paredes das galerias de forma uniforme e rápida.
- Plataformas de instalação de suporte: permitem fixar chumbadores e telas de forma mecanizada, garantindo segurança e rapidez na contenção do maciço rochoso.

Esses equipamentos reduzem significativamente o risco de desmoronamentos e acidentes, sendo essenciais para a integridade da mina e da equipe de operação.

Sistemas de transporte contínuo

Em operações de grande porte, como lavra de carvão ou minério em corpos horizontais, é comum o uso de correias transportadoras fixas instaladas dentro das galerias. Essas correias conectam os pontos de extração às plantas de britagem subterrâneas ou aos silos de transporte para a superfície.

O uso de sistemas contínuos diminui o tráfego de caminhões, melhora a eficiência logística e reduz os custos com combustíveis e manutenção de vias internas.

A mineração subterrânea, por operar em ambientes de maior risco geotécnico e operacional, demanda equipamentos altamente especializados e protocolos rigorosos de manutenção, ventilação e segurança. A escolha, operação e conservação desses equipamentos impactam diretamente na produtividade, no custo por tonelada lavrada e na segurança dos trabalhadores.

VOCÊ SABIA?



A maior escavadeira do mundo pesa mais que 20 aviões Boeing 737:



A escavadeira Bagger 288, usada na Alemanha, pesa 13.500 toneladas e é capaz de remover mais de 200.000 m³ de material por dia.

EQUIPAMENTOS EM USINAS DE BENEFICIAMENTO DE MINÉRIOS

Após a extração do minério, o próximo passo no processo mineral é o beneficiamento. Essa etapa tem como objetivo separar, concentrar ou purificar os minerais úteis da ganga (os materiais sem valor econômico), tornando o produto final adequado ao uso industrial ou comercial. As usinas de beneficiamento reúnem uma variedade de equipamentos e operações físicas, químicas ou físico-químicas que transformam o material bruto extraído da mina em um produto com especificações definidas.

O arranjo das usinas varia conforme o tipo de minério, mas há certos equipamentos que são comuns em quase todas as instalações, divididos em etapas como britagem, moagem, classificação, concentração, espessamento e filtração.

Britadores

A britagem é o primeiro estágio do processo de cominuição, que visa reduzir o tamanho dos blocos de minério vindos da lavra para dimensões mais adequadas às etapas seguintes. Os britadores são classificados conforme o tipo de movimento e a granulometria desejada.

Os principais tipos incluem:

- Britadores de mandíbulas: utilizados na britagem primária, realizam a fragmentação por compressão entre duas superfícies metálicas.
- Britadores cônicos: utilizados na britagem secundária e terciária, operam por compressão e rotação, permitindo maior controle da granulometria.
- Britadores de impacto: aplicam força por choque, ideais para materiais menos abrasivos.

A escolha do britador influencia a eficiência do circuito e a forma das partículas, impactando o desempenho das etapas posteriores.

Moinhos

A moagem é responsável por reduzir ainda mais a granulometria do minério, tornando-o adequado à separação ou concentração mineral. Os moinhos podem ser classificados por sua forma de operação e tipo de meio moedor.

Entre os mais utilizados estão:

- Moinhos de bolas: operam com cilindros rotativos que movimentam esferas de aço, promovendo a quebra por impacto e atrito.
- Moinhos de barras: semelhantes aos de bolas, mas utilizam barras metálicas como corpos moedores.
- Moinhos autógenos e semi-autógenos: utilizam o próprio minério como meio de moagem, com ou sem adição de bolas metálicas.

O controle da carga, velocidade de rotação e ponto de alimentação são variáveis críticas para o bom desempenho dos moinhos.

Classificadores e peneiras

Após a cominuição, é necessário separar as partículas por tamanho. Esse processo é realizado por peneiras vibratórias (em seco) ou classificadores hidráulicos (em meio úmido).

Os classificadores mais comuns incluem:

- Ciclones: separam as partículas por densidade e velocidade de arraste em forma cônica.
- Espessadores e hidrociclones: usados para deslamagem, lavagem e concentração por diferença de densidade.

A classificação garante que apenas o material com a granulometria desejada siga para as etapas de concentração, otimizando o uso de reagentes e energia.

