

# Curso de Mineração – Básico

Módulo II: Geologia de Mina e Operações de Lavra







## Geologia de Mina e Operações de Lavra

### Caro leitor,

Até o momento, você conheceu as atividades minerárias da Vale com foco no minério de ferro. Porém, sabemos que a Vale busca diversificar seu negócio, impulsionando sua capacidade de produção de outros recursos minerais, tais como o cobre e o carvão, ampliando seu portfólio.

Assim, para que você tenha uma compreensão ampla dos negócios da Vale, inauguramos um conjunto de módulos complementares, que começa pelo aprofundamento dos seus conhecimentos sobre o carvão.

Neste módulo complementar, você vai conhecer aspectos importantes sobre este recurso energético, não renovável, e de grande abundância no globo terrestre e a *commodity* mineral mais comercializada em todo mundo.

Além de ter a oportunidade de fazer uma viagem pela história do carvão, aqui, você vai entender melhor a produção do carvão no mundo, evidenciando que os níveis de reservas de carvão existentes são suficientes por mais de 200 anos.

Também vai se surpreender ao descobrir que o carvão, apesar de ser um recurso mineral, é composto por uma complexa mistura de componentes orgânicos e está presente no seu dia a dia. Como você poderá verificar essa presença? Você a conhecerá quando compreender a utilização do carvão térmico e do carvão metalúrgico.

Ainda neste módulo conhecerá as atitudes focadas em desenvolvimento sustentável através do investimento em tecnologias limpas, que têm tornado o uso do carvão cada vez mais seguro e relevante.

E ainda: nas próximas páginas, você será apresentado aos projetos de carvão da Vale em Moçambique, África (projeto Moatize), e diversos outros na Austrália. Todos esses empreendimentos representam um grande investimento na área do carvão para a Vale!

Esse módulo traz uma novidade em relação aos anteriores, as palavras do glossário estão assinaladas na primeira vez que aparecerem no texto.

**Boa leitura!**





# Sumário

## Introdução

Uma das maiores reservas de minério de ferro do mundo



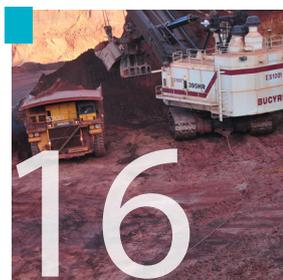
## Uma cidade chamada Brucutu

Conheça a mais nova menina dos olhos da Vale



## De mineral a minério

Saiba como o minério vira dinheiro



## Planejar é preciso

O passo a passo do plano para "resgatar" o minério do fundo da terra



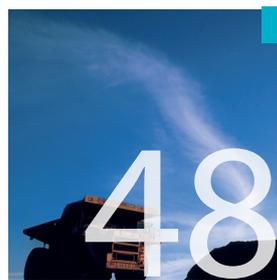
## Operação de mina

Principais etapas do negócio



## O futuro da mineração

Fique por dentro das novidades da mineração



## Caminhão fora de estrada

As aventuras de um gigante ameaçado



## Itabira: foi lá onde tudo começou

A cidade que faz parte da história da mineração



## São Gonçalo do Rio Abaixo

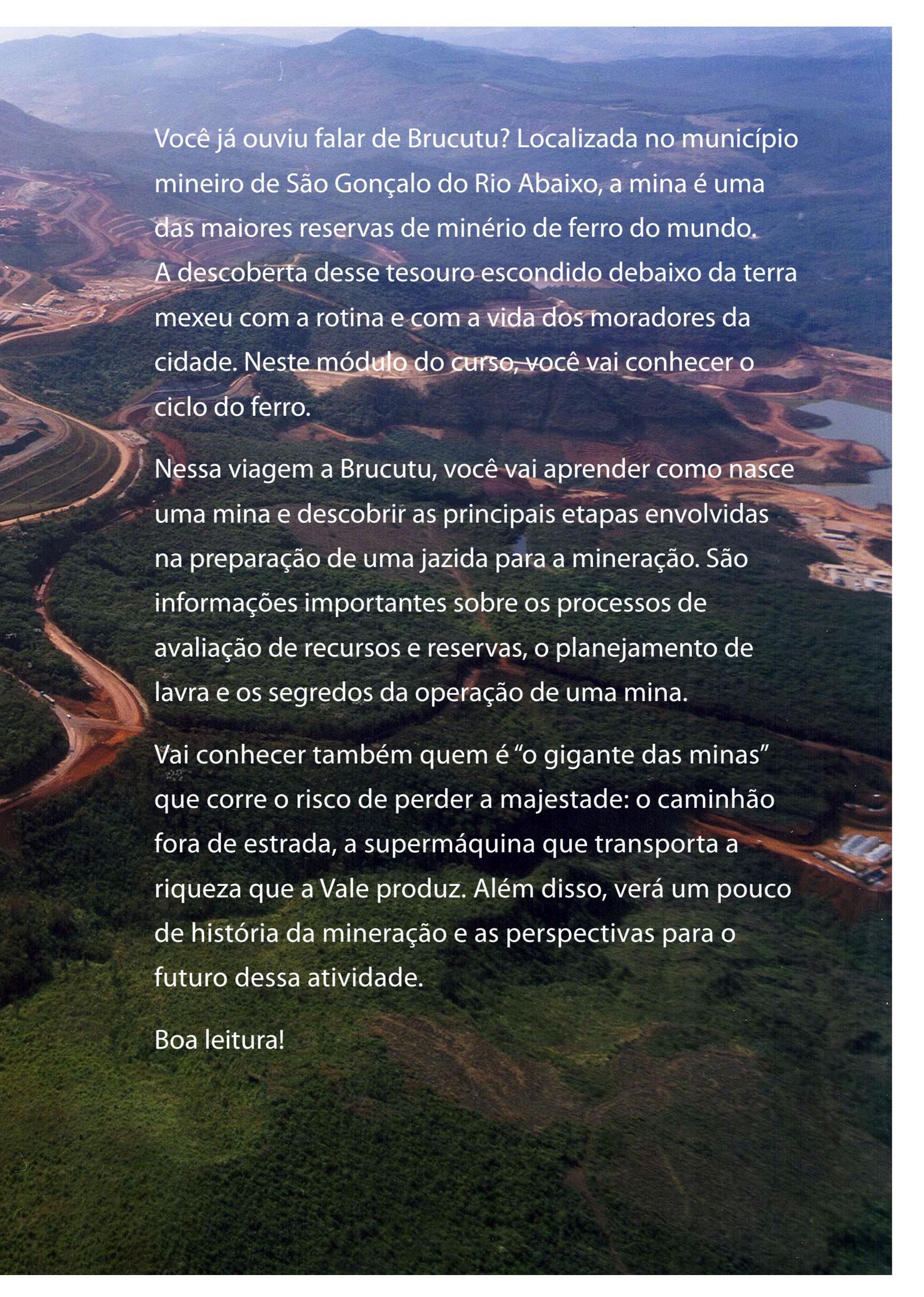
A transformação de uma cidade com a chegada de Brucutu

Atividades 65

Glossário 69



# Introdução

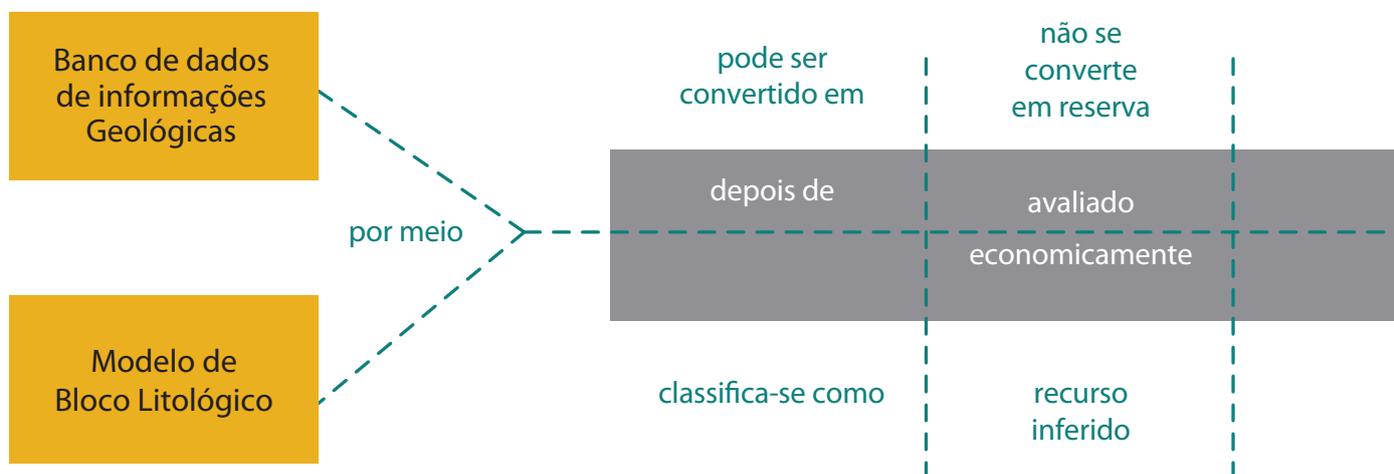
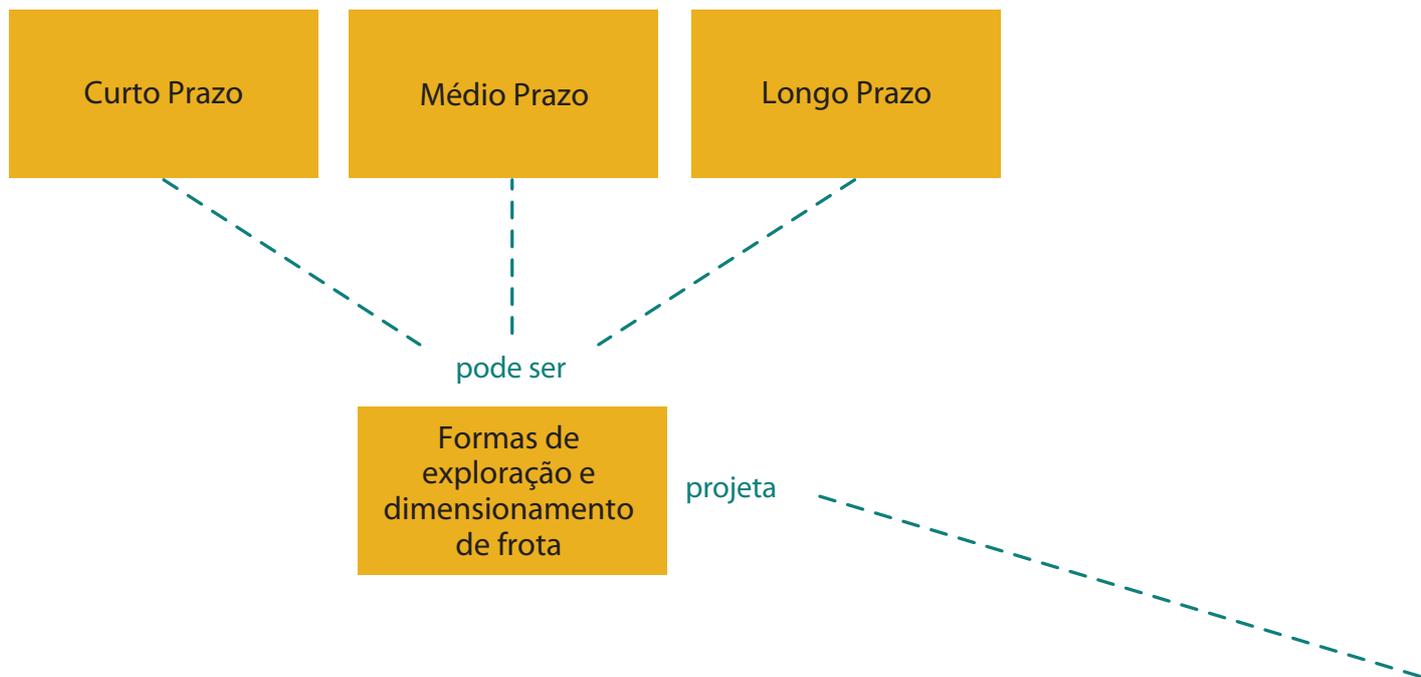


