

COMISSÃO TEMÁTICA RECURSOS
HÍDRICOS E MINERAIS – CTRHM (2019)

COORDENADOR:
Conselheiro Federal Geólogo Waldir Duarte Costa Filho

COORDENADOR ADJUNTO:
Conselheiro Federal Engenheiro Agrônomo Luiz Antonio Corrêa Lucchesi

ESPECIALISTAS:
Geólogo Celso de Almeida Bairão
Geólogo Iloé Listo de Azevedo
Engenheiro de Minas Julio Cesar de Pontes

MINERAÇÃO

IMPORTÂNCIA DOS MINERAIS PARA
A SOCIEDADE MODERNA

CONFEDA
Conselho Federal de Engenharia
e Agronomia



CREA
Conselhos Regionais de Engenharia
e Agronomia



MUTUA
CAIXA DE ASSISTÊNCIA DOS PROFISSIONAIS DO CREA

2021

PALAVRA DO PRESIDENTE

Comprometido com a geração de conhecimento técnico-científico, o Confea lança a publicação "Mineração – Importância dos Minerais para a Sociedade Moderna". A obra é fruto do trabalho da Comissão Temática de Recursos Hídricos e Minerais e visa apresentar um panorama desta relevante atividade econômica e industrial.



O conteúdo, sistematicamente organizado, apresenta as dimensões profissional, socioambiental e econômica deste segmento responsável pela produção de bens de consumo, serviços e infraestruturas que melhoram a qualidade de nossas vidas. Benefícios como fornecimento de energia e fabricação de equipamentos eletrônicos são demonstrados em linguagem clara e acessível para que o leitor perceba os resultados da mineração em seu cotidiano.

Já o catálogo de minérios é uma fonte de referência conceitual, mas também prática, sobre mineralogia, aplicações, métodos de extração e principais ocorrências no Brasil. Este extenso capítulo notabiliza a publicação como um guia indispensável para consulta e estudo.

A coleção de imagens de 50 pedras preciosas complementa com extraordinária beleza o trabalho, concebido para ser útil a pesquisadores, professores e estudantes que buscam conhecer em detalhes o universo mineral brasileiro.

Aproveite a leitura!

Eng. Civ. Joel Krüger, presidente do Confea

INTRODUÇÃO

Os recursos minerais têm uma importância significativa para a sociedade de tal forma que as fases da evolução da humanidade são divididas em função dos tipos de minerais utilizados: idades da pedra, do bronze, do ferro etc.

A mineração é reconhecida internacionalmente como atividade alavancadora do desenvolvimento, tendo grande participação no desenvolvimento econômico de muitas das principais nações do mundo.

Os recursos minerais estão entre os recursos naturais mais importantes do Planeta, capazes de ditar o desenvolvimento econômico e industrial de um país, pois fornecem matérias-primas para os setores primário, secundário e terciário da economia.

Os profissionais do Sistema Confea/Crea e Mútua que integram diretamente a área da mineração são o Engenheiro de Minas, o Geólogo e o Engenheiro Geólogo.

Os minerais estendem a versatilidade das habilidades humanas por meio de maquinários e ferramentas, permitindo a produção de diversas manufaturas em larga escala dentro de um curto período de tempo. Quanto mais desenvolvido um país, maior o seu consumo de substâncias minerais. O consumo total de substâncias minerais indica o nível do padrão de vida da população. O consumo *per capita* de produto de origem mineral é de cerca de 10 toneladas por ano, abrangendo 350 espécies minerais distintas.

O uso dos minerais é tão antigo quanto a própria civilização, suprimindo, direta ou indiretamente, nossas necessidades básicas: de comida, roupas, abrigo e energia; para a humanidade.

As substâncias minerais têm impacto indireto na produtividade do suprimento de comida. Com o crescimento da população e o conseqüente aumento da demanda por alimentos, os solos limitados e desgastados são recuperados para atender ao consumo por meio do uso de fertilizantes, pesticidas, maquinários agrícolas e combustíveis, todos estes basicamente produtos minerais.

Uma grande variedade de minerais é necessária para produzir benfeitorias como maquinários, navios, automóveis, ferrovias, computadores, smartphones, medicamentos, estradas, portos, aeroportos etc., que permitem o avanço da modernização e a melhoria na qualidade de vida da sociedade.

Conselho Federal de Engenharia e Agronomia

CONSELHO DIRETOR 2021 DO CONFEA

Eng. Civ. JOEL KRÜGER – Presidente
Eng. Civ. JOÃO CARLOS PIMENTA – Vice-Presidente
Eng. Agr. ANNIBAL LACERDA MARGON – Diretor
Eng. Mec. CARLOS DE LAET SIMÕES OLIVEIRA – Diretor
Eng. Agr. LUIZ ANTONIO CORRÊA LUCCHESI – Diretor
Eng. Mec. MICHELE COSTA RAMOS – Diretora
Geol. WALDIR DUARTE COSTA FILHO – Diretor

COMPOSIÇÃO DO PLENÁRIO DO CONFEA – 2021 (CONSELHEIROS)

Eng. Agr. ANDRÉA BRONDANI DA ROCHA – Titular
Eng. Agr. LUIZ CLÁUDIO ZIULKOSKI – Suplente
Eng. Agr. ANNIBAL LACERDA MARGON – Titular
Eng. Agr. JOSÉ AUGUSTO DE TOLEDO FILHO – Suplente
Eng. Mec. CARLOS DE LAET SIMÕES OLIVEIRA – Titular
Eng. Mec. VIRGINIO AUGUSTO DO NASCIMENTO – Suplente
Eng. Civ. CARLOS EDUARDO DE VILHENA PAIVA – Titular
Eng. Civ. CARLOS EDUARDO DE SOUZA – Suplente
Eng. Civ. DALTRO DE DEUS PEREIRA – Titular
Eng. Civ. NIVALDO SAMPAIO PEDROSA – Suplente
Eng. Eletric. Eletrotec. DANIEL DE OLIVEIRA SOBRINHO – Titular
Eng. Eletric. MANUEL JOSÉ MENEZES OLIVEIRA – Suplente
Eng. Agr. DANIEL ROBERTO GALAFASSI – Titular
Eng. Agr. MÁRCIA HELENA LAINO – Suplente

Eng. Eletric. Eletron. GENILSON PAVÃO ALMEIDA – Titular
Eng. Eletric. FRANCISCO DE ASSIS PERES SOARES – Suplente
Eng. Civ. GILSON DE CARVALHO QUEIROZ FILHO – Titular
Eng. Civ. IVO SILVA DE OLIVEIRA JÚNIOR – Suplente
Eng. Civ. JOÃO CARLOS PIMENTA – Titular
Eng. Civ. MAURÍCIO CANOVAS SEGURA – Suplente
Eng. Eletric. JORGE LUIZ BITENCOURT DA ROCHA – Titular
Eng. Mec. WILIAM ALVES BARBOSA – Suplente
Eng. Eletric. JOSÉ MIGUEL DE MELO LIMA – Titular
Eng. Eletric. ALEXANDRE ROCHA FILGUEIRAS – Suplente
Eng. Agr. LUIZ ANTONIO CORRÊA LUCCHESI – Titular
Eng. Agr. ADRIEL FERREIRA DA FONSECA – Suplente
Eng. Mec. MICHELE COSTA RAMOS – Titular
Geol. MARJORIE CSEKÖ NOLASCO – Suplente
Eng. Eletric. MODESTO FERREIRA DOS SANTOS FILHO – Titular
Eng. Eletric. RAILTON DA COSTA SALUSTIO – Suplente
Eng. Minas RENAN GUIMARÃES DE AZEVEDO – Titular
Eng. Minas VICENTE DE PAULA LUCENA DE OLIVEIRA – Suplente
Eng. Ftal. RICARDO LUIZ LUDKE – Titular
Eng. Pesca ALZIRA MIRANDA OLIVEIRA – Suplente
Geol. WALDIR DUARTE COSTA FILHO – Titular
Eng. Mec. ERNANDO ALVES DE CARVALHO FILHO – Suplente

CONTEÚDO

Comissão Temática Recursos Hídricos e Minerais – CTRHM 2019 do Confea

CONSELHEIROS FEDERAIS

Geólogo WALDIR DUARTE COSTA FILHO – Coordenador da CTRHM

Engenheiro Agrônomo LUIZ ANTONIO CORRÊA LUCCHESI – Coordenador Adjunto da CTRHM

ESPECIALISTAS

Geólogo CELSO DE ALMEIDA BAIRÃO

Geólogo ILOÉ LISTO DE AZEVEDO

Engenheiro de Minas JULIO CESAR DE PONTES

Comissão de Articulação Institucional do Sistema – CAIS 2019 do Confea

Engenheiro Civil JOÃO BOSCO DE ANDRADE LIMA FILHO – Coordenador

Engenheiro Mecânico e de Segurança do Trabalho CARLOS DE LAET SIMÕES OLIVEIRA –

Coordenador Adjunto

Geólogo WALDIR DUARTE COSTA FILHO

Engenheiro de Produção – Mecânica ZERISSON DE OLIVEIRA NETO

Conselho Diretor 2019 do Confea

Engenheiro Civil JOEL KRÜGER – Presidente

Engenheiro Eletricista EDSON ALVES DELGADO – Vice-Presidente

Engenheiro Agrônomo EVANDRO JOSÉ MARTINS – Diretor

Engenheiro Civil OSMAR BARROS JÚNIOR – Diretor

Engenheiro Civil RICARDO AUGUSTO MELLO DE ARAÚJO – Diretor

Engenheiro Mecânico RONALD DO MONTE SANTOS – Diretor

Engenheiro de Produção – Mecânica ZERISSON DE OLIVEIRA NETO – Diretor

Apoios Técnicos do Confea

SILVIA AIDA RODRIGUES DA CUNHA – Geóloga e Analista Técnica da CAIS

JOSÉ FERNANDES LEITE – Geólogo e Assistente Técnico da CTRHM

RONALDO BARRETO LEITE FILHO – Analista GCI e Revisor Ortográfico

LIDIANE BARBOSA DE OLIVEIRA – Analista GCO e Revisora Ortográfica

SILVIA MARIA NUNES GIRARDI – Analista GCO e Publicitária

JOÃO ANASTÁCIO DIAS NETO – Analista GCO e Publicitário

Diagramação: DeBRITO BRASIL PROPAGANDA

O PROFISSIONAL DA MINERAÇÃO E SUAS ATRIBUIÇÕES	10
OS BENEFÍCIOS ECONÔMICOS DA MINERAÇÃO	15
OS MINERAIS NO NOSSO DIA A DIA	16
NOSSAS CASAS	18
NOSSO TRABALHO	20
OS MEIOS DE TRANSPORTE	20
A ENERGIA	20
PRINCIPAIS MINÉRIOS	21
GEMAS DO BRASIL	56
REFERÊNCIAS	66

O PROFISSIONAL DA MINERAÇÃO E SUAS ATRIBUIÇÕES

O engenheiro de minas atua, especialmente, no estudo e na exploração dos depósitos minerais. Esse profissional sempre trabalha em conjunto com outros de diferentes áreas, desenvolvendo projetos e aplicando tecnologias para determinar a viabilidade de exploração das jazidas e as melhores técnicas de extração, sempre atendendo à legislação ambiental. Para isso, variáveis são determinadas como a quantidade de minério, a geologia do corpo mineralizado, os custos associados às etapas de operação, as condições de mercado, etc.

O engenheiro de minas pode trabalhar, principalmente, na busca das jazidas minerais (prospecção), na extração do minério (lavra), e na separação e a concentração do material extraído (beneficiamento). Muitos profissionais ocupam espaço em empresas mineradoras, pedreiras, grandes construtoras, empresas de demolição e fabricantes de softwares para o setor mineral.

1 – GEÓLOGO E ENGENHEIRO GEÓLOGO:

O estabelecimento formal das profissões de “Geólogo” e “Engenheiro Geólogo” deu-se com o advento da Lei nº 4.076, de 23 de junho de 1962, que estabelece, quanto às atribuições desses profissionais, o seguinte, *in verbis*:

Art. 6º São da competência do geólogo ou engenheiro geólogo:

- a) trabalhos topográficos e geodésicos;*
- b) levantamentos geológicos, geoquímicos e geofísicos;*
- c) estudos relativos a ciências da terra;*
- d) trabalhos de prospecção e pesquisa para cubação de jazidas e determinação de seu valor econômico;*
- e) ensino das ciências geológicas nos estabelecimentos de ensino secundário e superior;*
- f) assuntos legais relacionados com suas especialidades;*

g) perícias e arbitramentos referentes às matérias das alíneas anteriores.

Parágrafo único. É também da competência do geólogo ou engenheiro-geólogo o disposto no item IX artigo 16, do Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940 (Código de Minas).

Decreto-Lei nº 1.985, de 29 de março de 1940:

Art. 16. A autorização de pesquisa, que terá por título um decreto, transcrito no livro próprio da D.F.P.M., será conferida nas seguintes condições:

(...)