Equipamentos de concentração

A concentração visa separar os minerais de interesse daqueles que não possuem valor econômico, com base em diferenças de propriedades físicas (densidade, magnetismo, condutividade) ou químicas.

Os equipamentos mais comuns são:

- Mesas vibratórias e espirais concentradoras: separam partículas por gravidade e tamanho.
- Separadores magnéticos: removem minerais ferromagnéticos ou paramagnéticos, como magnetita e hematita.
- Flotação: utiliza reagentes e agitação em células para tornar minerais hidrofóbicos, permitindo sua separação por bolhas de ar.

A eficiência de cada equipamento depende da natureza do minério, do controle de variáveis como pH, tempo de residência e dosagem de reagentes.

Espessadores, filtros e sistemas de rejeito

Ao final do beneficiamento, é necessário remover a água do concentrado e dos rejeitos. Os espessadores promovem a sedimentação das partículas em suspensão, permitindo a recuperação da água para reuso no processo.

Os filtros (a vácuo, prensa ou centrífugos) completam a desidratação, produzindo tortas com menor umidade. Os rejeitos, por sua vez, são enviados para barragens, pilhas ou sistemas de disposição a seco, com atenção às normas ambientais e de segurança.

As usinas de beneficiamento são essenciais para transformar o minério bruto em um produto comercial. A escolha adequada e o correto funcionamento dos equipamentos garantem não apenas a qualidade do produto final, mas também a eficiência energética, a segurança operacional e o menor impacto ambiental possível.



SE LIGA NA CHARADA!

PERGUNTA: Por que a pá-carregadeira não joga baralho?

RESPOSTA: Porque ela sempre carrega a mão!

PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO E VARIÁVEIS DE OPERAÇÃO

Para que o uso de equipamentos na mineração seja eficiente, seguro e sustentável, é essencial compreender não apenas como esses equipamentos operam, mas também quais variáveis influenciam diretamente seu desempenho. O funcionamento adequado de máquinas depende do domínio de conceitos como força, torque, pressão, vazão, velocidade de rotação e ciclos operacionais. Além disso, fatores externos como o tipo de rocha, granulometria do material, umidade e declividade do terreno também interferem no rendimento das operações.

Nesta seção, serão abordados os princípios fundamentais que regem o funcionamento dos principais equipamentos utilizados nas etapas de lavra e beneficiamento, bem como as variáveis críticas que devem ser monitoradas para garantir produtividade e longevidade das máquinas.

Equipamentos de escavação e carregamento

Máquinas como escavadeiras, pás-carregadeiras e LHDs operam com sistemas hidráulicos que transformam a energia do motor em força de escavação, levantamento e deslocamento. O princípio básico consiste na utilização de bombas hidráulicas que movimentam cilindros e pistões, gerando movimentos de alta potência e precisão.

As principais variáveis de operação nesse tipo de equipamento incluem:

- Pressão hidráulica: deve estar dentro dos limites de projeto para evitar falhas nos cilindros.
- Ciclo de carregamento: envolve os tempos de escavação, levantamento, rotação e despejo, influenciando a produtividade horária.
- Capacidade da caçamba: deve estar compatível com o material e com os equipamentos de transporte.
- Tipo de solo ou rocha: influencia o esforço requerido e o desgaste dos componentes.

O conhecimento técnico sobre esses fatores permite ajustar os parâmetros de operação conforme as condições do terreno e da frente de lavra.

Equipamentos de transporte

Caminhões, correias transportadoras e trens são projetados para deslocar grandes volumes de material com o menor custo possível. O funcionamento desses equipamentos está baseado em princípios mecânicos de tração, torque, atrito e transmissão de força.

As variáveis operacionais mais relevantes incluem:

- Carga útil (payload): excesso de carga compromete a segurança e a vida útil do veículo.
- Ciclo de transporte: tempo entre carregamento, deslocamento, descarga e retorno.

- Velocidade média: deve ser ajustada de acordo com o terreno, inclinação e visibilidade.
- Desgaste dos pneus ou trilhos: afeta a tração e o consumo de combustível.

O balanceamento entre a capacidade dos equipamentos e as rotas de transporte é essencial para manter um fluxo contínuo e evitar gargalos operacionais.

Equipamentos de britagem e moagem

A eficiência na cominuição está relacionada ao controle de forças mecânicas aplicadas ao minério. Britadores trabalham por compressão ou impacto, enquanto moinhos utilizam atrito, colisão e cisalhamento.