Você já ouviu falar de Brucutu? Localizada no município mineiro de São Gonçalo do Rio Abaixo, a mina é uma das maiores reservas de minério de ferro do mundo. A descoberta desse tesouro escondido debaixo da terra mexeu com a rotina e com a vida dos moradores da cidade. Neste módulo do curso, você vai conhecer o ciclo do ferro.

Nessa viagem a Brucutu, você vai aprender como nasce uma mina e descobrir as principais etapas envolvidas na preparação de uma jazida para a mineração. São informações importantes sobre os processos de avaliação de recursos e reservas, o planejamento de lavra e os segredos da operação de uma mina.

Vai conhecer também quem é “o gigante das minas” que corre o risco de perder a majestade: o caminhão fora de estrada, a supermáquina que transporta a riqueza que a Vale produz. Além disso, verá um pouco de história da mineração e as perspectivas para o futuro dessa atividade.

Boa leitura!



# Mapa Conceitual

Maximização do uso de ativos

corretiva

preventiva

Manutenção dos equipamentos

pré-stripping

momento de

Planejamento de Mina

Demanda de Mercado

Explotação do Minério

Perfuração, detonação, carregamento e transporte

Beneficiamento de minério

Recurso Minério

reserva provada

recurso medido

reserva provável

recurso indicado

considerado

considera

para

pode ser

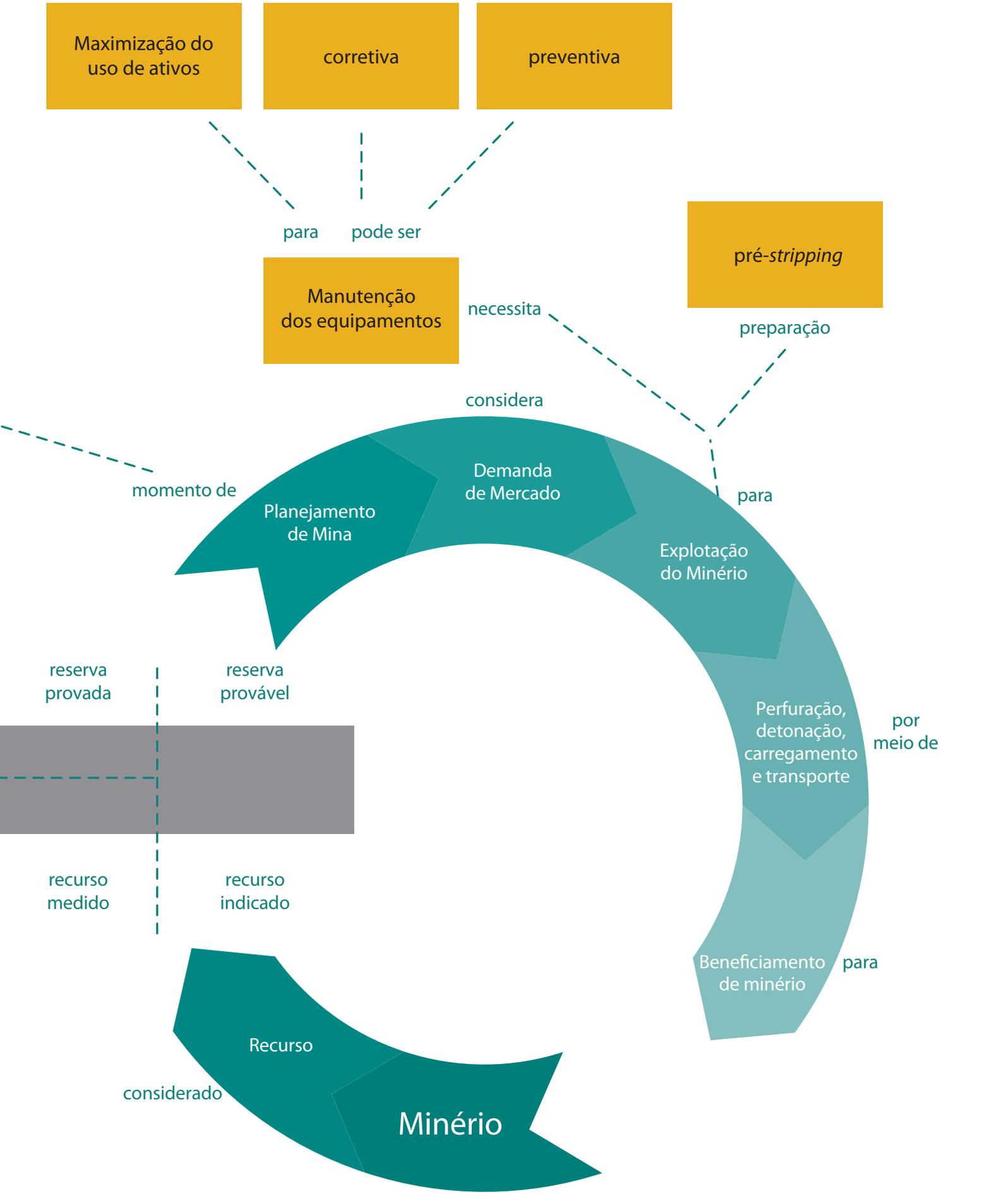
necessita

preparação

para

por meio de

para





# Uma cidade chamada Brucutu



# Conheça a mais nova menina dos olhos da Vale

Para alguns, Brucutu é uma palavra empregada para denominar alguém não muito bonito ou mesmo grosseiro. Mas, de acordo com o dicionário, pode ser também aquele veículo – muitas vezes temido – usado em repressões a passeatas e manifestações. Em Minas Gerais, mais precisamente em São Gonçalo do Rio Abaixo, cerca de 100 km da capital Belo Horizonte, o nome ganha um significado mais nobre. É sinônimo de uma “cidade” que gira em torno de uma única atividade econômica: a produção de minério de ferro.

São quase nove quilômetros quadrados que abrigam mais de dois mil empregados diretos e de empresas contratadas, além de escritórios, restaurante, almoxarifado, oficina mecânica, posto de abastecimento e um sistema de transporte de ônibus para os trabalhadores que moram nas cidades próximas, como Santa Bárbara, Barão de Cocais, João Monlevade, Itabira e a própria São Gonçalo do Rio Abaixo.

Uma estrutura capaz de colocar essa “cidade” em funcionamento 24 horas por dia, em três turnos de trabalho, com uma carga horária de oito horas por turno, 365 dias por ano.

- » 9,4 km
- » 3 turnos de trabalho
- » 8 horas por turno
- » 4 turmas

Uma “cidade” que gira em torno de uma única atividade econômica: a produção de minério de ferro.

## Gigante por natureza

Com um investimento de US\$ 1,1 bilhão, a mina se expandiu em 2003. Até então, a produção variava entre 1,6 milhão e 2 milhões de toneladas de minério, menos de 10% da produção atual de 30 milhões de toneladas por ano. O volume de minério em Brucutu pode ser traduzido pela quantidade de vagões necessários para o transporte – aproximadamente 1.200 – de 80 toneladas cada, todos os dias. A relação estéril/minério de Brucutu é considerada uma das melhores para a Vale: 0,4 tonelada de estéril para cada tonelada de minério retirada.

A mina é considerada a segunda maior do Brasil, com movimentação em torno de 50 milhões de toneladas, – e a terceira do mundo, capaz de disputar palmo a palmo de minério com Carajás, até então a grande campeã nacional, que no início de sua operação produzia 15 milhões de toneladas por ano e hoje alcança a marca de 250 milhões, com previsão para atingir 450 milhões em 2020.

A empresa faz pesquisa geológica para descobrir se há mais minério a lavrar em Brucutu. Se houver mercado, poderá ampliar a planta, que já está, inclusive, preparada para uma nova expansão. A mina de Brucutu está dividida em cinco partes e apenas as duas primeiras estão sendo lavradas.