IX - Na conclusão dos trabalhos, dentro do prazo da autorização, e sem prejuízo de quaisquer informações pedidas pelo D.N.P.M. no curso deles, o concessionário apresentará um relatório circunstanciado, sob a responsabilidade de profissional legalmente habilitado ao exercício de engenharia de minas, com dados informativos que habilitem o Governo a formar juízo seguro sobre e a reserva mineral da jazida, qualidade do minério e possibilidade de lavra, nomeadamente:

- a) situação, vias de acesso e comunicação;*
- b) planta topográfica da área pesquisada, na qual figurem as exposições naturais de minério e as que forem descobertas pela pesquisa;*
- c) perfis geológico-estruturais;*
- d) descrição detalhada da jazida;*
- e) quadro demonstrativo da quantidade e da qualidade do minério;*
- f) resultado dos ensaios de beneficiamento;*
- g) demonstração da possibilidade de lavra;*
- h) no caso de jazidas da classe XI, estudo analítico das águas, do ponto de vista de suas qualidades químicas, físicas e físico-químicas, além das exigências supra-referidas que lhes forem aplicáveis.*

O Ministério da Educação, por meio da Resolução nº 1, de 6 de janeiro de 2015, instituiu as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de graduação na área da Geologia, abrangendo os cursos de bacharelado em Geologia e em Engenharia Geológica.

O art. 4º da citada resolução retrata, dentre outras, as características mínimas que devem possuir os profissionais da Geologia e de Engenharia Geológica quando da sua formação em relação às necessidades da sociedade, aos avanços tecnológicos, ao desenvolvimento econômico, ao bem-estar social e à sustentabilidade ambiental, à capacidade de atuar em um mundo de trabalho globalizado e à política num modelo democrático participativo.

O § 1º deste art. 4º dispõe que, levando-se em consideração a flexibilidade necessária para atender aos domínios diversificados de aplicação e às vocações institucionais, espera-se que os egressos dos cursos de bacharelado em Geologia sejam capazes de:

- I - realizar mapeamento geológico e exercer as demais competências discriminadas na Lei nº 4.076, de 23 de junho de 1962, tais como: trabalhos topográficos e geodésicos, levantamentos geoquímicos e geofísicos, estudos relativos às ciências da Terra, trabalhos de prospecção e pesquisa para a cubagem de jazidas e determinação de seu valor econômico, ensino de ciências geológicas, emissão de parecer em assuntos legais relacionados com a especialidade, realização de perícias e arbitramentos referentes às matérias citadas;
- II - planejar, executar, gerenciar, avaliar e fiscalizar projetos, serviços e ou pesquisas científicas básicas ou aplicadas que visem ao conhecimento e à utilização racional dos recursos naturais e do ambiente;
- III - pesquisar e otimizar o aproveitamento tecnológico dos recursos minerais e energéticos sob o enfoque de mínimo impacto ambiental;
- IV - pesquisar novas alternativas de exploração, conservação e gerenciamento de recursos hídricos;
- V - fornecer as bases para o planejamento da ocupação urbana e para a previsão e prevenção de riscos de acidentes por desastres naturais e aqueles provocados pelo Homem;
- VI - desenvolver métodos de ensino e pesquisa das Geociências, voltados tanto para a melhoria do desempenho profissional como para a ampliação do conhecimento em geral;
- VII - desenvolver e aplicar métodos e técnicas direcionadas à gestão ambiental;
- VIII - atuar em áreas de interface, como a Tecnologia Mineral, Ciências do Ambiente e Ciências do Solo e Ciências Moleculares;
- IX - possuir sólida formação em Ciências Exatas que os capacitem a construir abordagens quantitativas e multidisciplinares das informações geológicas;
- X - obter familiaridade com informática, especialmente no tocante às técnicas de geoprocessamento;
- XI - desenvolver amplo interesse e capacidade técnica e teórica de atuação em Ciências Geológicas e para trabalho de campo;
- XII - possuir visão abrangente das Geociências e de suas interações com ciências correlatas;
- XIII - ter pleno domínio da linguagem técnica geológica associada com a comunicação com outros profissionais e com a sociedade;
- XIV - agir de forma reflexiva na construção de sistemas de computação, compreendendo o seu impacto direto ou indireto sobre as pessoas e a sociedade;
- XV - ter atitude ética, autônoma, crítica, empreendedora e manter atuação propositiva na busca de soluções de interesse da sociedade; e
- XVI - reconhecer o caráter fundamental da inovação e da criatividade e compreender as perspectivas de negócios e oportunidades relevantes.

Por outro lado, o § 2º do referido dispositivo legal leva em consideração a flexibilidade necessária para atender aos domínios diversificados de aplicação e as vocações institucionais, esperando-se ainda que os egressos dos cursos de bacharelado em Engenharia Geológica sejam capazes de:

- I - ter sólida formação em Ciências Exatas que os capacitem a construir abordagens quantitativas e multidisciplinares das informações geológicas;
- II - obter familiaridade com informática, especialmente no tocante às técnicas de geoprocessamento;
- III - conhecer os direitos e propriedades intelectuais inerentes à exploração, produção e à utilização de bens geológicos;
- IV - agir de forma reflexiva na gestão e construção de projetos que envolvam recursos geológicos, seu processamento e utilização, compreendendo o seu impacto direto ou indireto sobre as pessoas e a sociedade;
- V - entender o contexto social no qual a engenharia é praticada, bem como os efeitos dos projetos de engenharia na sociedade;
- VI - considerar os aspectos econômicos, financeiros, de gestão e de qualidade, associados a novos processos, produtos e organizações; e
- VII - reconhecer o caráter fundamental da inovação e da criatividade e compreender as perspectivas de negócios e oportunidades relevantes.

As mínimas competências e habilidades comuns para os egressos da Geologia e Engenharia Geológica, que servem de base para a concessão de atribuições profissionais, encontram-se relacionadas no art. 5º da Resolução MEC nº 1, de 2015, *in verbis*:

- I - conhecer a abrangência da geologia como profissão e área de conhecimento;
- II - identificar e resolver problemas relativos à área de atuação;
- III - considerar as interfaces da área de atuação especialmente quanto ao impacto ambiental e à sustentabilidade e preservação dos recursos naturais e minerais;
- IV - tomar decisões e inovar, com base no conhecimento geológico, em relação a novas alternativas e tecnologias de exploração, conservação e gerenciamento da utilização de recursos minerais, consciente dos aspectos éticos, legais e dos impactos ambientais decorrentes;
- V - compreender e explicar as dimensões de um problema;
- VI - gerir a sua própria aprendizagem e desenvolvimento, incluindo a gestão de tempo e competências organizacionais;
- VII - preparar e apresentar seus trabalhos e problemas técnicos e suas soluções para audiências diversas, em formatos apropriados (oral e escrito);
- VIII - avaliar criticamente projetos, serviços e ou pesquisas científicas básicas ou aplicadas que visem à produção intelectual e à utilização racional dos recursos naturais;
- IX - adequar-se rapidamente às mudanças tecnológicas e aos novos ambientes de trabalho;
- X - ler textos técnicos na língua inglesa;
- XI - ler e se expressar oralmente e por escrito, corretamente, na língua portuguesa;

XII - empreender e exercer liderança, coordenação e supervisão na sua área de atuação profissional;

XIII - ser capaz de realizar trabalho cooperativo e entender os benefícios que este pode produzir;

XIV - identificar ganhos econômicos nacionais advindos da prospecção, técnicas de exploração e utilização de recursos minerais, de forma a evitar danos ambientais e zelar pelos bens minerais nacionais e sua adequada transformação em benefício da economia nacional.

XV - identificar ganhos econômicos nacionais e sociais advindos da aplicação de práticas de inovação no desenvolvimento da profissão e na pesquisa, de forma a zelar pela propriedade intelectual nacional e sua utilização ao desenvolvimento da economia brasileira; e

XVI - manter informação atualizada acerca da conjuntura brasileira e internacional, especialmente voltada para as questões sociais, econômicas, profissionais, legais, éticas, políticas e humanitárias.

Parágrafo único. O projeto pedagógico deverá demonstrar claramente como o conjunto das atividades previstas deverá desenvolver as competências e habilidades esperadas, tendo em vista o perfil desejado para os egressos.

2 – ENGENHEIRO DE MINAS

O art. 34 do Decreto nº 23.569, de 11 de dezembro de 1933, relaciona as seguintes atribuições do engenheiro de minas:

a) o estudo da geologia econômica e pesquisas de riquezas minerais; b) a pesquisa, localização, prospecção e valorização de jazidas minerais; c) o estudo, projeto, execução, direção e fiscalização de serviços de exploração de minas; d) o estudo, projeto, execução, direção e fiscalização de serviços da indústria metalúrgica; e) assuntos de engenharia legal, relacionados com a sua especialidade; f) vistorias e arbitramentos concernentes à matéria das alíneas anteriores.

O inciso I, art. 14, da Resolução nº 218, de 29 de junho de 1973, do Cofea, reza que compete ao Engenheiro de Minas o desempenho das atividades 01 a 18 do artigo 1º dessa Resolução referentes à prospecção e à pesquisa mineral; à lavra de minas; à captação de água subterrânea; ao beneficiamento de minérios e abertura de vias subterrâneas; e a seus serviços afins e correlatos.

OS BENEFÍCIOS ECONÔMICOS DA MINERAÇÃO

1

Induz o desenvolvimento socioambiental regional e local;

2

Gera empregos e meios de subsistência para as comunidades locais;

3

Gera incremento na arrecadação fiscal;

4

Promove o uso mais eficiente de energia;

5

Promove a conscientização ambiental através dos programas de recuperação de áreas degradadas;

6

Propicia o desenvolvimento de novas tecnologias.

Observa-se, assim, que a mineração é essencial para a produção de bens de consumo, serviços e infraestruturas que melhoram a qualidade de nossas vidas. Alguns dos benefícios da mineração incluem o fornecimento de eletricidade confiável e de baixo custo, materiais necessários para construir moradias, escolas, hospitais, estradas, pontes e aeroportos.

Além de fornecer matéria-prima, a mineração tem impacto positivo na economia. Vários empregos são criados fornecendo um impulso que melhora a qualidade de vida e a economia local, e contribui na arrecadação de impostos da região por intermédio de *royalties* e da CFEM – Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais.

OS MINERAIS NO NOSSO DIA A DIA

A mineração fornece matéria-prima para elaboração dos elementos básicos do dia a dia de um indivíduo comum. Desde a hora em que acordamos e nos preparamos para a rotina diária cuidando de nossa saúde e de nossa aparência, os minerais estão presentes.

A maioria dos produtos de beleza contém minerais como ferro, talco, bismuto, zinco e sílica. Os minerais são utilizados na confecção de sabonetes, pastas de dente, xampu, medicamentos, plásticos etc. A comida que compramos é produzida em grande escala graças ao uso de fertilizantes que contêm fosfatos, enxofre, zinco, nitrogênio, potássio e fósforo, que são produtos da mineração. Os equipamentos da academia de ginástica são feitos de ligas metálicas que utilizam ferro, alumínio, titânio e cobre. Os equipamentos eletrônicos utilizam diversos minerais como cobre, chumbo, quartzo, ouro, tântalo, mica etc. As joias, relógios e *smartphones* não existiriam sem os minerais, uma vez que têm na sua constituição ouro, prata, platina, cádmio, quartzo, ligas metálicas e podem incluir pedras preciosas.

Algumas práticas da medicina como a substituição de articulações, marca-passos, equipamentos de diagnósticos e de cirurgia, contêm uma grande variedade de minerais.

Todos os materiais citados são fornecidos por meio da atividade de mineração realizada em escavações, a céu aberto ou subterrânea. Então, desde o momento que acordamos e fazemos nossas atividades básicas, a mineração já nos ajudou com grande importância no nosso dia.

“ Sem o uso dos minerais, a humanidade rapidamente retornaria à idade da pedra, tendo como sua principal preocupação a exaustão da própria pedra, uma substância mineral. ”

John A. Wolfe



NOSSAS CASAS

Nossas casas são feitas de minerais, as fundações são de concreto e aço. Os serviços básicos (água, luz e gás) são conduzidos através de tubulações e fios de cobre e aço. Enchemos nossos cômodos com equipamentos eletrônicos de todos os tipos para melhorar nossa qualidade de vida. Nenhum destes equipamentos existe sem o uso de minerais. Nas cozinhas, os utensílios como panelas, potes, pratos, copos, talheres etc. são feitos de minerais.



PRINCIPAIS SUBSTÂNCIAS MINERAIS EMPREGADAS NAS RESIDÊNCIAS

ELEMENTO CONSTRUTIVO	PRINCIPAIS SUBSTÂNCIAS MINERAIS UTILIZADAS
Tijolo	Argila
Bloco	Areia, brita e calcário
Fiação elétrica	Cobre e petróleo
Lâmpada	Quartzo, tungstênio e alumínio
Fundações de concreto	Areia, brita, calcário e ferro
Ferragens	Ferro, alumínio, cobre, zinco e níquel
Vidro	Areia, calcário e feldspato
Louça sanitária	Caulim, calcário, feldspato e talco
Azulejo	Caulim, calcário, feldspato e talco
Piso cerâmico	Argila, caulim, calcário, feldspato e talco
Isolante - lã de vidro	Quartzo e feldspato
Isolante - agregado	Mica
Pintura - tinta	Calcário, talco, caulim, titânio e óxidos metálicos
Caixa de água	Calcário, argila, gipsita e petróleo
Impermeabilizante - betume	Folhelho pirobotuminoso e petróleo
Pias	Mármore, granito, ferro, níquel e cobalto
Encanamento metálico	Ferro ou cobre
Encanamento PVC	Petróleo e calcita
Forro de gesso	Gipsita
Esquadrias	Alumínio ou ligas de ferro-manganês
Piso pedra	Ardósia, granito e mármore
Calha	Ligas de zinco-níquel-cobre ou fibrocimento
Telha cerâmica	Argila
Telha fibrocimento	Calcário, argila, gipsita e petróleo
Pregos e parafusos	Ferro e níquel
Móveis e estruturas de madeira	Ferro e petróleo
Privada	Cerâmica - caulim

NOSSO TRABALHO

Semelhante à nossa casa, no ambiente de trabalho se fazem presentes também os minerais. Ao olhar à sua volta, tudo que pode ser visto e tocado contém minerais: prédios, equipamentos, janelas, mesas, cadeiras e a maioria dos materiais de escritório presentes. As empresas nas quais trabalhamos não funcionariam sem o uso de substâncias minerais. Não importa qual seja a área de atuação, produto ou serviço, estes não existiriam se as mineradoras parassem de minerar.