Principais variáveis de controle:

- Abertura de descarga (set point): define o tamanho máximo das partículas após a britagem.
- Velocidade de rotação dos moinhos: influencia o grau de moagem e o consumo de energia.
- Taxa de alimentação: excesso pode causar entupimento ou perda de eficiência.
- Carga de corpos moedores: em moinhos de bolas e barras, o volume e o tipo de meio moedor afetam diretamente o desempenho.

O monitoramento contínuo dessas variáveis permite otimizar o consumo de energia e garantir a uniformidade da granulometria.

Equipamentos de separação e concentração

Na separação mineral, os equipamentos operam com base em propriedades físicas ou químicas, exigindo controle preciso de variáveis como fluxo, densidade, pH e tempo de residência.

Exemplos de variáveis críticas:

- Velocidade de fluxo nos ciclones: afeta a separação por densidade.
- Dosagem de reagentes na flotação: influencia a hidrofobicidade das partículas.
- Campo magnético em separadores magnéticos: define a eficiência na remoção de minerais.
- Inclinação e vibração em mesas concentradoras: controlam a separação por gravidade.

Pequenas alterações nesses parâmetros podem causar grandes variações no rendimento do processo, tornando o controle automatizado uma prática cada vez mais comum.

O entendimento dos princípios de funcionamento e o domínio das variáveis operacionais são indispensáveis para maximizar o desempenho dos equipamentos, reduzir o desgaste mecânico e garantir uma operação segura e eficiente. Operadores treinados e sistemas de monitoramento são aliados essenciais nesse processo.

MANUTENÇÃO, LUBRIFICAÇÃO E REPOSIÇÃO DE PEÇAS

O desempenho dos equipamentos utilizados na mineração está diretamente relacionado à qualidade das práticas de manutenção e conservação adotadas no dia a dia das operações. Máquinas submetidas a esforços intensos, poeira, vibrações constantes, variações térmicas e contato com materiais abrasivos exigem cuidados rigorosos para garantir segurança, eficiência e durabilidade.

A manutenção, nesse contexto, não deve ser encarada como uma simples ação corretiva após falhas, mas como parte essencial do planejamento produtivo da mina. Inclui práticas de prevenção, inspeção, lubrificação e substituição de peças, com o objetivo de minimizar paradas não programadas e maximizar a disponibilidade operacional dos equipamentos.

Tipos de manutenção na mineração

A manutenção pode ser classificada em diferentes modalidades, conforme o momento e o objetivo com que é realizada:

- **Manutenção corretiva:** realizada após a ocorrência de uma falha. Embora inevitável em algumas situações, deve ser minimizada por representar riscos, custos elevados e perda de produção.
- **Manutenção preventiva:** baseada em intervalos de tempo ou de uso (horas trabalhadas, ciclos, quilometragem). Consiste na inspeção e troca programada de componentes antes que falhem.
- **Manutenção preditiva:** utiliza sensores e monitoramento contínuo para identificar desgastes e falhas incipientes. Exemplos incluem análise de vibração, termografia e análise de óleo.
- **Manutenção baseada em confiabilidade (RCM):** considera criticidade, custo de parada, histórico de falhas e impacto na segurança para definir a melhor estratégia.

A escolha do tipo de manutenção para cada equipamento depende do seu papel na operação, do custo de reposição e da disponibilidade de peças sobressalentes.

Lubrificação de equipamentos

A lubrificação adequada dos equipamentos é um dos pilares da manutenção eficiente. O atrito entre peças móveis gera calor, desgaste e perda de rendimento, podendo comprometer componentes como engrenagens, rolamentos, eixos e pistões.

Os principais aspectos da lubrificação são:

- **Tipo de lubrificante:** pode ser óleo mineral, sintético ou graxa, dependendo da aplicação.
- **Frequência de lubrificação:** varia conforme a carga, velocidade, temperatura e ambiente (presença de poeira ou umidade).
- **Sistema de aplicação:** pode ser manual, automatizado ou centralizado, com monitoramento do consumo e da pressão.

A análise periódica do lubrificante (viscosidade, contaminação, presença de metais) permite detectar falhas precoces e planejar intervenções com antecedência.