A expansão de Brucutu acontece em função da forte demanda do mercado, puxada, sobretudo, pela China, atualmente o maior importador mundial. Só em 2006, sua indústria siderúrgica consumiu aproximadamente 300 milhões de toneladas do minério de ferro importado. Já em 2010, o consumo de minério de ferro transoceânico foi de 620 milhões de toneladas.

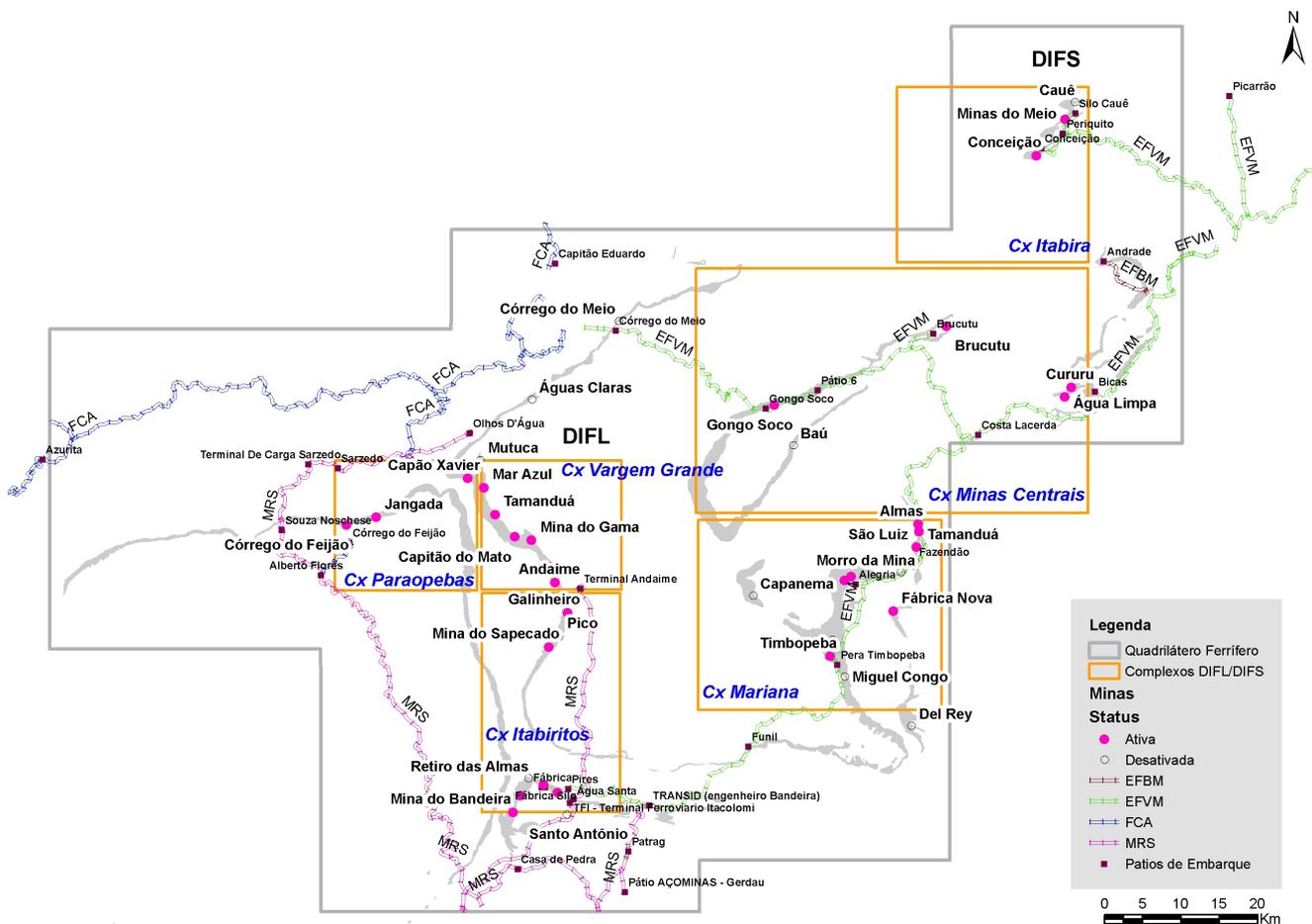
# A mina das minas

Brucutu está localizada no quadrilátero ferrífero e integra o complexo de minas centrais da Vale, que compreende as minas de Água Limpa, Gongo Soco, Dois Irmãos, Apolo e Baú, atualmente fora de atividade. A história de Brucutu começa em 1972, quando a Mineração Santa Mônica, do Grupo Caemi, conseguiu a concessão de lavra.

Treze anos mais tarde, graças a um arrendamento, a mina passaria a ser operada pela empresa Socoimex. Em 1990, a Vale comprou a titularidade de 1.200 hectares concedidos à mineração Santa Mônica e, quatro anos depois, assumiu definitivamente as operações de lavra de Brucutu.

A empresa faz pesquisa geológica para descobrir se há mais minério a lavar em Brucutu. Se houver mercado, poderá ampliar a planta, que já está, inclusive, preparada para uma nova expansão. A mina de Brucutu está dividida em cinco partes e apenas as duas primeiras estão sendo lavradas.

A expansão de Brucutu acontece em função da forte demanda do mercado, puxada, sobretudo, pela China, atualmente o maior importador mundial. Só em 2006, sua indústria siderúrgica consumiu aproximadamente 300 milhões de toneladas do minério de ferro importado. Já em 2010, o consumo de minério de ferro transoceânico foi de 620 milhões de toneladas.



# O interesse da Vale por Brucutu

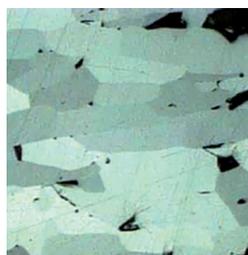
A inexistência de uma ferrovia própria – a empresa pagava pelo transporte ferroviário – e a baixa capacidade de produção de hematita (minério com alta concentração de ferro) foram os principais fatores para o Grupo Caemi desistir da mina. As desvantagens para a Caemi se transformaram em vantagens para a Vale, que resolveu investir na compra da jazida. Para a Vale, a logística era mais do que favorável: a Companhia era dona da ferrovia Vitória-Minas (EFVM) e Brucutu estava no caminho dos vagões. Um outro fator importante: o itabirito (minério com baixa concentração de ferro) tornara-se alvo dos negócios, desde que, no final dos anos 70, previra-se um futuro de escassez para a hematita.

Hoje, após novas campanhas de sondagem feitas pela Vale, já se sabe que a mina possui reservas de 577 milhões de toneladas – 37 milhões de hematita e 540 milhões de itabirito, proporcionando uma vida útil até 2023.

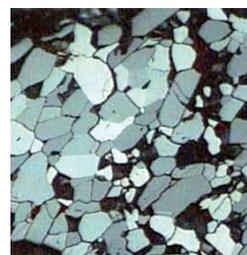
## Para Saber Mais Sobre a Expansão

- » 2003 – início das obras de expansão.
- » Julho/2006 – início da operação.
- » 130 mil metros cúbicos de concreto foram gastos na obra, o equivalente a três estádios do porte do Mineirão.
- » A obra também consumiu 14.800 toneladas de aço, suficientes para construir duas torres Eiffel.
- » 6 mil pessoas (funcionários da Vale e de empresas terceirizadas) trabalharam na expansão.
- » A mina tem 2,5 mil empregados, próprios e de empresas contratadas.
- » Investimento: US\$ 1,1 bilhão.
- » Cerca de 500 jovens da região foram admitidos por meio do Programa de Formação Profissional.
- » A área de ocupação por escritórios, instalação de empreiteiras e escoamento de produção mede cerca de 2,5 quilômetros de extensão.

**Hematita**



**Itabirito**





## Evolução de produção de Brucutu

### Para saber mais sobre a expansão

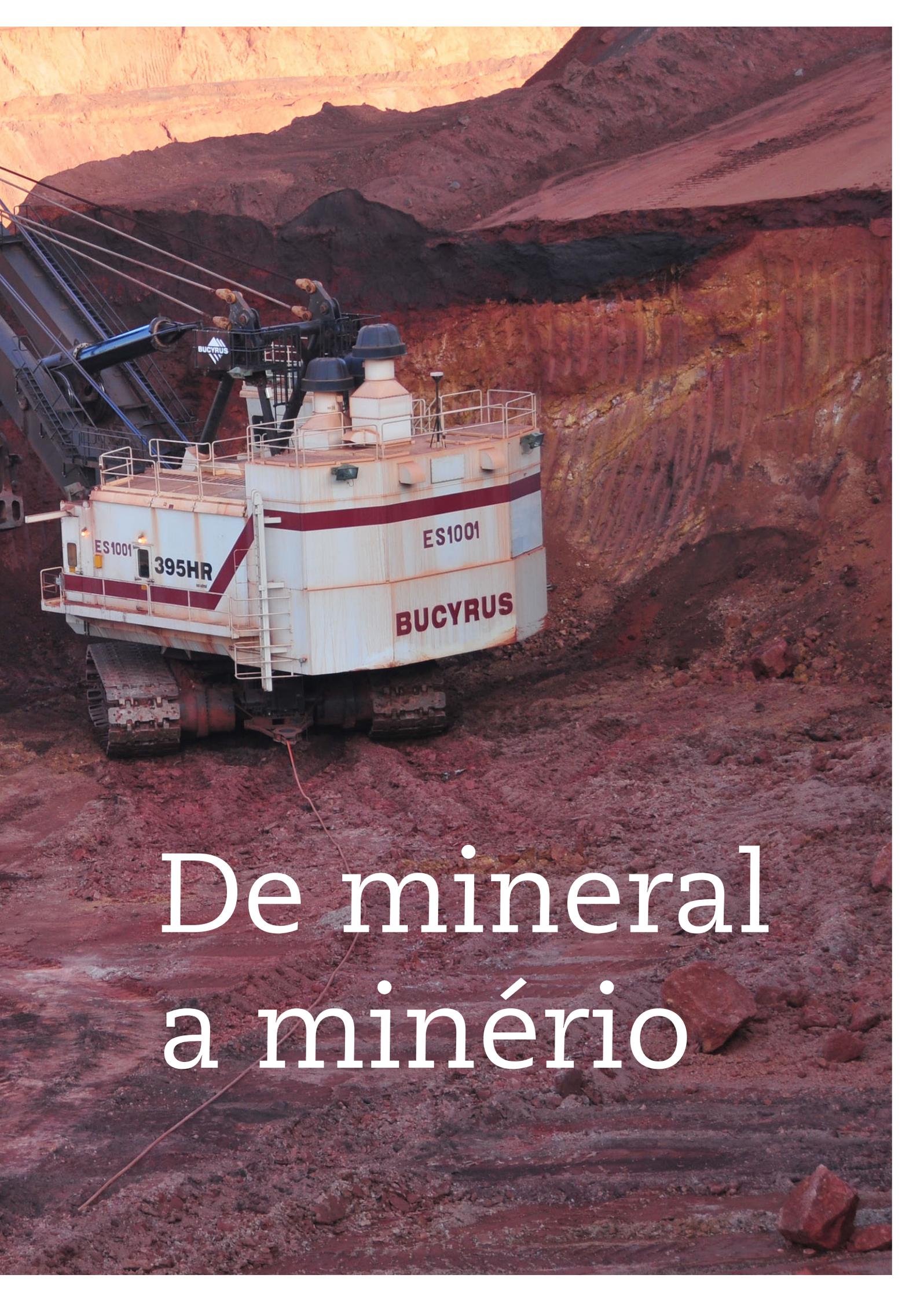
#### História milenar mostra o "DNA" da mineração