OS MEIOS DE TRANSPORTE

Transporte é algo indispensável para a população mundial em vários aspectos da vida diária. Os meios de transporte, sejam eles aviões, trens, metrô, barcos, carros, ônibus, motocicletas, bicicletas necessitam de uma variedade e quantidade significativa de minerais para serem manufaturados ou para colocá-los em movimento. Além disso, as estradas, as ferrovias e as calçadas de concreto só existem graças aos minerais extraídos e utilizados na fabricação dessas vias de acesso (calcário, ferro, brita, areia etc.).

A ENERGIA

No padrão de vida da sociedade moderna, nada funciona sem energia. Minerais brutos são extraídos e enviados às usinas de energia para ser refinados. Essas podem utilizar carvão, gás, óleo ou urânio para produzir eletricidade. Esses combustíveis brutos, as usinas, as linhas de transmissão e as subestações são todas construídas a partir de minerais.

Ainda que se utilizem energias renováveis, a mineração ainda é necessária. As fundações são feitas de concreto e aço. Os equipamentos que processam as energias solar, eólica e hidráulica são feitos de minerais. As energias renováveis necessitam de usinas de energia, linhas de transmissão e subestações para distribuir a energia.

PRINCIPAIS MINÉRIOS

ÁGUA MINERAL



Fig.01

A água mineral é aquela captada de fontes com composição química ou propriedades diferentes das águas comuns, com características que lhe confirmam uma ação medicamentosa.

A água mineral engarrafada é a bebida cujo consumo mais cresce no mundo. A água mineral é refrescante, sem calorias, fácil de carregar, mais saborosa que algumas águas de filtros comuns e muito mais saudável que os refrigerantes. Dados da Associação Internacional de Águas Engarrafadas revelam que a demanda brasileira pelas águas engarrafadas cresce mais de 7% ao ano. E o Brasil já é o 4º maior mercado, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, do México e da China. No entanto, cada vez mais gente se pergunta se a água mineral e a embalagem em que ela é vendida são seguras ou, ao menos, mais seguras do que a água do filtro – e se tal conveniência vale o impacto ambiental.

Mineralogia

A água mineral é encontrada na forma líquida. Possui textura molhada, odor inexistente e incolor. Exames físicos, químicos e bacteriológicos determinam se a água mineral é indicada para consumo humano direto.

Composição em valores máximos de mg/l: Bicarbonato 20,80; Sódio 4,37; Cálcio 2,48; Nitrato 2,2; Cloreto 1,31; Magnésio 1,17; Potássio 1,13; Sulfato 1,00; Fluoreto 0,04; Estrôncio 0,028; Bário 0,028.

Método de extração

Existem diversos métodos de extração da água mineral: Captação por Poço Tubular, Captação por Caixa, entre outros.

Aplicações

A água mineral possui diversas aplicações, mas vai depender da sua composição química para determinados usos. Tradicionalmente elas são usadas para consumo direto, banhos terapêuticos e comercialização.

Principais ocorrências no Brasil

As "fontes" são a forma mais comum de ocorrência das águas minerais. Afirma-

se definir uma Fonte como o resultado da interseção da superfície freática com a superfície topográfica; em outras palavras, ascensão do lençol freático à superfície ocasionada por um evento geológico (falhas, fraturas, interceptação de um dique, um dobramento etc.). No Brasil a ocorrência de água mineral ou potável está praticamente em sua totalidade no meio fissurado de rochas paleozoicas e pré-cambrianas.

AREIA

A areia é resultado da cominuição ou desagregação natural de rochas. Sua granulometria típica varia entre 0,1 e 0,5mm. Pode ser obtida a partir de depósitos de leitos de rios e planícies aluviais, rochas sedimentares e mantos de alteração de rochas cristalinas. Areias de praias e dunas litorâneas não apresentam boa qualidade como material para construção civil devido à presença de sais.



Mineralogia

A areia é um bem mineral composto predominantemente por quartzo fino e impurezas como óxidos de ferro, minerais pesados e argila, originada da desagregação natural de rochas.

Aplicações

Construção civil; fabricação de vidros; indústria de fundição; indústria cerâmica; fabricação de refratários; indústria química de fabricação de ácidos e de fertilizantes; fraturamento hidráulico para

recuperação secundária de petróleo e gás; como carga e extensores em tintas e plásticos; em aplicações não industriais como horticultura e locais de lazer.

Método de extração

A areia é geralmente extraída utilizando dragas flutuantes quando coberta por

lâminas de água, ou por escavadeiras e retroescavadeiras em céu aberto com transporte feito por caminhões.

Principais ocorrências no Brasil

Leitos e margens de rios e córregos.

BAUXITA



Fig.02

A bauxita é a principal fonte natural de alumínio, o terceiro elemento químico mais abundante na crosta terrestre. Apesar de tal abundância, o alumínio não é encontrado em forma de metal. É uma rocha geralmente de cor avermelhada com mais de 40% de alumina (Al_2O_3). Quando apresenta ferro em concentração entre 2 a 4% é chamada bauxita branca, e quando apresenta mais de 25%, bauxita vermelha. O teor mínimo de alumina para que uma bauxita seja aproveitada é de 30%, com os principais depósitos possuindo teores de 50 a 55%.

Mineralogia

A bauxita é composta de minerais de alumínio, sendo os principais: Gibbsita, Diásporo e a Bohemita. As impurezas presentes na bauxita resumem-se a óxidos de ferro, argila, sílica, dióxido de titânio e outros.

Aplicações

O alumínio proveniente da bauxita é utilizado em diversos ramos da indústria. Contribui na eficiência de veículos automotores e trens de alta velocidade, formando chassis leves, na indústria naval, ligas metálicas e

equipamentos resistentes a corrosão, entre outras. O alumínio é ainda utilizado em embalagens de alimentos de qualidade e na transmissão aérea de energia elétrica. Para fins não metalúrgicos, a bauxita tem aplicação na produção de: abrasivos, refratários, produtos químicos e cimento.

Método de extração

Os métodos de extração de bauxita variam conforme a disposição geológica

do local. Geralmente, a extração se dá a céu aberto utilizando o método de lavra em tiras (*strip mining*). Cerca de 20% das operações em bauxita se dão por métodos subterrâneos.

Principais ocorrências no Brasil

Suas principais ocorrências acontecem na Serra do Oriximiná, Paragominas e Serra dos Carajás, estas no estado do Pará e Poços de Caldas, em Minas Gerais.



Fig.03

BENTONITA

O termo bentonita é empregado para designar o material de argila composto predominantemente do mineral esmectita, comumente conhecida como montmorilonita. As argilas em que predomina o sódio permitem que moléculas de água sejam adsorvidas em maior quantidade quando comparadas com as bentonitas cálcicas ou policatiônicas, aumentando a distância

entre as camadas e separando as partículas de argila. Essa diferença deve-se ao fato de que a presença do cálcio aumenta a força de atração entre as lamelas, reduzindo a adsorção de água. No Brasil não há ocorrência de bentonitas sódicas naturais, por isso utiliza-se no beneficiamento barrilha (carbonato de sódio) para a ativação em bentonitas sódicas artificiais.

Mineralogia

A montmorilonita, pertencente ao grupo dos filossilicatos, é composta de duas camadas de tetraedro de sílica com uma camada octaédrica de alumina entre elas. No espaço entre as lamelas encontram-se moléculas de água adsorvidas e os cátions trocáveis, que podem ser bentonitas cálcicas, sódicas ou policatiônicas.

Aplicações

As bentonitas possuem diversas aplicações, industriais, em aproximadamente 18 seguimentos industriais.

Dentre as principais aplicações podemos citar: fundição de metais, pelotização de minérios, aditivos para fluidos de perfuração, perfuração e impermeabilização de poços e barragens, clarificação de vinhos e sucos, clarificação de óleos comestíveis, fabricação de produtos de limpeza, agentes antissedimentantes de tintas, areia sanitária para animais de estimação, cargas reforçadoras, xampus, sabonetes, cremes e maquiagens, agente de descolorização de papéis

reciclados, bactericidas cicatrizantes, tratamento de efluentes, remoção de metais pesados, serragem de granito, aditivos para tijolos e cerâmicas, clarificação do biodiesel, diluente para inseticidas e pesticidas.

Método de extração

O método de lavra utilizado em operações de extração de bentonita é o de Lavra em Tiras a Céu Aberto.

Este método consiste na remoção do solo orgânico e capeamento seguido pela extração da bentonita exposta. Permite também o aterro e a recuperação da parte escavada, utilizando o material de capeamento, imediatamente após a extração.

Principais ocorrências no Brasil

Vitória da Conquista na Bahia; Campina Grande e Boa Vista na Paraíba. Jaicós e Teresina no Piauí. Quatro Barras no Paraná e Taubaté e Tremembé em São Paulo.

CALCÁRIO



Fig.04

O calcário é uma rocha sedimentar originada de material precipitado por agentes químicos e orgânicos. Estimado de 3 a 4%, o cálcio é um dos elementos mais comuns na crosta terrestre, porém, quando constituinte dos calcários, o cálcio tem origem nas rochas ígneas. Por meio da erosão e corrosão, incluindo a solução de ácidos carbônicos ou outros de origem mineral, as rochas são desintegradas e o cálcio em solução é conduzido para o mar por meio da drenagem das águas. Em decorrência da sua baixa solubilidade na água marinha, ao atingir o oceano, parte do carbonato de cálcio dissolvido precipita-se. A evaporação e as variações de temperatura podem reduzir o teor de dióxido de carbono contido na água, originando um calcário de alta pureza.

Mineralogia

A calcita (CaCO_3) é o principal constituinte mineralógico dos calcários e mármore com elevada pureza. O calcário é extraído de pedreiras ou depósitos que

variam em sua idade, do Pré-Cambriano até o Holoceno. As ocorrências com elevada pureza correspondem a menos de 10% das reservas de carbonatos lavradas em todo o mundo.

Aplicações

O calcário tem aplicação em diversos setores da indústria. Dentre elas, podemos citar: cimento, no qual se utiliza cerca de 1,4 toneladas de calcário para cada tonelada de cimento; cal virgem, em que são necessárias 1,7 toneladas de calcário para cada tonelada produzida de cal virgem; fabricação de papel, plásticos, tintas, vidros, cerâmica, agricultura, alimentação de animais, rochas ornamentais e decorativas, indústria metalúrgica.

Métodos de extração

O método de lavra geralmente utilizado em operações de calcários é o de "lavra em bancadas a céu aberto". Este método utiliza substâncias explosivas

para fragmentar e lançar a rocha desmontada que, posteriormente, será carregada por escavadeiras e transportada por caminhões.

Principais ocorrências no Brasil

As maiores reservas lavráveis se encontram em Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Paraná.

CASSITERITA



Fig.05

A cassiterita é um minério de composição basicamente formada por Estanho (SnO_2) que pode ser encontrado em várias cores e tons, tais como amarronzado, castanho-avermelhado, amarelo, preto, entre outros. É amplamente explorada em aluviões e eluviões de inúmeras regiões da crosta terrestre.

A maioria da cassiterita provém de depósitos aluviais ou de depósitos tipo plácer. Suas jazidas são importantes, visto que possuem um elevado valor econômico associado às suas atividades.

Mineralogia

A cassiterita é o principal mineral de minério de estanho explorado no mundo, cuja fórmula é SnO_2 , sendo 78,7% de

estanho e 21,3% de oxigênio em peso. Dentre suas características principais destacam-se sua elevada densidade relativa ($6,8 - 7,1 \text{ g/cm}^3$), hábito bipiramidal e prismático, coloração geralmente marrom, preta ou castanha e dureza entre 6 e 7 na Escala de Mohs. É geralmente translúcida e possui elevada resistência química e física.

As características dos cristais de cassiterita podem indicar o tipo genético de seus depósitos primários associados a granitos. O hábito, por exemplo, pode variar em conformidade com ambientes específicos onde ela ocorre.

Aplicações

Entre os usos mais comuns do minério destaca-se sua utilização na

composição das ligas de chumbo, matéria-prima que integra a produção de latas e embalagens, serve também como solda para fabricação e conserto de aparelhos eletrônicos.

Método de extração

Inicialmente, a garimpagem da cassiterita se dava de forma clandestina e manual. Atualmente, tem-se notícia de uma maior organização, inclusive de sindicatos e cooperativas de trabalhadores, além de empresas como CSN e Metalmig.

A lavra pode-se dar de duas maneiras. Quando nos depósitos aluvionares, são desenvolvidas bancadas em lavra

de desmonte mecânico. No caso dos Greisens, por vezes faz-se necessário o uso de explosivos e conjunto de escavadeiras e caminhões basculantes.