Reposição e gestão de peças

A substituição de peças desgastadas é uma atividade rotineira na mineração. Entretanto, sua eficiência depende de uma gestão eficaz de estoque, planejamento de paradas e identificação precisa das peças críticas.

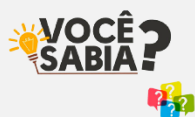
Boas práticas incluem:

- Classificação das peças quanto à criticidade: peças de reposição imediata, sobressalentes estratégicas e itens de consumo contínuo.
- Controle de vida útil: por horas de uso, ciclos de operação ou limites de desgaste.
- Integração com o plano de manutenção preventiva: programando trocas em momentos de menor impacto produtivo.
- Padronização de componentes: sempre que possível, utilizar peças compatíveis entre diferentes equipamentos, reduzindo a variedade no estoque.

A falta de planejamento na reposição de peças pode levar a paralisações prolongadas, aumento de custos logísticos e até a perda de componentes mais caros, afetando toda a cadeia de produção.

A eficiência operacional na mineração não depende apenas da potência dos equipamentos, mas também da inteligência com que eles são cuidados. Uma política de manutenção bem estruturada, baseada em dados e acompanhada de lubrificação adequada e reposição oportuna de peças, transforma os equipamentos em ativos de alta confiabilidade e vida útil prolongada.

VOCÊ SABIA?



Lubrificantes industriais na mineração podem custar milhões ao ano

Apesar de parecer um custo secundário, a lubrificação adequada dos equipamentos pode representar uma das maiores economias operacionais ao evitar falhas precoces.

VEÍCULOS UTILIZADOS NA MINERAÇÃO

Além dos equipamentos específicos para escavação, britagem, transporte e beneficiamento, a mineração depende de uma ampla frota de veículos de apoio que desempenham funções logísticas, operacionais e de segurança. Esses veículos são essenciais para a movimentação de pessoal, materiais, combustível, explosivos, água e peças, além de atuarem em emergências e na manutenção da infraestrutura interna da mina.

A escolha, operação e manutenção adequada desses veículos impactam diretamente na produtividade, segurança e eficiência dos processos minerários, especialmente em grandes empreendimentos onde as distâncias percorridas diariamente são consideráveis.

Caminhões fora-de-estrada

Esses veículos são um dos ícones da mineração a céu aberto. São projetados para transporte de grandes volumes de minério e estéril, em ambientes de tráfego intenso e condições severas de operação.

Características principais:

- Alta capacidade de carga: variando de 40 a mais de 400 toneladas.
- Suspensão reforçada e pneus gigantes: para suportar os impactos do terreno irregular.
- Motores potentes e sistemas de freio especiais: que garantem tração, segurança em rampas e estabilidade em curvas.
- Cabines com proteção ROPS/FOPS: garantindo segurança ao operador em caso de capotamento ou queda de materiais.

Além da robustez, os modelos mais modernos incluem sistemas de controle eletrônico, telemetria embarcada e até operação autônoma, reduzindo a necessidade de operadores humanos e aumentando a precisão logística.

Caminhões rodoviários adaptados

Em operações de menor porte ou em trechos de ligação com áreas pavimentadas, utilizam-se caminhões rodoviários adaptados para o transporte de minério, água, explosivos, combustíveis ou resíduos.

Esses veículos passam por modificações estruturais, como reforço de suspensão, instalação de proteções para motor e transmissão, e adaptação de carrocerias para ambientes agressivos.

Veículos utilitários e de apoio

Os veículos leves, como caminhonetes 4x4, vans e ambulâncias, são utilizados para transporte de equipes, fiscalização, patrulhamento, primeiros socorros e manutenção. Esses veículos operam em vias internas da mina, muitas vezes sob poeira intensa, aclives, áreas alagadas e trechos instáveis.

Para essas condições, é essencial:

- Utilizar modelos com tração integral e suspensão elevada.
- Realizar manutenção frequente, especialmente de filtros e sistema de arrefecimento.
- Garantir a sinalização e iluminação adequada, principalmente em turnos noturnos.

Equipamentos de transporte em mina subterrânea

Em minas subterrâneas, os veículos devem ser mais compactos e obedecer a requisitos rigorosos de emissão e ventilação. Caminhões com perfil baixo e motores com filtros especiais são empregados para o transporte de minério, pessoal e materiais.