Das picaretas feitas de galhos de árvores, em 2.400 antes de Cristo, aos atuais explosivos a base de nitrato de amônio.

A história mostra que a mineração é uma das mais antigas atividades desenvolvidas pelo ser humano. Os romanos, por exemplo, usavam o fogo para rachar a rocha e, assim, liberar o minério. Na Idade Média, a pólvora foi descoberta e passou a ser o explosivo usado na mineração. Até que uma bomba revolucionou a busca por minério: a invenção da dinamite, em 1867, por Alfred Nobel, que acabou por substituir a pólvora. Nascia, então, o avô dos atuais explosivos a base de nitrato de amônio.







De mineral  
a minério

# Saiba como o minério vira dinheiro

Um peixe está no fundo do mar, cai na rede do pescador que o vende para uma indústria de alimentos enlatados. Do mar até a lata, são vários os processos percorridos dentro da indústria até ele deixar de ser um recurso da natureza e se tornar um produto. Os investimentos empregados ao longo da cadeia produtiva determinam que o peixe passa a ser, então, uma reserva da empresa, agora com valor econômico.

A história do peixe – e de sua trajetória até se transformar num produto alimentício pronto para o consumo – tem semelhanças com o processo de transformação do mineral em minério. Do subsolo até a comercialização, são muitas as etapas para a mineradora transformar o minério em produto, com preços competitivos no mercado. Em mineração, recurso significa potencial, enquanto reserva é a realidade, ou seja, está disponível para ser usado.

Em Brucutu, por exemplo, as reservas foram avaliadas por sua antiga proprietária com sondagem de pouca profundidade, em torno de 100 metros. Mas, para se chegar à atual marca de 737 milhões de toneladas, a Vale precisou fazer novas sondagens, dessa vez de grande profundidade. Com isso, a empresa triplicou as informações sobre a formação ferrífera da região. Foram cerca de 10 km sondados e ainda faltam mais seis.

Em mineração, recurso significa potencial, enquanto reserva é a realidade, ou seja, está disponível para ser usado.

## O que é recurso

Material disponível em quantidade e qualidade adequadas para o uso industrial, mas que não foi submetido a uma avaliação econômica.

## O que é reserva

Recurso disponível para lavra. Poderá ser produzido economicamente, desde que alguns fatores sejam considerados: tecnologia, custos, demandas do mercado e preços atuais competitivos.

# Prospecção de depósitos minerais

Como você viu no primeiro módulo do curso, a sondagem é um dos métodos diretos de prospecção e, também, uma das etapas da pesquisa geológica, uma espécie de ultrassom da mina.

Em tempo: a prospecção de depósitos minerais é uma operação que exige grande conhecimento de ciências da Terra e emprega diversificadas tecnologias e técnicas, como a geologia de campo, a geofísica, a geoquímica e o geosensoriamento.



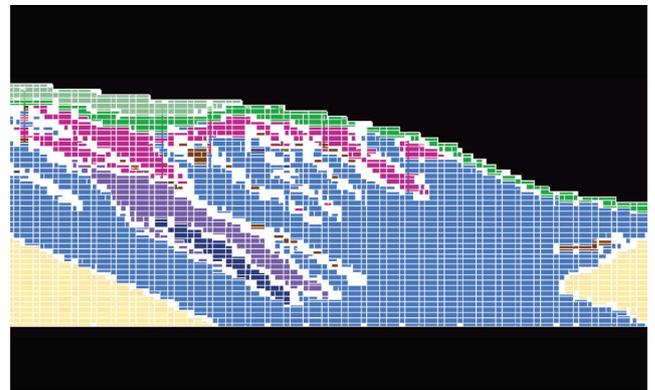
# Avaliação de recursos e reservas

Veja algumas das etapas para a avaliação dos recursos e definição de reservas.

## Sondagem

De volta à sondagem, o método mais comum é o que utiliza furos de sonda com broca de diamante (FSD) para perfurar o subsolo e assim permitir ao geólogo conhecer, por exemplo, o tamanho dos depósitos investigados.

Os furos são feitos com intervalos – o tamanho dos espaçamentos é, geralmente, determinado pelo tipo de minério que se pretende investigar – e o conjunto deles forma a chamada malha de sondagem. As brocas de diamante entram no subsolo, cortam as rochas e recolhem amostras (cilindros do material) também conhecidas entre os especialistas como testemunhos de sondagem – a “identidade” do minério. A partir desse material, o geólogo separa o que é e o que não é formação mineralizada. O que é formação mineralizada segue para o laboratório para que os testemunhos possam ser submetidos às análises mineralógicas, química, física e mecânica/metalúrgica.

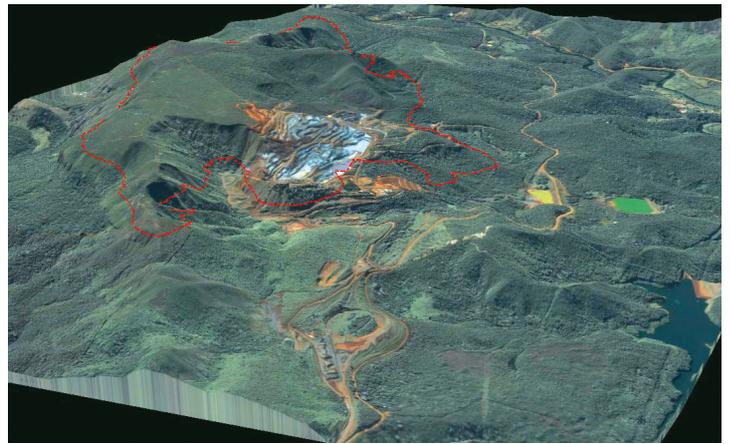


## Banco de dados de informações geológicas

Com as informações obtidas a partir das análises do geólogo e do laboratório, será formado um Banco de Dados de Informações Geológicas. Trabalhados a partir de diversas áreas do conhecimento, como a matemática aplicada, a estatística e a geoestatística, esses dados possibilitam a avaliação dos recursos e a determinação das reservas. O Banco de Dados de Informações Geológicas é a base de todo o sistema de avaliação do depósito mineral, pois contém informações cruciais: os teores de ferro, sílica, alumina, fósforo e manganês (no caso de minério de ferro), a profundidade do minério, as diferentes litologias, a distribuição granulométrica, as recuperações, a perda por calcinação e as propriedades metalúrgicas, bem como suas posições dentro dos furos de sonda (perfil do furo). As informações serão tratadas em *softwares* específicos que interpretam os dados para que o corpo geológico possa ser delineado tridimensionalmente.

## Modelamento geológico

O resultado das informações tratadas em *softwares* vai formar o chamado Modelamento Geológico, etapa que vai ainda identificar descontinuidades geológicas, fazer o cálculo dos volumes e das massas do minério e também do estéril. O processo é refeito a cada um ou dois anos, em função das informações frequentemente geradas numa mina.