Principais ocorrências no Brasil

Dentro deste contexto, dar-se-á ênfase às principais jazidas e minas que estão localizadas na região Norte do país, principalmente nos Estados do Amazonas e de Rondônia, onde se destacam as Províncias Mineral do Mapuera e Estanífera de Rondônia com as minas de classe internacional do Pitinga, no Município de Presidente Figueiredo, e Bom Futuro, em Ariquemes, respectivamente.



Fig.06

CAULIM

O termo caulim deriva da palavra chinesa Kauling (colina alta) e se refere a uma colina de Jauchau Fu, ao norte da China, onde o material é obtido desde a antiguidade. É formado essencialmente pelo mineral caulinita, apresentando

em geral cor branca ou quase branca, devido ao baixo teor de ferro.

É um dos mais importantes minerais industriais e provavelmente um dos seis minerais mais abundantes do topo da crosta terrestre. O termo é utilizado tanto

para denominar a rocha que contém a caulinita como seu principal constituinte, quanto para o produto resultante do seu beneficiamento.

Mineralogia

O caulim é constituído principalmente de caulinita, um silicato de alumínio hidratado, cuja célula unitária é expressa por $[Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8]$. A caulinita é um filossilicato (argilo-mineral) com composição química teórica de 39,50% de Al_2O_3 , 46,54% de SiO_2 e 13,96% de H_2O ; no entanto, podem ser observadas pequenas variações em sua composição.

Além da caulinita, podem ocorrer, no mesmo depósito, outros minerais como haloisita- $4H_2O$, haloisita- $2H_2O$ ou metahaloisita, diquita e nacrita, que apresentam composição química muito similar, porém com diferenças estruturais importantes. A haloisita e a metahaloisita são variedades polimorfas da caulinita, com sistemas diferentes de cristalização. A haloisita pode estar associada à caulinita, sendo possível a sua identificação apenas através do uso de microscópio eletrônico de varredura (MEV) ou de transmissão (MET). Normalmente, a caulinita apresenta partículas hexagonais, enquanto a haloisita aparece com hábito tubular.

A presença de minerais do tipo quartzo, cristobalita, alunita, esmectita, illita, moscovita, biotita, clorita, gibbsita, feldspato, anatósio, pirita e haloisita

podem prejudicar a qualidade do caulim, afetando propriedades importantes como a alvura, a brancura, a viscosidade e a abrasividade.

Aplicações

A primeira utilização industrial do caulim foi na fabricação de artigos cerâmicos e de porcelana. Somente a partir da década de 1920 é que teve início a aplicação do caulim na indústria de papel, sendo precedida pelo uso na indústria da borracha. Posteriormente, o caulim passou a ser utilizado em plásticos, pesticidas, rações, produtos alimentícios e farmacêuticos, fertilizantes e outros, tendo atualmente uma variedade muito grande de aplicações industriais.

A indústria de papel apresenta-se, hoje, como a maior consumidora de caulim. Na fabricação de papéis comuns ou revestidos, principalmente aqueles do tipo *lightweight coated* (LWC), o caulim pode apresentar as funções de carga (*filler*) ou revestimento (*coating*).

Método de extração

Na maioria das minas de caulim do mundo, utiliza-se o método de extração do minério por lavra a céu aberto. Sabe-se que os custos de produção e as condições de mecânica de rocha, desfavoráveis na maioria das minas de caulim, tornam o método de lavra subterrânea proibitivo por razões econômicas.

Caulim no Brasil

Os Estados do Pará, Amazonas e Amapá são as Unidades da Federação

com maior destaque, participando, respectivamente, com 56%, 41% e 2% do total.

COBRE

O elemento metálico cobre é relativamente raro na crosta terrestre. As características físico-químicas do cobre são coloração avermelhada, brilho metálico, ponto de fusão relativamente baixo (1.083°C), boa ductibilidade, maleabilidade, resistência à corrosão e alta condutividade térmica e elétrica. É um dos metais mais antigos da civilização, datando seus primeiros usos de 8.000 anos a.C. Na atualidade, o cobre sustenta sua importância para o homem, pois suas características lhe permitem uma grande aplicabilidade tecnológica.

Mineralogia

Geralmente, o elemento cobre se encontra em associação com outros elementos químicos, formando diversos minerais. Os minerais de cobre, cerca

de 170 espécies, dividem-se em dois grupos: sulfetados, com ocorrência em zonas mais profundas da crosta terrestre, com alto teor em cobre, e os oxidados, com origem mais superficial, apresentando menor teor em cobre. A maior fonte de cobre são os depósitos de minério porfirítico.

Os principais minerais de sulfetados de cobre são bornita (Cu_5FeS_4), calcocita (Cu_2S), calcopirita (CuFeS_2), covelita (UCs), tetraedrita ($(\text{Cu}, \text{Fe})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$) e enargita (Cu_3AsS_4). Entre o segundo grupo, destacam-se: cuprita (Cu_2O), tenorita (CuO); malaquita [$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$], azurita [$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$], crisocola ($\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Aplicações

Assim como outros metais, o cobre é aplicado para produção de ligas



Fig.07

metálicas. Existem mais de mil tipos de ligas com esse elemento. Algumas são o latão (cobre e zinco), bronze (cobre e estanho), cuproníquel (cobre e níquel), ouro 18 quilates (ouro, cobre e prata), amálgama (prata, estanho, cobre, mercúrio). Dessa forma, o cobre é muito usado em joias, objetos de decoração, como os fios condutores de eletricidade, amálgamas dentários, peças para automóveis e aviões etc.

Método de extração

A extração do cobre pode ser realizada a céu aberto, subterrânea ou de forma mista. A lavra a céu aberto é executada a partir das condições topográficas e geológicas da jazida. Esse processo envolve descapamento, perfuração, detonação, carregamento e transporte. Vale salientar que a mineração a céu

aberto permite o aproveitamento de depósitos de cobre de baixo teor, até 0,5% de cobre.

A lavra subterrânea se dá por meio de um sistema formado por galerias, câmaras e poços, alimentados por uma rede de energia, ventilação e de água, montado num projeto adequado às especificações técnicas de Geologia, Engenharia e Economia. É um método usado quando a lavra a céu aberto é inviável, porque o corpo mineralizado, com teor mais elevado, acomoda-se em profundidade, havendo restrição econômica na remoção do volume de estéril.

Principais ocorrências no Brasil

Principais Estados produtores: Rio Grande do Sul, Bahia, Pará, São Paulo, Goiás e Minas Gerais.

FELDSPATO

Feldspato é o termo empregado para denominar um grupo de minerais constituídos de aluminossilicatos de potássio, sódio e cálcio. Os tipos

comerciais de feldspatos de potássio devem conter, pelo menos, 10% K_2O e os de sódio 7% Na_2O .



Fig.08

Os pegmatitos são considerados a principal fonte de feldspato, devido aos seus grandes cristais, pureza e abundância. Na província da Borborema, na região Nordeste, e na província oeste do Estado de Minas Gerais encontram-se os principais depósitos de pegmatitos do Brasil. Essas províncias fornecem feldspatos potássicos e algum feldspato sódico para as indústrias cerâmicas.

As indústrias de vidro e de cerâmica são as principais consumidoras de feldspato. Essas demandam especificações físicas e químicas e um certo grau de uniformidade no suprimento do produto.

No Brasil, até o momento, os pegmatitos e rochas graníticas são a principal fonte de feldspato. Outras fontes alternativas de feldspato, como nefelina sienito, têm sido estudadas em laboratório, mas ainda não foram viabilizadas comercialmente.

Mineralogia

O grupo dos feldspatos, como já dito, é constituído de aluminossilicatos de potássio, sódio e cálcio, e raramente de bário; os feldspatos têm propriedades físicas muito similares entre si, mas, em função de sua composição química, se agrupam em: feldspato de potássico (ortoclásio, microclínio, sanidina, adularia), feldspato de bário (celsiana), e feldspato calco-sódico.

Aplicações

Na cerâmica, sua função é a de fundente, pois seu ponto de fusão é menor do que a maioria dos outros componentes, servindo de cimento para as partículas das várias substâncias cristalinas, além de outros aspectos, como as reações físico-químicas.

Já na indústria do vidro, o feldspato fornece a alumina, para aumentar a aplicabilidade do vidro fundido, melhorando o produto final e dando-lhe uma estabilidade química maior, inibindo a tendência de devitrificação.

O feldspato tem outras utilizações como na produção de vernizes e tintas onde é usado na produção de fritas metálicas, de eletrodos para solda, abrasivos leves, além de ser utilizado em próteses dentárias.

Na maior parte de suas aplicações, o feldspato pode ser substituído, total ou parcialmente, pela rocha nefelina sienito. Além dessa rocha, são também potenciais substitutos do feldspato: argila, talco, pirofillita, areia feldspática e escória de alto-forno.

Método de extração

Na operação de lavra manual do feldspato em jazidas pegmatíticas utilizam-se pás e picaretas. Apresenta também com lavras a céu aberto mecanizadas, com o desmonte se dando em bancadas de cinco metros e com a

utilização de perfuratrizes, marteletes, explosivos, pás carregadeiras e caminhões. Esta produção costuma ser comercializada bruta, com casos de venda do produto moído em malhas de 30 a 200 mesh.

Em geral, os pegmatitos são lavrados para vários minerais, como quartzo, berilo, gemas e ouro, os quais muitas vezes, constituem o principal objeto da lavra. Sempre que isso ocorre, o feldspato é obtido por catação no rejeito do beneficiamento.

Principais ocorrências no Brasil

Oficialmente as reservas conhecidas são da ordem de 79,3 milhões de toneladas, destacando-se o Estado de Minas Gerais (53,1%) e o Estado de São Paulo (37,4%). Outros Estados como Bahia, Ceará, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte e Santa Catarina são também detentores de reservas de feldspato.



Fig.09

FERRO

O ferro é encontrado na natureza composto minerais, entre eles muitos óxidos, e raramente é encontrado livre, devido a sua alta reatividade.

Os depósitos de minério de ferroacamado foram formados, principalmente, por processos resultantes de atividades vulcânicas marinhas, por sedimentação de bacias marginais rasas de natureza clástica e vulcânica e por sedimentação

glacial. Outros depósitos podem estar relacionados a atividades hidrotermais, atividades ígneas, e alteração e acúmulo superficial. No Brasil, ocorrem as formações ferríferas bandadas (BIF), conhecidas como itabiritos, que apresentam alto teor de ferro e são mais explorados na Serra dos Carajás (Pará) e no Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais).

Mineralogia

Os principais minerais que contêm ferro em sua composição química são: magnetita (Fe_3O_4), hematita (Fe_2O_3), goethita (FeOOH), siderita (FeCO_3), pirita (FeS_2) e pirrotita (FeS).

Aplicações

A maior aplicabilidade do ferro, no estado elementar, seria na construção civil, uma vez que é usado para a produção de aço, insumo bastante usado em pontes, estruturas metálicas e na produção de outras ligas, como ferro fundido. Além disso, os compostos químicos à base de ferro são aplicados como adsorvente, abrasivos, pigmentos, reveladores fotográficos, em tinturarias, fungicidas, na fabricação de eletrodos industriais e outros.

Método de extração

A produção de minério de ferro no Brasil se desenvolve em minas a céu aberto. O processo da lavra é realizado em bancadas com desmonte por explosivos, ou por equipamentos de escavação, escavadeiras ou pás mecânicas. O material desmontado é carregado por

pás carregadeiras, e transportados em caminhões fora-de-estrada.

Principais ocorrências no Brasil

O minério de ferro no Brasil é explorado, principalmente, em três áreas:

– Quadrilátero Central, conhecido também como Ferrífero, no Estado de Minas Gerais. Região localizada no centro-sul da Unidade Federativa, é responsável pela extração e produção em grande quantidade, do minério de ferro e do manganês. A região também é responsável por produzir bauxita e cassiterita em quantidades não tão expressivas;

– Maciço do Urucum, no Estado do Mato Grosso do Sul. Localizada às margens do rio Paraguai, no Pantanal, esta província mineral produz, modestamente, minério de ferro e manganês;

– Serra dos Carajás, no Estado do Pará. O projeto Carajás tornou-se destaque na década de 60 ao ser descoberto como o maior território mineral do planeta, com extrema abundância de minério de ferro e de outros minerais como níquel, cobre, estanho e ouro.

FOSFATOS

O fósforo existe com certa abundância na natureza (é o décimo elemento mais comum): 1.050 ppm na crosta terrestre e teores médios de 8.690 ppm em carbonatitos, 650 ppm em granitos e 390 ppm em diabásios (HEINRICH, 1966; MASON, 1971). Seus minérios são rochas naturais que se formam em ambientes geológicos variados.

Habitualmente, contém mais de um tipo de fosfato, sendo os mais comuns os fosfatos de cálcio do grupo da apatita. Quando em quantidade e concentração suficientes, formam depósitos de valor econômico.

Estes minérios podem então ser utilizados diretamente, ou após beneficiamento, na manufatura de produtos comerciais. Sua principal aplicação é na agricultura, como fertilizante.

Da mina (rochas fosfatadas) até aos produtos industriais (ácido fosfórico e seus derivados) e aos campos de cultivo (fertilizantes), o fósforo segue vários caminhos em função da tipologia do minério, da distribuição geográfica



Fig.10

das jazidas e centros de consumo, das substâncias fabricadas, das características do parque industrial e da recuperação de subprodutos com valor comercial a que se associa e redução/eliminação de agentes causadores de impactos ambientais, nomeadamente metais pesados e elementos radioativos.