Além disso, trens subterrâneos, vagões basculantes e transportadores sobre trilhos também são utilizados para movimentação de carga em galerias horizontais, sendo comuns em operações de carvão, sal-gema e metais em jazidas extensas.

Veículos especiais

Diversos outros veículos têm funções específicas na mineração:

- Caminhões-pipa: utilizados para supressão de poeira nas vias internas.
- Caminhões comboio: levam combustíveis, óleos e peças até os equipamentos em operação.
- Caminhões de explosivos: equipados com sistemas de segurança para transporte e manuseio de emulsões ou ANFO.

- Equipamentos de combate a incêndio: como carros-bombeiro adaptados, com espuma química e lança-jato.
- Guindastes móveis e plataformas elevatórias: para manutenção de máquinas e estruturas em altura.

A gestão da frota veicular na mineração é estratégica para o bom desempenho do empreendimento. Desde a definição do tipo de veículo, passando pela operação segura até a manutenção preventiva, cada decisão influencia diretamente os custos, os prazos de produção e a segurança de todos os envolvidos.



PAUSA PARA REFLETIR...

"A mineração é a arte de descobrir, com paciência e ciência, aquilo que está escondido sob nossos pés, mas é vital para nossa vida."

Georges Cuvier.

SEGURANÇA OPERACIONAL E NORMAS APLICÁVEIS

A mineração é uma atividade que, por sua natureza, envolve riscos elevados à integridade física dos trabalhadores, ao meio ambiente e à estrutura dos equipamentos. Operações com grandes volumes de material, uso de explosivos, equipamentos de alta potência e ambientes instáveis exigem um conjunto robusto de medidas de segurança operacional.

Neste contexto, o cumprimento de normas regulamentadoras, treinamentos constantes e uma cultura organizacional voltada à prevenção são indispensáveis para garantir a integridade das pessoas e a continuidade das atividades. A segurança na mineração não é apenas uma exigência legal, mas uma condição essencial para o desempenho sustentável do setor.

Principais riscos operacionais na mineração

Entre os riscos mais comuns presentes nas atividades mineradoras, destacam-se:

- Riscos mecânicos: atropelamentos, esmagamentos e colisões com máquinas móveis.
- Riscos físicos: ruídos elevados, vibrações, altas temperaturas e iluminação inadequada.
Riscos geotécnicos: deslizamentos de taludes, colapsos em minas subterrâneas e subsidência do terreno.
- Riscos ambientais: emissão de poeira, gases, contaminação do solo e da água.
- Riscos ergonômicos: posturas inadequadas, esforço físico intenso e jornadas prolongadas.
- Riscos com produtos químicos: manuseio de combustíveis, óleos, reagentes e explosivos.

O mapeamento e controle sistemático desses riscos são parte fundamental do Plano de Gerenciamento de Riscos (PGR) e das ações de segurança do trabalho.

Normas Regulamentadoras (NRs) aplicadas à mineração

No Brasil, as atividades mineradoras são regidas por diversas Normas Regulamentadoras (NRs) do Ministério do Trabalho e Emprego, que estabelecem diretrizes obrigatórias para a segurança e saúde ocupacional.

As principais NRs aplicáveis incluem:

- NR 22 – Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração: é a norma central para o setor mineral. Trata de requisitos de segurança em lavra, beneficiamento, transporte, uso de explosivos, controle de poeira, ruído, ventilação e sinalização.
- NR 6 – Equipamentos de Proteção Individual (EPI): determina os EPI obrigatórios em cada função, como capacetes, óculos, protetores auditivos, respiradores e calçados.
- NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade: aplica-se especialmente à manutenção de motores, painéis e sistemas elétricos de equipamentos.

- NR 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos: estabelece exigências para proteção física, sinalização, dispositivos de emergência e sistemas de bloqueio.
- NR 35 – Trabalho em Altura: fundamental para manutenção de correias, estruturas elevadas e silos.

O descumprimento dessas normas pode gerar penalidades legais, interdições, multas e, mais grave, acidentes com consequências fatais.