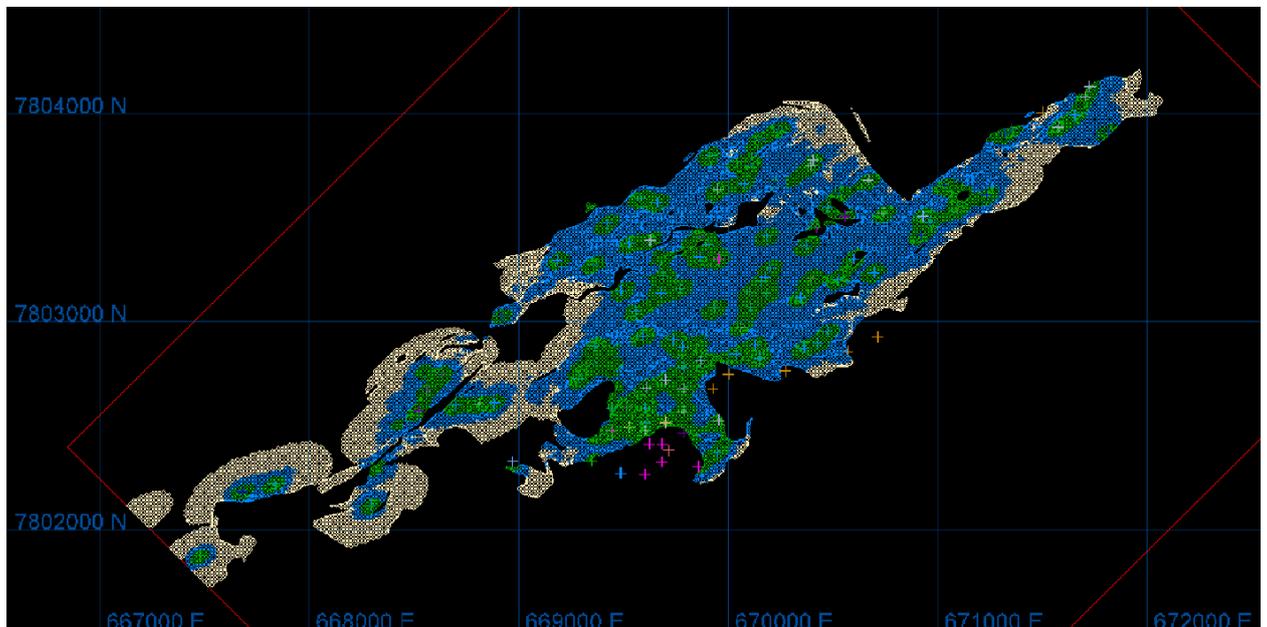
Determinação de densidade *in situ*

## Empolamento

Um outro atributo geológico é o empolamento, o quanto o minério é capaz de aumentar de volume depois de retirado da mina. O objetivo dessa verificação é não só dimensionar corretamente os equipamentos de carga e de transporte da mina mas também os demais equipamentos necessários nas instalações de tratamento de minério.

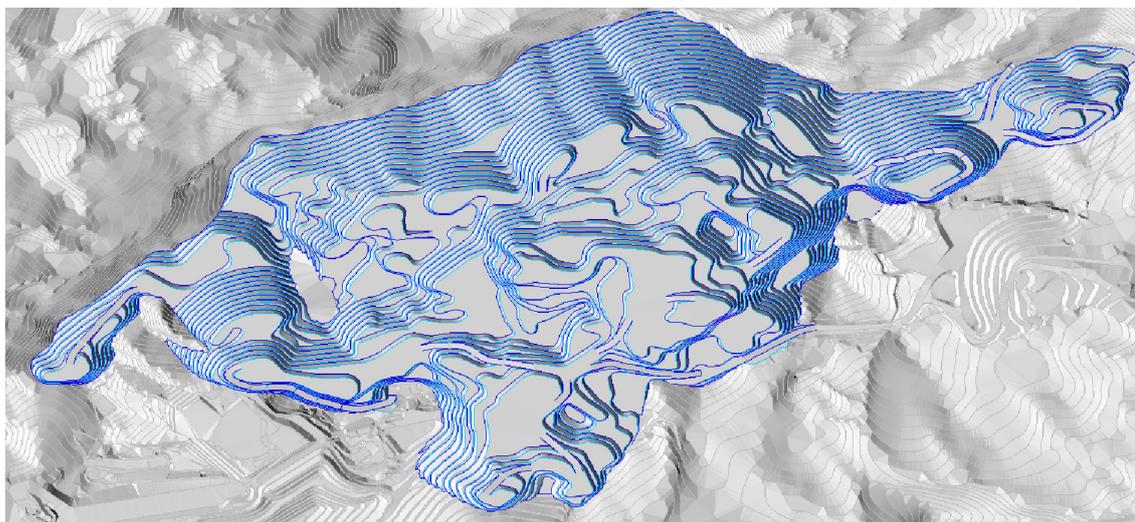
## Determinação de densidade *in situ*

A “marca” do minério também é definida por outros fatores como, por exemplo, a densidade, por meio da chamada determinação de densidade *in situ*, ou seja, no local.



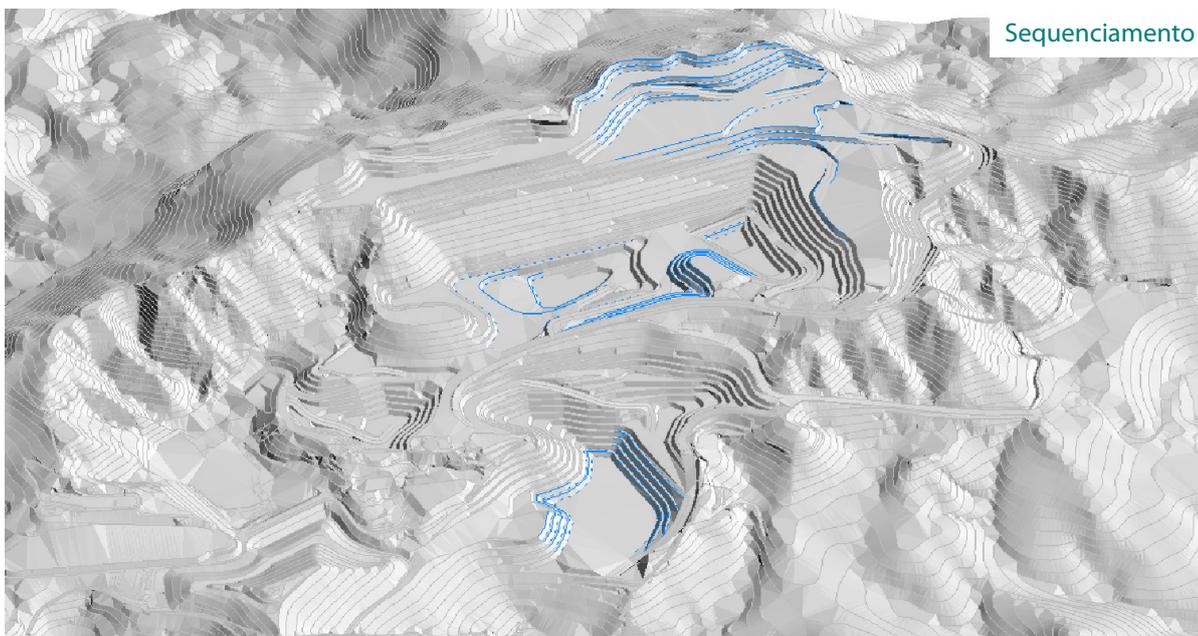
## Modelo de blocos litológicos

Na extensa “linha de montagem” na qual o minério deixa de ser recurso e se torna reserva, a qualificação das características físicas e químicas do material faz parte do modelo de blocos geológicos. Em função do nível de informação existente, os recursos são classificados em três categorias: medido, indicado e inferido. O recurso medido possui muito mais informações sobre as qualidades do minério do que o indicado e, conseqüentemente, o indicado tem mais do que o inferido. O recurso medido pode se converter em reserva provada e o indicado, em reserva provável. Já o inferido não se converte em reservas, permanecendo como recurso até que novas pesquisas demonstrem a viabilidade econômica para a transformação desse recurso em reserva. Tudo isso, claro, levando-se em consideração a utilização de tecnologia adequada e, principalmente, a demanda do mercado.



## Otimização e operacionalização de cavas

Para o minério se transformar em reserva, é necessária a otimização e operacionalização de cavas, ou seja, a determinação do local onde a cava deve ser aberta. A proposta é chegar a uma boa relação custo-benefício.



## Sequenciamento

Até este ponto, porém, o minério que se encontra na jazida ainda não é considerado reserva. É preciso fazer o sequenciamento de lavra – a demonstração da viabilidade econômica da exploração do depósito mineral. Nessa etapa, são verificados os seguintes dados: ano, volume de minério e estéril e qualidade, tudo o que gera fluxo de caixa comparado aos investimentos em equipamentos utilizados na operação da mina. Ou seja, a constatação de que a produção é viável do ponto de vista econômico, se vale a pena ou não iniciar a lavra do depósito para extrair o minério.

## Sequenciamento Plurianual

O sequenciamento plurianual, como o próprio nome diz, determina a geometria da mina a cada ano: o quanto é necessário transportar, a quantidade de caminhões e, ainda, a distância média de movimentação do minério e do estéril, que costuma ficar estocado na área do projeto e, muitas vezes, é reutilizado no seu fechamento.

## Modelo hidrogeológico e balanço hídrico

Outros itens importantes capazes de influenciar no custo final do produto são o modelo hidrogeológico e o balanço hídrico: ambos relacionados com a água presente no maciço e com o trabalho necessário para a sua retirada, um processo geralmente caro por causa, por exemplo, do bombeamento. A água é um fator importante nas operações de lavra, sendo necessária a sua eliminação parcial para a perfeita condução dessas operações. Quanto maior o volume de água presente no maciço rochoso (formação ferrífera), maior será o número de poços necessários para o seu bombeamento e, conseqüentemente, maiores serão os custos de lavra.



## Setorização Geotécnica

Uma etapa importante é a caracterização geotécnica dos diferentes maciços rochosos que constituem a área de lavra. Pela geotecnia são definidos os ângulos de estabilidade de taludes que serão aplicados às paredes da cava. Um ângulo mal dimensionado pode ocasionar acidentes com perdas materiais, humanas, podendo levar até a interdição das operações.

## Auditoria de reservas

Em qualquer mina, há também a necessidade de realização da auditoria de reservas, uma segunda opinião (de uma empresa externa) quanto às reservas declaradas pela Vale. As empresas de auditoria endossam as declarações das companhias de mineração sobre suas reservas. Um dos motivos é possibilitar, entre outros aspectos, a negociação das ações da empresa nas bolsas de valores internacionais, dando credibilidade e transparência às informações sobre a saúde da empresa.

### O que é Cava?

Grandes aberturas a céu aberto de onde se faz a lavra do minério. A cava mais comum é a que forma bancadas e ganha essa característica porque divide as diversas camadas de rochas em níveis horizontais.



# Planejar é preciso





# O passo a passo do plano para "resgatar" o minério do fundo da terra

Uma vez definido o que é reserva, é o momento de planejar a forma como o minério será retirado da jazida: a exploração.