Mineralogia

Embora o fósforo esteja presente em numerosos minerais, apenas os da série da apatita constituem minerais de minério, como já foi referido. As variedades fluorapatita [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$], a hidroxiapatita [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$] e, mais raramente, a cloroapatita [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$], ocorrem nas rochas de origem ígnea, principalmente em carbonatitos. Já na maioria dos depósitos sedimentares predominam as variedades de carbonatoapatita [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH},\text{F})$] e carbonato-fluorapatita [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F},\text{OH})$] – francolita.

Aplicações

A apatita, principal mineral de fósforo, é utilizada predominantemente na indústria dos fertilizantes. Como se trata de um mineral insolúvel, há necessidade de transformá-lo em produtos que possam liberar fósforo para as plantas. A principal aplicação da apatita é na fabricação do ácido fosfórico para fertilizantes, campo que absorve cerca de 90% do total produzido. Ácido fosfórico – ou, mais corretamente, ácido ortofosfórico (H_3PO_4) – é um importante composto químico na indústria dos fertilizantes, intermediário entre os minérios fosfatados e os principais produtos utilizados na agricultura, tais como fosfato de amônio, superfosfato triplo, nutrientes líquidos mistos, nutrientes sólidos mistos de alta pureza e vários tipos de fosfatos nítricos. As principais matérias-primas na produção de ácido fosfórico são o concentrado fosfático e o ácido sulfúrico.

Método de extração

No Brasil, a lavra das jazidas de fosfatos, totalmente mecanizada, é realizada a céu aberto. Os equipamentos utilizados variam de empresa para empresa e de mina para mina. Em Tapira (MG), a maior mina produtora de concentrados

fosfáticos do Brasil, as bancadas têm 13 metros de altura. Já em Catalão I (GO), na área da Ultrafértil, com lavra executada em duas cavas, os bancos têm de 5 a 10 metros de altura, e as bermas são de 15 metros. Nas minas de Araxá (MG) e de Cajati/Jacupiranga (SP), ambas da empresa Bunge Fertilizantes, a altura das bancadas é de 10 metros na primeira e de 10 a 20 metros na segunda. O desmonte é também variável. Com explosivos, em malha de detonação de 3x5 m na mina de Cajati (SP)/Bunge Fertilizantes, passa a ser executado predominantemente com retroescavadeiras, na mina da Ultrafértil em Catalão I, devido ao minério ser friável: apenas cerca de 4% do material lavrado exige desmonte por explosivos. A relação estéril/minério e o teor de corte varia de mina para mina e até entre frentes de lavra. Na mina de Cajati, por exemplo, é de 1,4 e o teor de corte de 3% de P_2O_5 . Em Catalão I (Ultrafértil) a relação estéril/minério é de 0,8 a 1,0.

Principais ocorrências no Brasil

Santa Catarina, Pernambuco, Ceará, Amazonas e também do potássio do Amazonas, São Paulo e Sergipe (carnalita).

POTÁSSIO



Fig.11

O elemento potássio é um dos mais abundantes na crosta terrestre, e só ocorre na natureza através de compostos solúveis provenientes da alteração química do intemperismo. Além dos característicos minerais de minério formados por sulfatos e cloretos, o potássio compõe centenas de outros minerais com teores acima de 10% e em muitos mais com valores entre 2% e 10%. O potássio é um nutriente mineral essencial para as plantas e animais, sendo também um dos mais abundantes em nossos corpos.

Mineralogia

De fato, somente a silvita (KCl) e a carnalita ($KMgCl_3 \cdot 6H_2O$) são amplamente processadas como minerais de potássio, tendo a silvita com a maior percentagem aproximadamente 52,5%. Alguns minerais apresentam grandes teores de potássio, porém não avaliados como minerais de minério por apresentarem dificuldade na extração do potássio, pois precisam de um ataque

químico acompanhado de tratamento térmico. Constitui-se ainda um minério de potássio uma combinação de silvita (KCl) e halita (NaCl), que se designa por silvinita.

Os depósitos de potássio são, no Brasil, em termos de K_2O , da ordem de 16 bilhões de toneladas (DNPM, 2006), abrangendo as reservas de silvinita e carnalita.

Aplicações

A maior utilização dos sais de potássio é como fertilizante, cerca de 95% da produção mundial. Outros usos dos compostos de potássio estão vinculados à indústria de detergentes, produtos químicos, cerâmicas e fármacos.

Método de extração

A extração dos minerais de potássio pode ser de três tipos: subterrânea convencional; compondo 82% da produção mundial, por dissolução; 12% da produção mundial, e evaporação

solar a partir de salmouras, com cerca de 6%.

O método subterrâneo em "câmara e pilares" é frequentemente usado para extração do potássio em depósitos em leitos sólidos; comumente, as câmaras são criadas pela retirada do sal e os pilares se fixam entre elas para sustentação. Esse método é usado para depósitos com profundidade de até 1400m. Porém, se a profundidade for superior, tornando a extração subterrânea inviável economicamente,

usa-se o processo por dissolução, pois, a técnica de injeção de água apresenta-se relativamente mais econômica. Inclusive, a mineração por dissolução pode ser usada em conjunto com a mineração subterrânea visando a um melhor aproveitamento do depósito.

Principais ocorrências no Brasil

Estados de Sergipe (Bacia Sedimentar de Sergipe) e Amazonas (Bacia Sedimentar do Amazonas-Solimões).

GIPSITA

A gipsita é um bem mineral característico, principalmente, das regiões de baixios e de camadas geológicas sedimentares. Os depósitos de gipsita em Pernambuco fazem parte da sequência sedimentar cretácea, a Bacia Sedimentar do Araripe, também conhecida como Chapada do Araripe, localizada nos limites dos estados de Pernambuco, Ceará e Piauí.

Quanto à forma de ocorrência, são conhecidas três variedades de gipsita:

como cristais monoclinicos prismáticos ou tabulares, constituindo a variedade chamada selenita; como agregado de fibras paralelas, mais ou menos longas, denominada gipsita fibrosa; e sob a forma maciça ou compacta de granulação muito fina (a mais frequente e economicamente importante), que quando se apresenta com a cor branca translúcida ou suavemente sombreada é denominada alabastro.



Fig.12

Mineralogia

O mineral gipsita é um sulfato de cálcio di-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), que ocorre em diversas regiões do mundo e que apresenta um amplo e diversificado campo de utilizações. O grande interesse pela gipsita é atribuído a uma característica peculiar que consiste na facilidade de desidratação e reidratação.

A gipsita perde 3/4 da água de cristalização durante o processo de calcinação, convertendo-se a um sulfato hidratado de cálcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) que, quando misturado com água, pode ser moldado e trabalhado antes de endurecer e adquirir a consistência mecânica da forma estável reidratada.

Aplicações

O uso da gipsita *in natura*, remonta a civilizações antigas, como a egípcia (3.000 a.C.) e a romana. Mais recentemente, com o desenvolvimento da indústria cimenteira, o seu uso tornou-se imprescindível, visto que o fabrico do cimento portland requer a adição deste bem mineral ao clínquer, para retardar o tempo de pega. Na agricultura, moída na granulometria apropriada, a gipsita é utilizada como corretivo de solos, tendo sua aplicação se dado inicialmente na Europa, nos primórdios do século XVIII. A partir daí vem sendo cada vez mais utilizada na correção de solos alcalinos onde, ao reagir com o carbonato de sódio, dá origem ao carbonato de cálcio

e o sulfato de sódio, substâncias de grande importância agrícola.

É também utilizada como corretivo de solos deficientes em enxofre, para possibilitar a assimilação do potássio e o aumento do conteúdo de nitrogênio.

Na indústria, de um modo geral, a gipsita é utilizada como carga para papel, na fabricação de tintas, discos, pólvora, botões de fósforos, no acabamento de tecidos de algodão, e como distribuidor e carga de inseticidas.

Pode também ser adicionada à água empregada na fabricação de cerveja para aumentar a sua "dureza", no polimento de chapas estanhadas e como *filler* na construção de estradas asfaltadas.

A indústria química utiliza a gipsita e a anidrita para obter vários produtos, dentre os quais podem ser citados: ácido sulfúrico, enxofre elementar, cimento, barrilha, cloreto de cálcio, sulfato de amônio e carbonato de cálcio. Os processos de obtenção destes produtos, embora na sua maioria tecnicamente viáveis, enfrentam grandes obstáculos no que tange à viabilidade econômica.

O gesso encontra a sua maior aplicação na indústria da construção civil, embora também seja muito utilizado na confecção de moldes para as indústrias cerâmica, metalúrgica e de plásticos; em moldes artísticos, ortopédicos e dentários; como agente desidratante; como aglomerante do giz e na briquetagem do carvão. Por

sua resistência ao fogo, se emprega gesso na confecção de portas corta-fogo; na mineração de carvão para vedar lâmpadas, engrenagens e áreas onde há perigo de explosão de gases. Isolantes para cobertura de tubulações e caldeiras são confeccionados com uma mistura de gesso e amianto. Isolantes acústicos são obtidos pela adição de material poroso ao gesso.

Método de extração

O método de lavra utilizado é a céu aberto (*open pit*), por meio de bancadas, e mecanizada. A altura média das bancadas é de 15 metros, podendo chegar até 25 metros em algumas áreas, variando sempre com a potência do corpo mineral. A altura média da camada de estéril argilosa que recobre o

corpo mineral é de 10 metros, podendo ser relativamente inferior, 4 metros, ou mais espessa, atingindo 20 metros.

A relação estéril-minério atinge uma média de 1/2. A rocha é desmontada com uso de explosivos, o carregamento é feito com retroescavadeiras e pás-carregadeiras, e o transporte é feito por caminhões rodoviários.

Principais ocorrências no Brasil

Os principais depósitos de gipsita ocorrem associados às bacias sedimentares conhecidas como Bacia Amazônica (Amazonas e Pará); Bacia do Meio Norte ou Bacia do Parnaíba (Maranhão e Tocantins); Bacia Potiguar (Rio Grande do Norte); Bacia Sedimentar do Araripe (Piauí, Ceará e Pernambuco); e Bacia do Recôncavo (Bahia).



Fig.13

Mineralogia

O sal é encontrado na natureza em forma de solução (oceanos, lagos,

aquíferos subterrâneos e fontes de salmoura natural) ou em estado sólido na forma de camadas ou domos salinos.

Aplicações

O sal é considerado um produto multiuso, pois as suas aplicações são para mais de 14.000. As suas principais aplicações estão na indústria química, na indústria alimentícia e na pecuária.

Na indústria química, que é a sua principal consumidora, o sal é aplicado na fabricação de cloro doméstico, de soda cáustica, de sabão em pó e detergentes, e juntamente com o ácido sulfúrico, na produção de sulfato de sódio e ácido clorídrico.

Já na indústria alimentícia, esse componente serve como conservante, enaltecedor de sabor, agente controlador da textura aditivo e da fermentação dos alimentos etc. E na pecuária, é usado como fonte de suplementação alimentar em adição a outros elementos essenciais, tais como enxofre e selênio.

Método de extração

Basicamente, são três operações de lavra de sal usadas atualmente.

A primeira é o método de dissolução subterrânea, que é utilizado na extração de sal gema situado em grandes profundidades por meio de salmoura saturada em cloreto de sódio.

A segunda operação é denominada de subterrânea convencional. Essa é realizada em depósitos de sal gema em domos ou em camadas, tendo a extração mineral utilizando o método de lavra de "câmaras e pilares" (*room-and-pillar*).

Já a última operação caracteriza-se na lavra em céu aberto, que compreende a evaporação gradativa da água de salmoura marinha, dos depósitos subterrâneos, dos mares confinados e salmouras artificiais. Nesse processo, trincheiras são abertas, que se expandem horizontalmente e, coincidentemente, se aprofundam. Para ocorrências em camadas ou em domos, a lavra será a céu aberto em bancadas e de forma descendente.

Principais ocorrências no Brasil

As maiores reservas de sal se localizam na bacia Amazônica (Formação Nova Olinda), Sergipe/Alagoas (Formação Maceió e Muribeca/Mb Ibura), Recôncavo (Fm Afligidos/Mb Pedrão), Espírito Santo (Fm Mariricu/Mb Itaúnas) no continente. No mar, encontram-se depósitos desde a Bacia de Santos, a sul, até a Bacia de Sergipe/Alagoas. Na pesquisa recente de hidrocarbonetos, na Bacia de Santos, foi ultrapassada, pela perfuração, uma camada de sal de 2.000m, no intervalo entre 4.000 e 6.000m, tendo sido encontrado um grande campo de petróleo/gás, na camada denominada pré-sal.

HALITA

O termo halita, genericamente, refere-se às ocorrências naturais de sal, cloreto de sódio (NaCl), tais como sal de rocha, sal gema ou sal fóssil.

LÍLIO

O lítio é um metal de coloração branco-prateada e com peso específico $0,534\text{g/cm}^3$, sendo o mais leve de todos os metais. Não ocorre livre na natureza e, mesmo combinado, não é tão abundante, apresentando um percentual da ordem de 0,004% na crosta terrestre. Tem brilho prateado e é encontrado na forma de um mineral ou como um sal estável.

As principais atuais fontes de lítio são os evaporitos (salmouras com alto teor de lítio) presentes em alguns salares formados por bacias de drenagens fechadas com elevada taxa de evaporação.