Boas práticas de segurança operacional

Para além do cumprimento legal, existem diversas boas práticas que contribuem diretamente para a redução de acidentes e aumento da confiabilidade das operações. Entre elas:

- Treinamentos periódicos e capacitação contínua dos operadores, mecânicos e supervisores.
- Inspeções diárias nos equipamentos antes da operação, com checklist de itens críticos.
- Manutenção preventiva rigorosa, com atenção especial a freios, direção, suspensão e iluminação.
- Uso correto dos EPIs, com reposição periódica e orientação quanto ao uso adequado.
- Monitoramento de fadiga e comportamento dos operadores, especialmente em turnos noturnos.
- Sinalização e iluminação adequadas em vias internas, frentes de lavra e áreas de carga.
- Integração entre equipes operacionais e de segurança, com comunicação clara e planos de emergência atualizados.

A cultura de segurança deve ser promovida por toda a hierarquia da empresa, desde a alta gestão até os trabalhadores de campo. O objetivo é fazer com que a segurança seja parte da rotina operacional, e não apenas uma exigência documental.

Com o avanço da tecnologia e da automação, cresce também a importância de adaptar as práticas de segurança à nova realidade das minas. O uso de sensores, câmeras, sistemas de parada automática e veículos autônomos abre novas possibilidades para um ambiente de trabalho mais seguro, eficiente e sustentável.

SESSÕES ESPECIAIS

MAPA DE ESTUDO

INSTALAÇÃO E EQUIPAMENTOS DE MINERAÇÃO

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA MINERAÇÃO A CÉU ABERTO

Escavadeiras

Carregadeiras

Caminhões fora-de-estrada

Perfuratrizes

Tratores de esteira e motoniveladoras

Correias transportadoras móveis

INSTALAÇÃO E EQUIPAMENTOS DE MINERAÇÃO

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA MINERAÇÃO SUBTERRÂNEA

Jumbos de perfuração

Carregadeiras subterrâneas (LHD)

Caminhões subterrâneos

Equipamentos de suporte e contenção

Sistemas de transporte contínuo

INSTALAÇÃO E EQUIPAMENTOS DE MINERAÇÃO

EQUIPAMENTOS EM USINAS DE BENEFICIAMENTO DE MINÉRIOS

Britadores

Moinhos

Classificadores e peneiras

Equipamentos de concentração

Espessadores, filtros e sistemas de rejeito

INSTALAÇÃO E EQUIPAMENTOS DE MINERAÇÃO

PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO E VARIÁVEIS DE OPERAÇÃO

Equipamentos de escavação e carregamento

Equipamentos de transporte

Equipamentos de britagem e moagem

Equipamentos de separação e concentração

INSTALAÇÃO E EQUIPAMENTOS DE MINERAÇÃO

MANUTENÇÃO, LUBRIFICAÇÃO E REPOSIÇÃO DE PEÇAS

Tipos de manutenção na mineração

Lubrificação de equipamentos

Reposição e gestão de peças

INSTALAÇÃO E EQUIPAMENTOS DE MINERAÇÃO

VEÍCULOS UTILIZADOS NA MINERAÇÃO

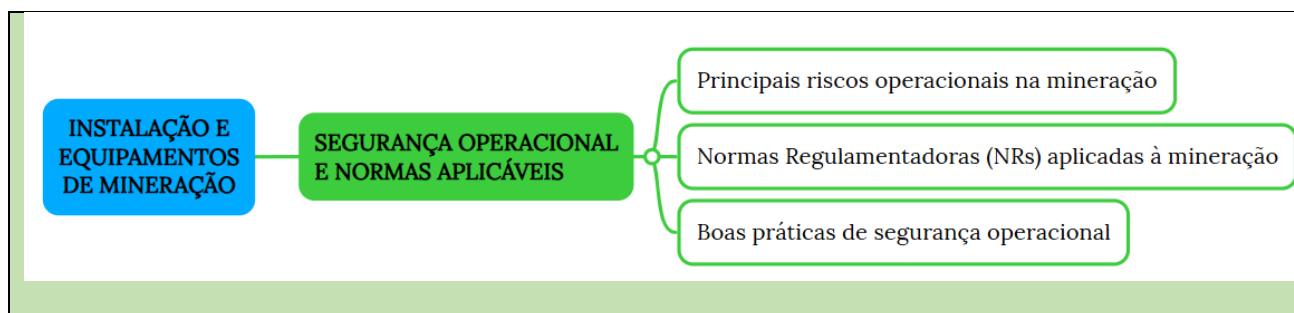
Caminhões fora-de-estrada

Caminhões rodoviários adaptados

Veículos utilitários e de apoio

Equipamentos de transporte em mina subterrânea

Veículos especiais



SÍNTESE DIRETA

1. INTRODUÇÃO

- Importância dos equipamentos na extração, transporte e beneficiamento de minérios.
- Integração entre operação, segurança e produtividade.