E como não existem duas minas iguais, assim como uma impressão digital, o planejamento leva em conta as diversas características daquilo que somente será chamado de mina quando for dada a largada para o início da operação. Fique por dentro dos itens mais importantes de um planejamento de lavra de uma mina.

## O que é exploração:

Fique atento com o termo exploração. Uma expressão muito comum em mineração, mas sem o mesmo significado de exploração. Exploração de minério é sinônimo de lavra de minério.

## O que é lavra:

Entende-se por lavra o conjunto de operações coordenadas, cujo objetivo é o aproveitamento industrial da jazida, desde a extração das substâncias minerais úteis até o beneficiamento.

## Planejamento de lavra

O Planejamento de Lavra é o projeto de evolução da mina, uma espécie de roteiro do que será realizado. Ele prevê os equipamentos, a quantidade de mão de obra e os custos inerentes à operação. O planejamento original costuma sofrer constantes adaptações porque, à medida que a mina é lavrada, novas informações se tornam disponíveis, havendo, sempre, necessidade de ajustes.

Assim, antes de dar início às atividades de lavra, é necessário projetar as transformações que a mina sofrerá no espaço e no tempo. Os profissionais especializados em projetos elaboram, então, três tipos de planos para a operação da mina: o de curto, o de médio e o de longo prazo.

### Plano de curto prazo

O Plano de Preparação da mina é considerado um dos planos de curto prazo. Ele programa os trabalhos a serem realizados antes de começar a produção, de modo a prover condições para o início da atividade. Este plano consiste, principalmente, em se projetar as estradas

de ligação das frentes de lavra ao britador primário, a área de disposição do estéril e as praças iniciais de operação das escavadeiras. A limpeza mínima necessária para o início da produção também é prevista nessa etapa.

O plano do primeiro ano de produção é também um plano de curto prazo, sendo elaborado com finalidade de provar a viabilidade do programa de produção proposto. A ideia é prever as necessidades para a consecução do plano e programar, com a antecedência necessária, os meios indispensáveis ao cumprimento do projeto.

### Plano de médio prazo

Os planos de médio prazo correspondem do quinto ao décimo ano de produção e são necessários para a visualização da evolução da lavra. Nestes planos, há a probabilidade – já prevista – de uma pequena margem de erro. Eles evidenciam as mudanças que a mina sofrerá ao longo de sua vida, permitindo o dimensionamento dos equipamentos e, conseqüentemente, os investimentos e custos operacionais.

## Plano de longo prazo

O plano de longo prazo é o que avalia a mina até a sua exaustão. A proposta é sequenciar a reserva com capacidade para ser lavrada, determinar o volume de estéril a ser removido e, ainda, avaliar a quantidade de estéril a ser retirada, comparada com a quantidade de minério (Relação Estéril/Minério – REM).

O planejamento vai definir também os limites da cava, impedindo, assim, a construção de obras permanentes dentro desses limites. A ideia é prever também as vias de acesso necessárias.

## De olho no mercado

No planejamento de uma mina, a demanda do mercado é levada em consideração porque toda exploração de minério é feita de acordo com contratos já negociados ou em função das demandas não contratadas de mercado (flutuações). Por isso, é praxe que nenhuma mina seja aberta se não houver um contrato de comercialização dos produtos. Ou seja, não se produz primeiro para vender depois. Os investimentos e possíveis oscilações nos preços são alguns dos fatores que impedem a abertura de uma mina sem a existência de um mercado firme.

## O que são frentes de lavra:

São os locais onde ficam estacionados os equipamentos de carga, como as escavadeiras e as pás-carregadeiras, para que os caminhões possam ser carregados com o minério retirado da frente de lavra (cava).

## Britador primário:

É o primeiro equipamento dentro do processo de tratamento de minérios. Sua função é fragmentar as rochas retiradas da frente de lavra (cava).

## Praça:

É uma área que precisa ser bem ampla, para que as escavadeiras ou pás-carregadeiras possam se movimentar e fazer o carregamento dos caminhões nas frentes de lavra.





Caminhão fora de estrada

## Dimensionamento de frota

O dimensionamento da frota de uma mina é um dos mais importantes itens do planejamento, por causa do forte impacto que a aquisição e a manutenção dos equipamentos têm nos investimentos. Só para se ter uma ideia, um caminhão fora de estrada pode custar até US\$ 3 milhões e levar dois anos para ser construído e entregue no seu destino (leia o *box* sobre o Rei das Minas). A importância do carregamento e do transporte na indústria mineral é fundamental. O crescimento da eficiência e da disponibilidade física dos equipamentos permite elevar o desempenho da mina, reduzindo custos e aumentando a produção. A seleção e o dimensionamento da frota estão intimamente ligados às características do minério. A tipologia do minério e do estéril limita os métodos e os equipamentos a serem utilizados. O número de frentes de lavra e a altura dos bancos também influenciam, principalmente, a escolha dos equipamentos de carga.

## Show do bilhão

Os investimentos envolvidos nas operações de minas de grande porte ultrapassam a casa dos bilhões de dólares. É o caso de Brucutu, que investiu US\$ 1,1 bilhão na expansão de suas operações. A frota da mais nova menina dos olhos da Vale foi dimensionada a partir da comparação com os modelos de planejamento de outras minas, como Itabira. Os técnicos avaliaram quesitos como a distância média do transporte, o tempo de carregamento e de descarga do minério e elaboraram, por similaridade, a lista dos equipamentos necessários para Brucutu. Números que, certamente, sofrerão reavaliações, em função de o planejamento ter no dinamismo uma característica essencial.

Os equipamentos de lavra são divididos em duas categorias:

### Principais

São os equipamentos encarregados de realizar os trabalhos diretos de produção, como escavadeiras e caminhões fora de estrada.

### Auxiliares

Não têm responsabilidade direta nos trabalhos de produção, mas são indispensáveis no processo. O dimensionamento dos equipamentos auxiliares é feito a partir da observação de trabalhos similares em outras minas. São eles: perfuratrizes, caminhões-pipa, tratores, motoniveladoras (mais conhecidos como patrol) e camionetas, usadas no transporte dos engenheiros, geólogos e técnicos que trabalham na mina.



### A frota de Brucutu

- » 15 caminhões fora de estrada com capacidade para transportar 240 toneladas de minério cada;
- » 6 carregadeiras com caçamba com capacidade para 38 toneladas;
- » 1 escavadeira hidráulica com caçamba com capacidade para 55 toneladas;
- » 4 caminhões-pipa para irrigação;
- » 2 perfuratrizes grande porte;
- » 1 perfuratriz médio porte;
- » 7 tratores de esteira;
- » 2 tratores de rodas;
- » 4 motoniveladoras.

### Disponibilidade Física

A disponibilidade física é um outro item crucial na elaboração do planejamento. Ela determina o quanto os equipamentos estão realmente disponíveis para a operação da mina, sendo a disponibilidade passível de quedas à medida que a frota envelhece. Se a produção cresce, permanece constante, ou ainda se a proporção de retirada de estéril comparada à de minério aumenta, há a necessidade de, ao longo do tempo, refazer a previsão de desmobilização de equipamentos velhos e a incorporação de novos. Sabe-se que em determinada fase da mina será necessária a troca de um equipamento, porque o fabricante fornece um histórico da vida útil. Mas, enquanto a substituição não acontece, entra o trabalho da equipe de manutenção, responsável por colocar caminhões, escavadeiras e equipamentos auxiliares trabalhando a todo vapor, o máximo possível de horas dentro da mina. Para isso, existem dois tipos de manutenção: a preventiva, que ocorre segundo o programado, e a corretiva (no caso de quebra). Esta última deve ser evitada, porque acontece sem nenhuma programação, onerando muito os custos operacionais.

### Banco de dados de equipamentos

A Vale possui um banco de dados para saber em quais minas os equipamentos estão alocados e para onde podem ser transferidos. Um exemplo da importância dessa movimentação é o uso de equipamentos já bastante desgastados em minas em fase de exaustão. Por outro lado, há momentos em que é preferível trocar a frota, pois a manutenção pode acabar aumentando – e muito – os custos da produção. A empresa procura fazer esses ajustes para minimizar os custos de investimento e maximizar a receita.

No entanto, em alguns casos, maximizar a receita significa também aumentar gastos. Pode acontecer, por exemplo, de uma mina que estava fadada a ter suas operações encerradas ganhar novo fôlego e mais um ano de exploração. A questão para os gestores será manter um equipamento desgastado ou comprar um novo? Mais uma vez, a relação custo-benefício estará na pauta de discussões. Faz-se, então, uma análise econômica e verifica-se a possibilidade de usar um pouco mais o equipamento antigo, mesmo desgastado, e ter o custo operacional aumentado. Neste caso, a compra de um equipamento novo pode não ser uma boa solução, já que o investimento em um ativo que dura em média 20 anos é alto e a mina, em breve, deixará de existir.

## Indicadores-chave de desempenho

Disponibilidade física, utilização e produtividade são indicadores-chave usados para mensurar a produção. Com base neles é possível avaliar se uma área está ou não trabalhando adequadamente. Para compreender melhor esses indicadores vamos fazer uma comparação com um meio de transporte, o táxi.

### Disponibilidade Física

O profissional do volante só ganha dinheiro quando o carro está em movimento, “rodando”, como eles mesmos dizem. De modo geral, há três situações em que a performance do táxi pode ser afetada. Carro parado na oficina é a primeira delas. No caso dos equipamentos utilizados na mina, a situação é a mesma. A disponibilidade física indica o tempo que o equipamento está mecanicamente apto para o trabalho. Esse indicador mede a eficiência da manutenção: uma DF alta é sinônimo de eficácia no trabalho das equipes que colocam os equipamentos para funcionar.



### Utilização

O nosso táxi imaginário está agora parado no ponto. A causa, dessa vez, não é um problema mecânico. O motivo é a falta de passageiro para transportar, algo que o profissional do volante não tem como administrar. Os motivos adversos também afetam a utilização dos equipamentos dentro de uma mina. Situações como o almoço do motorista, a fila no britador, o abastecimento e até mesmo a chuva, que torna intransitáveis as praças de operação e as estradas de acesso. A utilização é um indicador-chave de desempenho porque mostra o uso efetivo dos equipamentos, ou seja, o percentual das horas disponíveis para a operação que foram realmente trabalhadas.