Mineralogia

Os minerais de lítio são encontrados em rochas magmáticas com granulometria grossa, especialmente em pegmatitos graníticos, como minerais acessórios. Mesmo que o lítio ocorra em quase 150 minerais, apenas o espodumênio $[\text{LiAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)]$, a amblygonita $[\text{LiAl}(\text{PO}_4)(\text{F},\text{OH})]$, a lepidolita



Fig.14

$[\text{K}(\text{Li},\text{Al}_3)(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH})_2]$ e a petalita $[\text{LiAl}(\text{Si}_4\text{O}_{10})]$ são usados para se obter os compostos de lítio.

Aplicações

Os principais compostos de lítio de uso industrial são o hidróxido e o carbonato de lítio, que são provenientes diretamente dos minerais e das salmouras. Esses compostos são as matérias básicas para a obtenção de outros compostos de lítio, como o estearato e o brometo de lítio, e do metal.

As mais importantes utilizações do lítio, como um mineral ou como um produto químico (carbonato, hidróxido e derivados), abrangem a fabricação de alumínio primário, a indústria de cerâmica e vidros, a produção de baterias e acumuladores, a produção de graxas especiais, a utilização em sistemas de ar condicionado e desumidificadores, e a produção de fármacos.

Método de extração

A lavra dos minérios de lítio pode ser a céu aberto ou lavra subterrânea. Pelo método a céu aberto, a extração é feita em bancadas de até 7m, com desmonte feito por meio de explosivos, o que ocorre em Greenbushes, na Austrália Ocidental, na lavra do espodumênio. Já em Manitoba, Canadá, a lavra se dá de forma subterrânea pelo de "câmara e pilar", com câmaras de 15m de largura com área da seção reta dos pilares de $7,7\text{m}^2$.

Por sua vez, a extração das salmouras potenciais em lítio emprega métodos bem mais simples do que a lavra de minerais presentes nos pegmatitos.

Isso acontece no Salar de Atacama, no Chile, por meio do bombeamento das salmouras com profundidade de 30m, até as lagoas de evaporação situadas na superfície.

Principais ocorrências no Brasil

A área piloto do projeto de mapeamento de lítio no Brasil foi a do Médio Vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais. Com um total de 17.750 quilômetros quadrados, foram encontradas na região 45 ocorrências da substância, sendo 20 inéditas. Rio Grande do Norte, Paraíba, Ceará e Bahia também são produtores.

MANGANÊS



Fig.15

O manganês é um metal de transição que se encontra na natureza disperso em uma variedade de rochas na forma de minerais, na sua maioria, óxidos, uma vez que sua ocorrência na forma de metal não é conhecida. O metal está presente na composição química de mais de cem minerais, porém um pouco mais de uma dezena se caracteriza como minerais.

Os depósitos mais importantes de manganês são divididos em dois tipos: depósitos de sedimentação marinha e depósitos secundários de enriquecimento residual.

No Brasil, as reservas de manganês, incluindo as medidas, indicadas e inferidas, situam-se nos estados do

Mato Grosso (33%) e do Pará (15%). As demais reservas se distribuem nos estados de Amapá, Bahia, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais e São Paulo.

Mineralogia

Dentre os óxidos, os dióxidos compõem os minerais de manganês mais importantes, destacando-se a pirolusita [MnO₂], a psilomelana [mMnO.MnO₂.nH₂O] e a manganita [Mn₂O₃.H₂O].

Aplicações

O manganês pode ser agregado à fabricação de baterias e pilhas, de produtos para agricultura (fertilizantes, fungicidas, rações), em soluções para o meio ambiente (tratamento de água, controle da poluição do ar, aditivos de combustão), como agente corante ou descorante na fabricação de vidros, em produtos da cerâmica vermelha, como agente de secagem de tintas etc.

Método de extração

Os depósitos de minério de manganês lavrados, em sua maioria, são de origem sedimentar. Potencialmente nesses depósitos, formam-se pequenos leitos ou lentes, com mineralização se estendendo por grandes áreas. A extração é feita por meio da lavra mecânica a céu aberto, com auxílio de escavadeira mecânica, *rippers*, *draglines* ou outros equipamentos, comumente sem a utilização de explosivos. E o transporte do minério até a usina de beneficiamento é feito por caminhões fora de estrada.

Principais ocorrências no Brasil

A maioria das reservas concentram-se no estado do Mato Grosso, ainda que as maiores quantidades extraídas de manganês sejam nos estados do Pará (57,86% do total) e de Minas Gerais (21,48%). Outras reservas dignas de menção são dos estados de Amapá, Bahia, Espírito Santo, São Paulo e Goiás.

MICA

O termo mica origina da palavra em latim *micare* (brilho), e designa o grupo dos minerais formado por silicatos hidratados de alumínio, potássio, sódio, ferro, magnésio e, por vezes, lítio. As micas são compostas por lâminas de silicatos tetraédricos. As micas apresentam propriedades físicas bem importantes como: flexibilidade, baixa condutividade térmica e elétrica, resistência a mudanças abruptas de temperaturas, clivagem fácil, que permite a separação em lâminas muito finas.

No Brasil, as micas são, facilmente, encontradas em pegmatitos. As ocorrências de pegmatitos mais importantes são as da província pegmatítica da Borborema (Paraíba e Rio Grande do Norte), da região de Governador Valadares (Minas Gerais) e de Perus (São Paulo). Alguns minerais de mica também ocorrem em rochas metamórficas (xistos e gnaisses), em rochas sedimentares e alaskitos, a exemplo da moscovita.



Fig.16

Mineralogia

O grupo das micas compreende mais de 30 minerais qualificados em micas verdadeiras, frágeis e as de intercadas deficientes. Contudo, os minerais mais conhecidos são: biotita, moscovita, glauconita, lepidolita, flogopita, dentre outros.

Aplicações

Por apresentar diferentes composições químicas e propriedades físicas, as micas apresentam diversas aplicações industriais. Assim, as micas são usadas na fabricação de resistências, de reguladores térmicos, de janelas de micro-ondas, como pigmento perolizado de revestimentos em alguns metais, na confecção de tintas aluminizadas e plásticas, em aplicações cosméticas e, sobretudo, na indústria eletroeletrônica devido à sua alta resistividade e resistência dielétrica.

Método de extração

O método de lavra utilizado para extração da mica vai depender do tipo e das condições geológicas do minério. No caso da mica lixó, utiliza-se a lavra mecânica a céu aberto, com emprego de métodos convencionais. Se a ocorrência ocorrer em rochas mais duras, o desmonte é feito com perfuração e explosivos.

A produção da mica em placas pode ocorrer a céu aberto, com técnicas apropriadas de desmonte com explosivos para preservação do maciço ou por meio de lavra subterrânea, com a abertura acompanhando o mergulho do corpo.

Nos afloramentos e sob condições

favoráveis, pode-se realizar uma lavra manual com o uso de ferramentas elementares. A extração pode ser a céu aberto ou subterrânea, com o uso de explosivos.

Principais ocorrências no Brasil

Aqui no Brasil as micas são encontradas em diferentes áreas pegmatíticas como, por exemplo, nas áreas de origem pré-cambriana e na parte da província da Borborema, na região do Seridó nos estados de Paraíba e Rio Grande do Norte. São facilmente encontrados em micaxistos, gnaisses e pegmatitos; são encontradas também em Governador Valadares em Minas Gerais e Perus – São Paulo.



Fig.17

OURO

O ouro é um metal de cor amarela, denso e brilhante, bastante disseminado na crosta terrestre. Ocorre na natureza como um mineral do sistema cristalino isométrico, mas é bem comum encontrá-lo na forma de massas

irregulares (pepitas). Sua ocorrência se dá em veios ou brechas hidrotermais, com quartzo associados a rochas intrusivas ácidas; sulfetos maciços vulcano-exalativos; e concentrações do tipo placer, consolidados ou não, ainda,

podendo estar presente em depósitos metamórficos de contato (e.g., skarns), e em sistemas epitermais rasos. Também, pode ser encontrado como telureto; combinação com o telúrio, e ligas naturais.

Mineralogia

Os principais minerais fontes de ouro são ouro nativo, krennerita, calaverita, silvanita e eletro; liga com prata. Todavia, pode ser obtido também na metalurgia de vários metais. Em compensação, afere-se existirem quase nove milhões de toneladas de ouro dissolvido na água do mar.

Aplicações

As principais aplicações do ouro são em joalheria, na indústria química; em ligas com cobre; prata; níquel e outros metais, na indústria aeroespacial, eletrônica e de computadores, na medicina e odontologia, em fotografia; na forma de ácido cloro-áurico (HAuCl_4), e na fabricação de medalhas e prêmios.

Método de extração

A exploração do ouro pode ser feita tanto a céu aberto quanto de modo subterrâneo. Talvez, o método a céu aberto de lavra garimpeira manual seja o mais conhecido, pois é um processo rudimentar que vem sendo utilizado desde o ciclo do ouro, entre 1700 e 1850, e que consiste na filtragem para separação de cascalhos ou areias dos leitos do ouro mineralizado. Com o avanço da tecnologia, houve inserção de novas técnicas de extração, aumentando a produtividade.

Principais ocorrências no Brasil

As reservas lavráveis de ouro no Brasil alcançam 2,6 mil toneladas ou 5% das reservas mundiais do minério, distribuídas nos estados do Pará (42,7%), de Minas Gerais (28%), Mato Grosso (6,9%), Goiás (5%), Bahia (4,5%) e outros (12,9%).

PETRÓLEO



Fig.18

O petróleo é um material fóssil, oleoso e comburente, de alto valor energético, comumente menos denso do que a água, com cheiro característico e coloração que pode variar do incolor até o preto. Extraído em terra ou abaixo do assoalho do mar. A formação do petróleo é caracterizada pelo acúmulo de material orgânico em condições específicas de pressão e isolamento em camadas do subsolo de bacias sedimentares, sofrendo transformações por milhares de anos.

O petróleo se encontra aprisionado em rochas porosas, de modo que para ser extraído é preciso perfurar as camadas rochosas por meio de equipamentos que exercem pressão adequada para que o óleo jorre para superfície. Se a rocha reservatório não possuir boa permeabilidade, deve-se fraturá-la para então recuperar o óleo.

A composição química do petróleo é uma combinação complexa de hidrocarbonetos (carbono, 82%, e hidrogênio, 12%), podendo conter também quantidades pequenas de

nitrogênio (4%), oxigênio (1%), compostos de enxofre e íons metálicos.

A partir do refino do petróleo bruto, obtêm-se: gasolina, querosene, óleo diesel, lubrificantes, nafta, gás de petróleo e gás liquefeito de petróleo (GLP) e resíduos.

Mineralogia

Trata-se de uma combinação complexa de hidrocarbonetos, composta na sua maioria de hidrocarbonetos alifáticos, alicíclicos e aromáticos, podendo conter também quantidades pequenas de nitrogênio, oxigênio, compostos de enxofre e íons metálicos, principalmente de níquel e vanádio.

Aplicações

O petróleo gera gasolina que serve de combustível para grande parte dos automóveis que circulam no mundo, entre outros produtos dele derivados como parafina, GLP, produtos asfálticos, nafta petroquímica, querosene,

polímeros, solventes, óleos combustíveis, óleos lubrificantes, óleo diesel, polímeros plásticos e até mesmo medicamentos.

Método de extração

O petróleo pode ser encontrado em poros existentes nas rochas, em terra ou sob o mar. Durante a sua extração, vem acompanhado de outras substâncias como água e gás metano (CH_4). De forma que compreender a geoquímica do petróleo é essencial para sua extração. A extração de petróleo realizada no continente, isto é, em terra firme é chamada de *onshore*. Esse tipo de extração demanda custo menor que a exploração *offshore* (extração afastada da costa), pois os investimentos em equipamentos são menores, permitindo que pequenas e médias empresas tenham a oportunidade de participar desse mercado.

Depois de identificar, por meio de estudos geológicos, a presença de uma rocha rica em petróleo, o local é isolado e começam as escavações. Ao atravessar a rocha sedimentar, a sonda usada para escavar chega à camada petrolífera, momento em que o petróleo é jorrado para fora da jazida. Tal pressão é explicada devido à presença de gases componentes do petróleo.

Para a realização da exploração e extração de petróleo *offshore*, são construídas plataformas equipadas com todos os instrumentos que

permitem retirar o petróleo do seu poço. Previamente à extração, são realizados estudos geológicos da região para sua detecção. Etapas gerais da exploração e extração do petróleo:

Estudos sísmicos (mapeiam as camadas do solo, através de ondas sonoras), seguido de instalação do B.O.P (*Blow out Preventer*), um conjunto de válvulas de segurança utilizadas para selar, controlar e monitorar o poço de petróleo. Perfuração do poço (inicia-se com brocas largas com cerca de 50 cm de diâmetro, feitas de aço e com pontas de diamante). Injeta-se cimento, que desce pelo tubo da broca e sobe pelos vãos laterais, formando o duto. Quando a broca alcança a rocha que contém o petróleo, é promovida uma explosão, que gera fissuras e permite que o óleo chegue até o poço.

O óleo pode ser jorrado por energia própria (poço surgente) ou por meio de uma ação externa, quando o óleo é muito viscoso ou possui pressão reduzida. Para esse fim são utilizados processos mecânicos para bombeio. Para evitar que os poços entupam, é necessário controlar a diferença brusca de temperatura do óleo (63°C) com a da água do mar (2°C), por revestimentos térmicos. Em navios-plataformas ocorrem os primeiros processos de separação (água, óleo e gás). A separação primária do petróleo é essencial para que não ocorram problemas durante o seu transporte,

que acontece, para a costa, por meio de navios ou oleodutos.