2. MINERAÇÃO A CÉU ABERTO

- Equipamentos principais: escavadeiras, carregadeiras, caminhões fora-de-estrada, perfuratrizes.
- Eficiência e resistência para movimentação em grandes volumes.

3. MINERAÇÃO SUBTERRÂNEA

- Ambiente mais restrito e equipamentos compactos (jumbos, LHDs, caminhões subterrâneos).
- Ênfase na ventilação, segurança e contenção de galerias.

4. USINAS DE BENEFICIAMENTO

- Operações de britagem, moagem, classificação e concentração.
- Equipamentos como britadores, moinhos, peneiras, ciclones, flotadores e filtros.

5. PRINCÍPIOS E VARIÁVEIS DE OPERAÇÃO

- Entendimento de pressão, torque, vazão, velocidade e ciclos.
- Ajustes operacionais conforme o tipo de minério e o equipamento.

6. MANUTENÇÃO, LUBRIFICAÇÃO E PEÇAS

- Tipos de manutenção: corretiva, preventiva, preditiva e baseada em confiabilidade.
- Importância da lubrificação e gestão de sobressalentes.

7. VEÍCULOS NA MINERAÇÃO

- Caminhões especiais, utilitários 4x4, comboios e veículos subterrâneos.
- Logística, transporte de pessoal e segurança em campo.

8. SEGURANÇA E NORMAS

- Riscos da mineração e práticas para mitigação.
- Principais normas aplicáveis (NR 22, NR 12, NR 6, entre outras).
- Cultura de prevenção e boas práticas operacionais.

MOMENTO QUIZ

1. Qual dos equipamentos abaixo é tipicamente usado para perfuração em mineração subterrânea?

- Carregadeira frontal.
- Peneira vibratória.
- Caminhão fora-de-estrada.
- Jumbo.
- Britador de mandíbula.

2. O principal objetivo da britagem na usina de beneficiamento é:

- a) Separar minerais por densidade.
- b) Reduzir a granulometria dos blocos de minério.
- c) Misturar o minério com reagentes químicos.
- d) Transportar o minério até o britador secundário.
- e) Aquecer o minério para facilitar a moagem.

3. Qual das práticas a seguir está relacionada à manutenção preditiva?

- a) Substituição de peças após quebra.
- b) Troca periódica de filtros por tempo de uso.
- c) Lubrificação diária das caçambas.
- d) Análise de vibração em rolamentos.
- e) Aplicação de concreto projetado em túneis.

4. A NR que trata especificamente de segurança na mineração é:

- a) NR 10.
- b) NR 12.
- c) NR 22.
- d) NR 35.
- e) NR 6.

5. Caminhões fora-de-estrada são projetados para:

- a) Circular em rodovias pavimentadas.
- b) Transporte urbano de carga leve.
- c) Transporte ferroviário de minérios.
- d) Operação em minas e movimentação de grandes volumes.
- e) Navegação em ambientes aquáticos.

GABARITO QUIZ

QUESTÃO	ALTERNATIVA
1	D
2	B
3	D
4	C
5	D

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Normas Regulamentadoras – NR. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego>. Acesso em: mai. 2025.

CHAVES, Arthur Pinto. *Tecnologia de tratamento de minérios: teoria e prática*. São Paulo: CETEM/MCT, 2012.

DINIZ, Carlos Alberto. *Manual de lavra a céu aberto*. Rio de Janeiro: CETEM, 2013.

GOMES, Celso de Barros; et al. *Os carbonatitos cretácicos da Plataforma Brasileira e suas principais características*. São Paulo: Instituto de Geociências da USP, 2020. DOI: 10.11606/9786586403008.

POHL, Walter L. *Economic Geology: Principles and Practice*. 2. ed. Stuttgart: Schweizerbart, 2020.

SILVA, André L. *Equipamentos de mineração e suas aplicações*. Belo Horizonte: Oficina de Mineração, 2016.



OBRIGADO!
CONTINUE ESTUDANDO.