### Produtividade

De volta ao táxi, é a vez de o motorista avaliar o quanto ele pode ganhar de acordo com os percursos percorridos. Nesse ramo, quanto mais vezes o taxímetro for colocado para girar, mais dinheiro entra. Ao contrário do que muita gente pensa, para o taxista não é bom negócio encarar um trânsito lento, mesmo que o taxímetro esteja girando. É preferível concluir um percurso em poucos minutos. Uma simples operação matemática explica o conceito: mais horas disponíveis resultam em mais passageiros atendidos. Se em apenas uma hora o motorista consegue realizar dois percursos, temos uma boa produtividade do veículo. Vamos, então, pensar que o motorista pegou um engarrafamento e fez apenas uma corrida em seis horas. Já no dia seguinte, foram dez no mesmo período. A produtividade, certamente, foi mais alta nesse dia de trabalho. Na mina não é diferente. Verifica-se o quanto um caminhão é capaz de produzir num determinado número de horas. Nesse caso, a distância média de transporte (DMT), a carga transportada e a velocidade média são fatores determinantes da produtividade.



Existe outro indicador-chave muito usado chamado **Rendimento Operacional** que é o produto da disponibilidade física pela utilização.

## Minério liberado

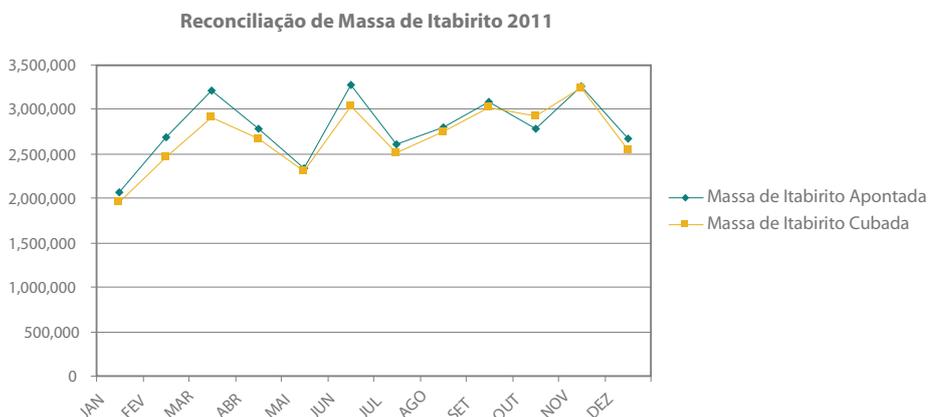
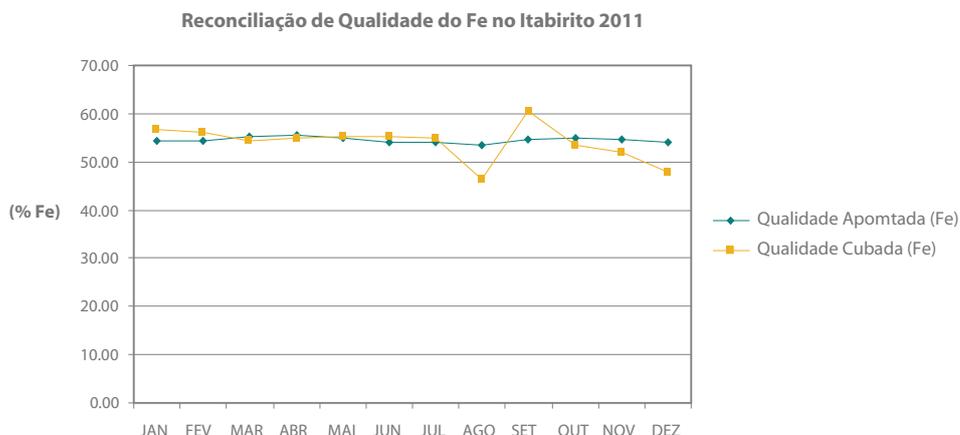
O minério liberado é o material que está pronto para produção. O plano de lavra precisa prever que, a cada fim de ano, exista um determinado número de toneladas de minério liberado. É a garantia de que a produção de uma mina terá como “cobrir” o trabalho de outra, caso haja um imprevisto. Em caso de acidente, por exemplo, a empresa costuma avaliar se as outras minas são capazes de suprir a necessidade anual de minério de toda a Companhia.

## Reconciliação

Como em mineração reservas são geradas a partir de furos de sonda, há a necessidade de se fazer a reconciliação, ou seja, uma comparação do que foi previsto no modelo de blocos de curto prazo utilizado no planejamento de lavra, com o material efetivamente lavrado na mina.

Quando a produção varia, para maior ou menor, em relação ao previsto, há a necessidade de se verificar a fonte geradora desse erro, uma vez que está se perdendo a previsibilidade e eventualmente alguma possibilidade de ganho.

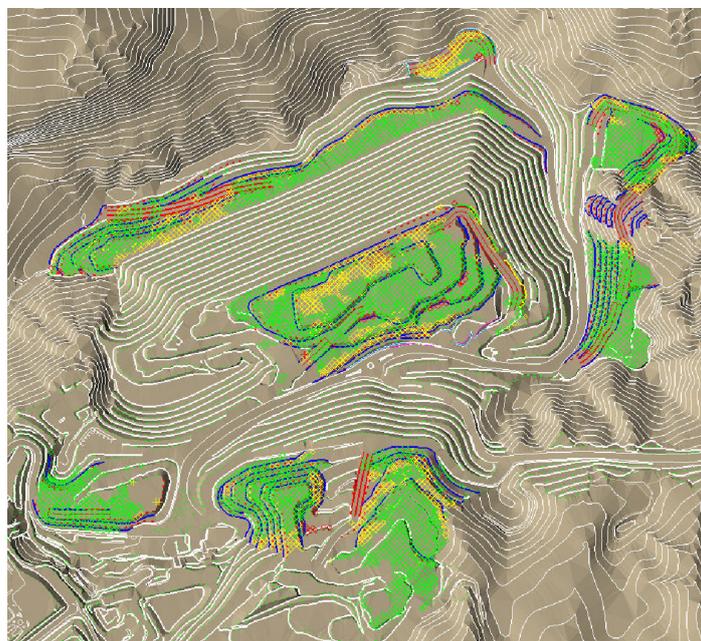
No caso da produção ficar maior surge a possibilidade de melhora nos resultados operacionais bem como da redução das necessidades de investimentos. No caso da produção ter sido menor, corre-se o risco de não se alcançar as metas de produção do período. Gasta-se tempo na busca e viabilização dos recursos necessários, que podem resultar no aumento dos custos operacionais orçados.





## Aderência geométrica e mássica

A aderência geométrica e mássica corresponde à relação entre o volume de material projetado e o volume de material efetivamente retirado de uma determinada frente de lavra.





# Operação de Mina



# Principais etapas do negócio

A operação de mina é aquela na qual a mineradora pode perder ou ganhar muito dinheiro. Qualquer centavo economizado se transforma em milhões na produção final. Por isso, é necessário elaborar um detalhado planejamento de lavra e decidir o melhor método para extrair do fundo da terra o ator que desempenha o papel principal nas siderúrgicas mundiais: o minério de ferro. Conheça agora as principais etapas da operação de lavra.

## Métodos de lavra

A opção pelo método de lavra depende de fatores como o tipo de minério, a profundidade da jazida, sua forma geométrica e a escala de produção pretendida. A lavra a céu aberto em bancadas – vista do alto ganha um formato de um cone invertido – é o processo mais utilizado nas jazidas de grandes dimensões, sendo o mais comum no Brasil e o mais praticado pela Vale. Há duas formas de se lavar por bancadas: em encostas ou em cavas. A primeira, como o próprio nome diz, ocorre em jazidas localizadas em encostas e, à medida que há o aprofundamento, a mina poderá passar a ser lavrada em cava, grande abertura abaixo da superfície. Embora um processo não seja condição para a execução do outro, essa é uma situação muito frequente: começar em encostas e terminar em cava. Contudo, o inverso é praticamente impossível. Brucutu é uma das minas da Vale que aplicam o método de lavras por bancadas em encostas e tem hoje bancos com cerca de 10 metros de altura.



É necessário elaborar um detalhado planejamento de lavra e decidir o melhor método para extrair do fundo da terra o minério de ferro.



## Vantagens e desvantagens da lavra a céu aberto

A alta produtividade, a produção em grande escala e a boa estabilidade dos taludes (inclinações), são algumas das vantagens do método de lavra por bancadas. Já as condições climáticas, a geração de poeiras, as vibrações e os ruídos, a formação de grandes pilhas de estéréis e a construção de barragens de rejeitos fazem parte da lista dos tópicos desfavoráveis. A lavra por bancadas, assim como em outros

métodos, deve atender às exigências ambientais – federal, estadual e municipal – em vigor. O planejamento prevê, obrigatoriamente, medidas que possam minimizar as consequências da atividade mineradora, como a suavização da topografia, o monitoramento das barragens de rejeitos (para não contaminar rios e riachos próximos), das pilhas de estéril e também das vibrações e dos ruídos.

# A lavra a céu aberto



Os métodos de lavra a céu aberto são classificados em dois grupos: mecânicos e hidráulicos. No primeiro, são usados equipamentos mecânicos nas operações de lavra por bancadas e por tiras. O processo mecânico é o mais frequente na exploração de minérios, como o ferro, o carvão, a bauxita e o caulim. As pedreiras produtoras de brita e as de rochas ornamentais, como o mármore, o granito e a ardósia, também utilizam métodos mecânicos.

Já os métodos hidráulicos usam água ou soluções nas operações de lavra. Estão enquadradas nesta segunda metodologia as seguintes formas de lavra: por desmonte hidráulico, dragagem, por furos de sonda e por lixiviação, técnica que aplica solventes químicos e até mesmo bactérias em seu processo.