Principais ocorrências no Brasil

A produção de petróleo no Brasil é realizada nas seguintes bacias petrolíferas, das quais quatro merecem destaque: as bacias de Campos,

de Santos, do Espírito Santo e do Recôncavo Baiano. As demais são: Bacia Potiguar (Estados: RN, PB e CE), Bacia do Solimões (Estado: AM), Bacia Sergipe e Alagoas (Estados: SE e AL), Bacia de Camamu-Almada, Bacia do Jequitinhonha e Bacia do Tucano (Estado: BA).

PRATA

A prata é o metal que melhor conduz o calor e a eletricidade, e que apresenta propriedades parecidas com as do cobre e do ouro. É um metal nobre, com dureza 2,5 a 3, com alto ponto de fusão (960,6°C), resistente à corrosão e, dentre as substâncias conhecidas, possui as maiores condutividades térmica e elétrica.

Os minerais de prata possuem coloração cinza-prateada com intenso brilho metálico e sistema de cristalização cúbico, apresentando cristais em forma de cubos, octaedros ou dodecaedros. Entretanto, são mineralizações incomuns, e geralmente, os minerais se encontram

sob a forma dendrítica, fibrosa, acicular ou irregular, e ocorrem em filões.

Mineralogia

A prata é componente de 129 minerais, sendo extraída de vários deles, como acantita, argentita, cerargirita, galena argentífera, pirargirita, stromeyerita, proustita, tetraedrita, pearceita, stephanita, tennantita, polibasita, e prata nativa. Pode ser produzida também como subproduto na metalurgia do cobre, do ouro, do níquel e do zinco.



Fig.19

Aplicações

Emprega-se prata em: joias, espelhos, objetos ornamentais, talheres, moedas, odontologia (como amálgama), óptica (cloreto), germicida, soldas, explosivos (fulminato), chuvas artificiais (iodeto), fotografia (nitrate), e ligas com cobre. Na fabricação de objetos ornamentais e de joias, usam-se ligas com 10% de cobre (prata 90 ou prata 900) ou, usualmente, com 95% de prata (prata 950).

Método de extração

No Brasil, não existem minas de prata, sendo obtido basicamente como

subproduto da metalurgia de cobre, chumbo e ouro. A prata pode ser obtida também, em menor proporção, da reciclagem de chapas radiográficas e filmes fotográficos usados, dos líquidos fixadores utilizados nas revelações desses materiais, de fotolitos usados na indústria gráfica, de sucatas de pratarias e materiais de prata.

Principais ocorrências no Brasil

No Brasil, a maior mina secundária de prata está localizada na Mina do Sossego, no sudeste do Pará, que explora exatamente o cobre. Também há minas no Paraná e em Minas Gerais.

ROCHAS ORNAMENTAIS

A rocha ornamental é definida como material rochoso natural que, submetido a diferentes tipos ou graus de beneficiamento ou modelamento, pode ser empregado com função de revestimento, decorativo ou estrutural. O termo também abrange outros materiais como lapídeos, rochas dimensionadas,

pedras naturais e rochas de cantaria.

Mineralogia

O grupo das rochas ornamentais é bastante diversificado, e engloba corpos rochosos com diferentes origens: sedimentar, ígnea e metamórfica. Assim,



Fig.20

as mais comumente usadas são: calcário, dolomito, arenito, basalto, gabro, granito, gnaiss, mármore, quartzito, ardósia, entre outros.

Aplicações

Há registros de que as rochas são aplicadas com aspecto estrutural ou estético desde a Era Paleolítica, há pelo menos cerca de 300 mil anos. Hoje, seus principais campos de aplicação são na construção civil, sob a forma de lajes em pedra natural ou revestimentos externos e internos no formato de chapas ou ladrilhos, ou em elementos de composição arquitetônica, e, sobretudo, na produção de peças para decoração em balcões, esculturas, tampos, pés de mesa e lápides para arte funerária.

Método de extração

Existem vários métodos de lavra das rochas ornamentais, variando de acordo com as condições geológicas e estruturais do corpo rochoso. A eficiência e o rendimento de cada método dependem, diretamente, da implantação da tecnologia mais adequada para cada tipo litológico.

Na natureza, a rocha pode ser encontrada sob a forma de matacões

ou de maciços rochosos. A lavra do maciço rochoso pode ser realizada pelo método a céu aberto em bancadas altas ou baixas; ou em painéis verticais, pelo processo seletivo, por desabamento ou pelo método subterrâneo.

No Brasil, o mais usado é a extração do maciço em bancadas altas, apesar de existir a ocorrência de todos os outros. Emprega-se o corte com fio diamantado na maioria dos métodos, que serve para desmembrar o maciço em grandes volumes de rocha de 9 a 12m³ e, posteriormente, fatiá-los em pranchas para produção de chapas polidas. O fio diamantado ocupa o espaço de tecnologias antes usadas como maçarico, *jetflame* ou fio helicoidal.

Principais ocorrências no Brasil

Dentre os maiores exploradores de rocha ornamental no país, destacam-se os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo, que juntos representam quase 63% da produção desse material no país.

URÂNIO

O urânio é um metal radioativo prateado, maleável, dúctil e mais brando do que o aço, que, se exposto ao ar, forma em sua superfície uma camada de óxido. É o elemento natural com maior número atômico.

Três isótopos de urânio existem na natureza: U234, U235, U238, tornando-o bastante abundante. O seu minério se distribui por toda a crosta terrestre, aparecendo na constituição de várias rochas. Todavia, de acordo com as Indústrias Nucleares Brasileiras – INB, para que as reservas de urânio sejam ditas economicamente atrativas, é imprescindível estimar o teor de urânio presente, bem como as tecnologias utilizadas em seu aproveitamento.

Ocorre em diversos minerais como uraninita, carnotita, torbernita, autunita, zeunerita. Pode ser encontrado, ainda, em rochas com fosfatos, na linhita (carvão fóssil) e em areais com monazita. Atualmente, o Brasil possui a sétima maior reserva de urânio do mundo, com 309 mil toneladas de U₃O₈ nos Estados da Bahia e do Ceará.



Fig.21

Mineralogia

O urânio é um mineral radioativo, ou seja, deve ser manipulado de forma cautelosa. Os principais minerais em que o Urânio está contido são encontrados em minérios de euxenita, carnotita, branerita, torbenite e a coffinita. A principal forma de urânio encontrada na natureza é em forma de óxidos.

Aplicações

Por liberar muita energia na quebra de seus átomos, a mais famosa e utilizada aplicação do urânio é como combustível para eletricidade, a partir de seu enriquecimento para as usinas termonucleares. Também, por ser um elemento bastante radioativo, é usado em ogivas nucleares.

Método de extração

O minério é extraído da rocha e levado para ser britado, transformando-se em pedrinhas. Elas são depositadas em pilhas, onde recebem, através de

mangueiras, uma solução de ácido sulfúrico que separa o urânio da rocha. Esse processo é conhecido como lixiviação e dele resulta um líquido amarelo, o licor de urânio – uma mistura de ácido sulfúrico com urânio. Este licor de urânio é purificado e tratado com diversos processos químicos e físicos de separação, o que gera uma pasta amarela (concentrado de urânio).

Principais ocorrências no Brasil

Os principais depósitos de urânio no Brasil estão nos seguintes estados: Ceará (Santa Quitéria), Bahia (Caetitê), Goiás (Amarinópolis, Rio Preto e Campos Belos), Minas Gerais (Santa Bárbara, Moeda e Poços de Caldas) e Paraná. Encontram-se vestígios de urânio em quase todas as rochas sedimentares da crosta terrestre, embora não seja muito abundante em depósitos concentrados.



Fig.22

ZINCO

O zinco é um metal maleável de cor branco-azulada, forma cristalina hexagonal compacta, densidade (a 25°C): 7,1; dureza: 2,5 (escala de Mohs), com propriedades físicas que lhe conferem facilidade para moldagem e para o trabalho mecânico. Apresenta alta resistência à corrosão, uma facilidade de combinação com outros metais.

Na natureza, o zinco ocorre sob a forma de sulfetos, associado a cobre, ferro, prata ou chumbo. O minério

sulfetado de zinco está submetido a altas transformações em zona de oxidação, formando óxidos, silicatos e carbonatos. As mineralizações mais importantes ocorrem associadas a rochas vulcânicas e, principalmente, rochas sedimentares de composição carbonática.

Mineralogia

Os principais minerais de zinco são a blenda ou esfalerita (ZnS), calamina ou hemimorfita ($2ZnO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$), wurtzita

$[(Zn,Fe)S]$, willemita (Zn_2SiO_4), smithsonita ($ZnCO_3$), franklinita $[(Zn,Mn)Fe_2O_4]$, hidrozincita $[2ZnO_3 \cdot 3Zn(OH)_2]$ e zincita (ZnO). Destacam-se como minerais brasileiros de zinco a calamina, a awillemita e a esfalerita.

Aplicações

A principal aplicação do zinco metálico é a fabricação de ligas ou a galvanização de estruturas de aço estrutural, folhas, chapas e por meio da imersão ou eletrodeposição. Os compostos de zinco (óxidos, sulfetos, cloretos) são usados nas indústrias de borrachas, cerâmicas, têxtil, e na fabricação de tintas, cosméticos, explosivos, papel.

Método de extração

A operação de extração do zinco pode acontecer por meio de lavra a céu aberto, lavra subterrânea, ou de forma mista. A lavra a céu aberto acompanha

o corpo do minério e caracteriza-se por ser em bancadas, com desmonte mecânico ou com explosivos. Por outro lado, a lavra subterrânea pode ser feita em diversos métodos: corte e aterro, *Sublevel and fill*, VRM – *Vertical retreat mining* em "câmaras e pilares".

Principais ocorrências no Brasil

O zinco encontra-se na crosta terrestre, junto a outros metais como o cobre e o chumbo. O zinco também é matéria-prima para ligas metálicas, além de ser utilizado em pigmentos, pilhas secas e outros. O Brasil é o décimo segundo maior produtor de minério de zinco, com produção aproximada de 199 mil toneladas de concentrado. Este volume representa 1,8% da produção mundial. Principais Estados produtores: Minas Gerais (82,9%), Rio Grande do Sul (8,7%), Mato Grosso do Sul (2,5%), Bahia (2,3%), Paraná (2,6%) e Pará (1%).

GEMAS DO BRASIL

Uma gema ou pedra preciosa é um mineral, rocha ou material petrificado que, quando lapidado ou polido, é colecionável ou usável para adorno pessoal em joalheria. Algumas são orgânicas, como o âmbar e o azeviche.



Figura 1 - Crisólita



Figura 2 - Peridoto



Figura 3 - Água-Marinha



Figura 4 - Esmeralda



Figura 5 - Safira



Figura 6 - Rubi



Figura 7 - Alexandrita



Figura 8 - Olho de gato



Figura 9 - Espodumênio



Figura 10 - Amazonita



Figura 11 - Opala-de-fogo



Figura 12 - Ágata



Figura 17 - Quartzo azul



Figura 18 - Quartzo com dentritos



Figura 13 - Ametista



Figura 14 - Jaspe



Figura 19 - Quartzo com turmalina



Figura 20 - Quartzo olho-de-gato



Figura 15 - Ônix-real



Figura 16 - Citrino



Figura 21 - Quartzo rosa



Figura 22 - Quartzo rutilado



Figura 23 - Rubelita



Figura 24 - Turmalina bicolor



Figura 29 - Aragonita



Figura 30 - Barita



Figura 25 - Turmalina Azul Paraíba



Figura 26 - Topázio Imperial



Figura 31 - Brasilianita



Figura 32 - Calcita



Figura 27 - Andaluzita



Figura 28 - Apatita



Figura 33 - Cassiterita



Figura 34 - Crisocola



Figura 35 - Diamante



Figura 36 - Diopsídio



Figura 41 - Lazulita



Figura 42 - Malaquita



Figura 37 - Epidoto



Figura 38 - Esfalerita



Figura 43 - Obsidiana



Figura 44 - Pirita



Figura 39 - Fluorita



Figura 40 - Hematita



Figura 45 - Rodonita



Figura 46 - Rutilo



Figura 47 - Scheelita



Figura 48 - Sodalita



Figura 49 - Turquesa



Figura 50 - Zircão

RELAÇÃO DE GEMAS BRASILEIRAS

Granadas

Almandina
Grossulária
Hessonita
Piropo
Rodolita
Spessartina

Grupo das olivinas

Crisólita
Peridoto

Variedades de berilo:

Água-marinha
Berilo verde
Esmeralda
Goshenita
Heliodoro
Morganita

Variedades de coríndon:

Rubi
Safira

Variedades de crisoberilo:

Alexandrita
Crisoberilo
Olho-de-gato

Variedades de espodumênio:

Hiddenita
Kunzita
Trifana

Variedades de feldspato

Adulária
Amazonita

Variedades de opala:

Opala-de-fogo
Opala preciosa

Variedades de quartzo:

Ágata
Ametista
Aventurino
Calcedônia
Cornalina
Crisoprásio
Jaspe
Ônix
Ônix-real
Concreção de sílica
Heliotrópio
Citrino
Cristal-de-rocha
Madeira fossilizada
Oneguita
Quartzo azul
Quartzo com dendritos
Quartzo com goethita
Quartzo com turmalina
Quartzo enfumaçado
Quartzo mórion
Quartzo olho-de-gato
Quartzo rosa
Quartzo rutilado

Variedades de turmalina:

Acroíta
Dravita
Indicolita
Rubelita
Schorlita
Turmalina bicolor
Turmalina melancia
Turmalina Paraíba
Verdelita

Variedades de topázio:

Topázio
Topázio-imperial

Demais gemas

Allanita
Ambligonita
Anatásio
Andaluzita
Apatita
Apofilita
Aragonita
Axinita
Barita
Brasilianita
Calcita
Cassiterita
Childrenita
Cianita
Cordierita
Crisocola
Diamante
Diopsídio
Dumortierita
Epídoto
Escapolita
Esfalerita
Espinélio
Estaurolita
Euclásio
Fenaquita
Fluorita
Gahnita
Hematita
Herderita
Lozulita
Malaquita
Nefrita
Obsidiana
Petalita
Pirita
Quiastolita
Rodonita
Rutilo
Scheelita
Sillimanita
Sodalita
Titanita
Turquesa
Zircão

REFERÊNCIAS

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

ANM – Agência Nacional de Mineração
ARAUJO, João Victor *et al.* **Mineralogia zinco**. 2013. Disponível em: <<https://www.trabalhosfeitos.com/ensaios/Mineralogia-Zinco/619855.html>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

BALANÇO Mineral Brasileiro. 2001. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/36684724/agua-mineral-mineralogiahttp://lsie.unb.br/ugb/sinageo/7/0036.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

BALTAR, Carlos Adolpho Magalhães; BASTOS, Flavia de Freitas; LUZ, Adão Benvindo da. **Gipsita**. 2005. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br:8080/bitstream/cetem/1079/2/21.GIPSITA%20ok.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2019.

BRASIL. ANM - AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **O passo a passo para explorar água mineral**. 2017. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/assuntos/ao-publico/paginas/explorar-agua-mineral-veja-como-e-facil>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

BRASIL. INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. (Org.). **Como é feita a mineração do urânio?** 2017. Disponível em: <<http://www.inb.gov.br/Contato/Perguntas-Frequentes/Pergunta/Conteudo/como-e-feita-a-mineracao-do-uranio?Origem=1071>>. Acesso em: 13 ago. 2019.

CANO, Telma Monreal.
TUNGSTÊNIO. 2013. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/tungstenio-sumario-mineral-2014>>. Acesso em: 13 ago. 2019.

CONDICIONANTES NATURAIS À PRODUÇÃO DE SAL MARINHO NO BRASIL. Fortaleza: Mercator, 2017.

DA LUZ, A.D; LINS, F.A.F (Ed). **Rochas & Minerais Industriais** - 2.Ed. CETEM/MCT. Rio de Janeiro. 2008.

DALLALBA, Pablo. **Lavra e Beneficiamento Mineral de Cassiterita em um Garimpo no Município de São Felix do Xingu-PA**. 2015. Disponível em: <<https://ulbra-to.br/bibliotecadigital/uploads/document56e81c6392d68.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

DECICINO, Ronaldo. **Minerais metálicos – Ocorrência e exploração no Brasil**. Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/minerais-metalicos-ocorrencia-e-exploracao-no-brasil.htm>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

DNPM (2016). **Sumário Mineral**. Brasília, Brasil. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2016>>. Acesso em: 14 ago. 2019.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas.
Ferro; Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/ferro.htm>>. Acesso em: 17 ago. de 2019.

HELENA. **Halita**. 2019. Disponível em: <<https://www.helenacristais.com.br/>>. Acesso em: 08 ago. 2019.

LOPES, Marcos. **As principais rochas ornamentais exploradas no Brasil**. 2016. Disponível em: <<https://tecnicoemineracao.com.br/principais-rochas-ornamentais-exploradas-no-brasil/>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

LOPES, Marcos. **Garimpo Bom Futuro**: Cassiterita em Rondônia. 2017. Disponível em: <<https://>

tecnicoemineracao.com.br/garimpo-bom-futuro/>. Acesso em: 15 ago. 2019.

MANUTENÇÃO E SUPRIMENTOS (Brasil). **Usos do caulim na indústria**. 2018. Disponível em: <<https://www.manutencaoesuprimentos.com.br/ usos-do-caulim-na-industria/>>. Acesso em: 13 ago. 2019.

MINAS BRASIL MINÉRIO LTDA (Brasil). **Caulim**: Para que serve o Caulim e que industrias o utilizam. 2015. Disponível em: <http://mbmmineros.com.br/?page_id=1208>. Acesso em: 13 ago. 2019.

MINERAÇÃO de fosfato. 2018. Disponível em: <www.manutencaoesuprimentos.com.br/mineracao-de-fosfato/>. Acesso em: 02 ago. 2019.

MUSEU DE MINERAIS MINÉRIOS E ROCHAS HEINZ EBERT (Brasil). **MICA**. 2019. Disponível em: <<https://museuhe.com.br/mineral/mica-mica/>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

NASCIMENTO, M; MONTES, M. B. L; LOUREIRO, F.E.L. **Agrominerais-Potássio**. Cetem. Disponível em: <<https://www.cetem.gov.br/agrominerais/livros/08-agrominerais-potassio.pdf>> Acesso em: 8 ago. 2019.

OURO No Brasil. 2017. Disponível em: <<https://www.ouroedinheiro.com/main/Ouro-no-Brasil-Estatisticas.html>>. Acesso em: 19 ago. 2019

PETROBRÁS (Brasil). **Bacias**. 2019. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/bacias/>>. Acesso em: 17 ago. 2019

SANTIAGO, Emerson. Manganês. InfoEscola. Disponível em: <<https://www.google.com/amp/s/www.infoescola.com/elementos-quimicos/manganes/amp/>>. Acesso em: 17 ago. 2019

SCLIAR, Claudio; SILVA, Rosaline Cristina; PEREIRA, Viviane Cristina. **Ocorrências de Minerais de Urânio e Tório no Brasil**. 1999. Disponível em: <<https://www.ipen.br/biblioteca/cd/inac/1999/PDF/CG17AE.PDF>>. Acesso em: 13 ago. 2019.

STROSKI, Pedro Ney. **Lítio:** propriedades, extração e aplicações. 19 de dezembro de 2017. Disponível em: <<http://www.electricalibrary.com/2017/12/19/litio-propriedades-extracao-e-aplicacoes/>>. Acesso em: 02 ago. 2019.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, **Elementos nativos**, Departamento de Mineralogia e Petrologia. Disponível em: <<http://mw.eco.br/ig/cursos/>

Mineralogia2/05_ElementosNativos.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2019.

FONTES DAS IMAGENS ILUSTRATIVAS

Fig.01: <https://www.pocos10.com.br/poco-tubular-profundo>.

Fig.02: <https://www.joya.life/pt-br/blog/bauxita-na-joalheria-impressionante/>.

Fig.03: <https://www.youtube.com/watch?v=vo3tWTUzJyU>.

Fig.04: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Calc%C3%A1rio>.

Fig.05: Caminho dos cristais.

Fig.06: Portal da mineração (2017).

Fig.07: Vale (2017).

Fig.08: Alibaba (2019).

Fig.09: Wikipedia (2019).

Fig.10: Geo – Banco de dados Mundiais.

Fig.11: Emforma.

Fig.12: Museushe (2019).

Fig.13: Helena Cristais (2018).

Fig.14: Quilamb.

Fig.15: InfoEscola.

Fig.16: [https://4.imimg.com/data4/SY/MW/MY-4641163/mica-mineral-](https://4.imimg.com/data4/SY/MW/MY-4641163/mica-mineral-500x500.jpg)

[500x500.jpg](https://4.imimg.com/data4/SY/MW/MY-4641163/mica-mineral-500x500.jpg).

Fig.17: Loja.luizmeneses.com.

Fig.18: Wikipedia (2019).

Fig.19: Mineral Information Institute.

Fig.20: Quimlab (2017).

Fig.21: Mercado Livre.

Fig.22: Quimlab (2005).

REFERÊNCIAS DAS GEMAS

Figura 1: <https://www.riquezasdobrasil.com.br/crisolita-25cm-unid-pedra-gema-mineral-natural-p-colecao-783958388xJM>.

Figura 2: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Peridoto>.

Figura 3: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Algumas-Gemas-Classicadas-1104.html>.

Figura 4: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Algumas-Gemas-Classicadas-1104.html>.

Figura 5: https://pt.wikipedia.org/wiki/Safira#/media/Ficheiro:1szafir_Madagascar.jpg.

Figura 6: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Rubi#/media/Ficheiro:Corundum-winza-17d.jpg>.

[Rubi#/media/Ficheiro:Corundum-winza-17d.jpg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Rubi#/media/Ficheiro:Corundum-winza-17d.jpg).

Figura 7: <http://www.patrickvoillot.com/pt/alexandrita-9.html>.

Figura 8: <http://loja.luizmeneses.com.br/minerais-de-colecao/crisoberilo-olho-de-gato-030.html>.

Figura 9: <https://www.globalminerio.com.br/espodumenio.html>.

Figura 10: <http://www.patrickvoillot.com/pt/amazonita-12.html>.

Figura 11: <https://www.cristaisaquarius.com.br/blog/opala-de-fogo/>.

Figura 12: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Agate_banded_750pix.jpg.

Figura 13: <https://commons.wikimedia.org/wiki/Amethyst>.

Figura 14: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jasper.pebble.600pix.jpg>.

Figura 15: https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%93nix#/media/Ficheiro:Clear_White_Yellow_Onyx_IMG_9477.jpg.

Figura 16: <https://www.gemasecristais.com/gemas/citrino/>.

Figura 17: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-963828472-quartzo-azul-pedra-natural-1-kg-_JM.

Figura 18: <https://joias.mercadolivre.com.br/pedras-preciosas/quartzo->

dendrito.

Figura 19: <https://www.elo7.com.br/turmalina-negra-no-quartzo-h458-prosperity-minerais/dp/B042FF>.

Figura 20: <https://www.elo7.com.br/quartzo-olho-de-gato-pedra-natural/dp/FA3A34>.

Figura 21: <https://www.cristaisaquarius.com.br/blog/quartzo-rosa-significado/>.

Figura 22: <https://purajoiia.blogspot.com/2011/08/quartzo-rutilado-pedra-que-ilumina-alma.html>.

Figura 23: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-913832848-960g-cristais-turmalina-rubelita-natural-base-goldmb-_JM.

Figura 24: https://www.flickr.com/photos/meus_olhos/3246728117.

Figura 25: <https://www.ouro18.com/turmalina-paraiba-bruta-natural-3168>.

Figura 26: <https://pedrasecristais.com/topazio-imperial/>.

Figura 27: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-975774439-andaluzita-gema-bruta-de-coleco-pedra-bruta-n2035-_JM.

Figura 28: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-850152259-gema-apatita-azul-natural-bruta-3cm-pedra-pcoleccionador-_JM?quantity=1.

Figura 29: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1020918421-aragonita-vermelha-unid-3cm-pedra-gema-natural-para-coleco-_JM?quantity=1.

Figura 30: <https://paquetaense.blogspot.com/2013/04/brasilianita-gema-pedra-de-cura-alegria.html>.

Figura 31: <https://paquetaense.blogspot.com/2013/04/brasilianita-gema-pedra-de-cura-alegria.html>.

Figura 32: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-853557959-calcita-mel-unidade-2cm-pedra-gema-mineral-natural-p-coleco-_JM?quantity=1.

Figura 33: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-868547984-gema-cassiterita-rolada-natural-2cm-pedra-pcoleco-_JM?quantity=1.

Figura 34: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-865341997-gema-crisocola-bruta-natural-2cm-pedra-pcoleco-_JM?quantity=1.

Figura 35: <https://cnnspanol.cnn.com/gallery/la-magnifica-transformacion-del-diamante-en-bruto-mas-grande-del-mundo/>.

Figura 36: <https://www.cristaisdecurvelo.com.br/pages/DIOPSIDIO-%252d-Aprenda-Mais-sobre-Este-Mineral.html>.

Figura 37: <https://www.cristaisdecurvelo.com.br/pages/EPIDOTO-%252d-Aprenda-Mais-Sobre-Este-Mineral.html>.

Figura 38: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Esfalerita>.

Figura 39: <https://pedrasmensageiras.com/pedra-fluorita-significado/>.

Figura 40: <https://www.dhonellalojavirtual.com.br/pedra-hematita-bruta-100gr>.

Figura 41: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Lazurita>.

Figura 42: <https://fluxodivino.com/pedra-malaquita/>.

Figura 43: <https://pedrasecristais.com/pedra-obsidiana/>.

Figura 44: <https://joias.mercadolivre.com.br/pedras-preciosas/gema-pirita>.

Figura 45: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Rodonita>.

Figura 46: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Rutilo>.

Figura 47: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Scheelita>.

Figura 48: <https://www.iqulibrio.com/blog/terapias-alternativas/cristaloterapia/pedra-sodalita/>.

Figura 49: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Turquesa>.

Figura 50: <https://www.cristaisdecurvelo.com.br/pages/ZIRCAO-Aprenda-Mais-sobre-Este-Mineral-.html>.



CONFEA

Conselho Federal de Engenharia
e Agronomia



CREA

Conselhos Regionais de Engenharia
e Agronomia



MUTUA

CAIXA DE ASSISTÊNCIA DOS PROFISSIONAIS DO CREA



/Confea



@confeacrea



confea.org.br



/confea_



/Confea10