# Mina subterrânea

No cinema, ela já foi o lugar preferido de roteiristas e diretores para o desenvolvimento de tramas cheias de suspense e aventura. Longe da ficção, a mina subterrânea é mais um método de exploração de minérios, como o ouro, o cobre e o carvão. Ao todo, são seis os métodos de lavra mais comuns neste tipo de jazida: *longwall*,

câmaras e pilares, subníveis, corte e enchimento, recalque e abatimento por subníveis e por blocos. O tipo de minério e das rochas, a espessura, a distribuição de teores, a escala de produção e, ainda, a profundidade e a geometria da jazida são fatores decisivos na escolha do método a ser aplicado.





## Conservação de estradas, praças e sistemas de drenagem

Os principais processos utilizados na operação de uma mina são perfuração, detonação, carregamento e transporte. A conservação de estradas, praças e sistemas de drenagem tem uma relação direta com o bom funcionamento desses quatro processos de operação de mina. São inúmeros detalhes, nada pequenos, que

fazem a diferença na contabilidade final. Uma estrada mal projetada, por exemplo, tende a diminuir a velocidade média do caminhão e, conseqüentemente, a produtividade do equipamento. Tende, também, a contribuir para uma menor disponibilidade física em razão de maior proporção de quebras.



## Cuidados ao projetar a mina

As estradas devem ter de 3 a 3,5 vezes a largura do veículo mais largo que transita no local. Os acessos precisam estar bem conservados e adequados ao tamanho dos caminhões e ao volume de tráfego, sem falar numa boa drenagem e nos caminhos livres de detritos.

Recomendações também aplicadas para as curvas – que devem ser largas (grande raio de curvatura) e permitir uma boa visibilidade – e para as rampas, geralmente projetadas com uma inclinação máxima (10%) fornecida pelo fabricante do caminhão, para minimizar o número de mudanças de marcha durante o percurso.

Em Brucutu, a expansão da mina exigiu a abertura de novas estradas, o alargamento das pistas – a largura passou de 10 para 35 metros – e a duplicação do tamanho das leiras (elevação de terra próxima à crista, que aumenta a segurança). A preocupação com a segurança também fez parte do planejamento. Os caminhões que circulavam pela mina, antes da expansão, eram menores e, por isso, foi necessário melhorar o campo de visão do operador, com a revisão dos acessos e com alterações na sinalização.

## Sistemas de drenagem

Na lavra em encosta, a drenagem deve ser feita banco a banco. Em cada um deles, é construída uma canaleta para coletar a água das chuvas e também a água infiltrada que aflora no próprio banco. A técnica, que simplifica a operação e reduz custos por trabalhar com a gravidade, permite o escoamento para um sistema central de captação d'água.

O mesmo procedimento pode ser aplicado no método de lavra em cava. Nesse caso, apenas o processo de escoamento é diferente. A água é direcionada para um poço equipado com uma estação de bombas flutuante no seu ponto mais profundo. Desta estação, a água é bombeada para fora da cava, podendo ser reutilizada em outros processos.



# Poeira: inimiga que ronda as minas

A poeira é um outro problema que deve ser minimizado. Caminhões-pipa jogam água nas estradas impedindo, assim, que ela suba e prejudique a saúde dos trabalhadores, dos moradores das regiões próximas e, ainda, que danifique os equipamentos, provocando corrosão ao penetrar nas suas partes móveis.

A água também serve para resfriar o chão quente e diminuir o aquecimento dos pneus dos caminhões. Afinal, pneu quente desgasta com mais rapidez e perde vida útil. No entanto, a equipe de segurança alerta: água em excesso torna as pistas escorregadias e, conseqüentemente, atrapalha a movimentação da frota. É preciso moderação.

O Patrol é um outro companheiro de trabalho do caminhão-pipa. Cabe a ele a missão de manter praças, estradas e acessos nivelados para garantir a boa circulação dos equipamentos de carga.



Aspersão de vias na mina

## Pré-stripping

Na lavra em encosta, a drenagem deve ser feita banco a banco. Em cada um deles, é construída uma canaleta para coletar a água das chuvas e também a água infiltrada que aflora no próprio banco. A técnica, que simplifica a operação e reduz custos por trabalhar com a gravidade, permite o escoamento para um sistema central de captação d'água.



## A importância da manutenção dos equipamentos

Além do pré-stripping, a manutenção dos equipamentos é um outro processo que não pode deixar de ser realizado durante a operação da mina. A falta de uma manutenção adequada faz com que o equipamento se torne inoperante antes do tempo previsto. Negligenciar a manutenção é sinônimo de queda na disponibilidade física dos equipamentos, com impacto negativo sobre a produtividade.



Oficina de manutenção

# Maximização do uso de ativos

A manutenção precisa garantir a maximização do uso de ativos. E maximizar não é o mesmo que usar até o limite, porque essa prática destrói o equipamento e coloca em risco um ativo da empresa. O tipo de manutenção e a frequência com que ela deve ocorrer são determinados pelo fabricante. Quando um caminhão é comprado, o fornecedor garante uma disponibilidade física em torno de 95% no primeiro ano e 91-93% no segundo. À medida que os anos passam, a curva potencial de uso do equipamento sofre queda. Caso a manutenção não seja realizada adequadamente, a curva tende a cair com mais rapidez.

## Os prejuízos causados pela manutenção inadequada

Um exemplo de como esse processo pode atrapalhar a produção final é quando o mercado demanda, a área comercial vende e isso exige o aumento na produção. No meio do caminho, a equipe de manutenção alerta para a necessidade de parar o equipamento, pois ele pode não suportar. Enquanto isso, a produção diz que precisa do mesmo equipamento para produzir, criando um impasse. A tendência é a produção ganhar a queda de braço, já que tem que entregar o minério, sob o risco de quebrar

cláusulas contratuais e até mesmo sofrer multas. Os equipamentos de uma mina que necessitam de manutenção permanente são aqueles usados intensamente, como caminhões, tratores, escavadeiras e carregadeiras. Precisam passar por uma manutenção corretiva frequente, algo geralmente imprevisível e que pode acontecer num período de produção máxima. Uma medida que deve ser evitada (como você viu na etapa de dimensionamento de frota) por diminuir a disponibilidade física do equipamento.

### O uso dos ativos

Veja alguns indicadores que demonstram a má utilização de ativos.

- » Quando uma escavadeira possui uma capacidade de carregamento muito grande em relação ao caminhão, ela o danifica porque, no momento em que abre a caçamba, prejudica a estrutura e a resistência do caminhão.
- » Quando uma escavadeira demora muito tempo para carregar o caminhão, provoca um ciclo muito grande na operação de carregamento. O caminhão acaba parado, quando deveria estar trafegando.
- » Quando uma mina utiliza quatro caminhões e só precisa de três, ocorre a situação inversa, que também reflete uma má utilização de ativos.

# O futuro da mineração







## Fique por dentro das novidades da mineração

Uma tendência para o futuro da mineração é o trabalho em jazidas a céu aberto, com teores de minério cada vez mais baixos e escalas maiores de produção. A exploração de jazidas subterrâneas mais profundas também deve aumentar. Aliada a essas mudanças deve vir também um compromisso com a reciclagem de materiais e com o conceito de desenvolvimento sustentável.

Essas e outras perspectivas estão intimamente relacionadas à utilização intensa de tecnologias avançadas, com alto grau de automação nos processos e nos equipamentos. Em mineração, tecnologia significa aumento das escalas de produção e ganhos de produtividade na lavra e no tratamento de minérios. Segundo especialistas, tarefas repetitivas ou que representem alto risco à saúde e à integridade física dos trabalhadores tendem a ser automatizadas.

As futuras mudanças na mineração terão impacto na formação da mão de obra. Acredita-se que será necessária uma maior qualificação profissional de todos os trabalhadores, com a significativa diminuição de funções pouco qualificadas.



1951 - Mina do Cauê

# Veja algumas inovações tecnológicas da Vale



Tesoura hidráulica adaptada a escavadeira para cortar pneus, agilizando o processo de reciclagem dos pneus.



Simulador de recuperadora de roda de caçambas. A tecnologia reproduz, em ambiente 3D e de forma detalhada, o processo de recuperação dos granéis sólidos.



Sistema de lavagem de caminhões robotizado. A Vale desenvolveu, em Carajás, sistema para lavar caminhões fora de estrada.



Uma máquina coloca os dormentes sobre a linha em Colinas, Tocantins.



Maquinário do Navio Vale Brasil.



# Caminhão fora de estrada





## As aventuras de um gigante ameaçado

Com altura aproximada à de um prédio de dois andares e um reservatório que comporta quatro mil e quinhentos litros de óleo diesel, o caminhão fora de estrada é um dos mais importantes equipamentos envolvidos na operação de uma mina. Capaz de carregar até 380 toneladas na caçamba, a máquina gigante tem pneus que medem mais de três metros de altura. Se considerarmos 1,70 m como a estatura média do brasileiro, precisaríamos de dois adultos em pé, um em cima do outro, só para alcançarmos o topo do pneu.

Antes de conhecer melhor esse gigante da mineração, vale dizer que, caso você se interesse pelo veículo e queira ter um exemplar em casa, vai precisar de uma garagem de mais de 12 metros de comprimento, cerca de sete metros de largura e com altura de mais de seis metros. Uma mega garagem para um mega caminhão!

Capaz de carregar até 380 toneladas na caçamba, a máquina gigante tem pneus que medem mais de três metros de altura.

# Um gigante que precisa de cuidados

Os caminhões fora de estrada não são fabricados no Brasil, vêm dos Estados Unidos. São entregues diretamente no local em que vão operar e podem custar até US\$ 3 milhões. O prazo de entrega varia de um a dois anos após a realização do pedido. Além da complexidade na fabricação de um veículo de grande porte, outro fator que contribui para esse longo intervalo até a entrega do equipamento é o transporte. O caminhão, que vem desmontado, é transportado por navio e por trem.

E só quando chega ao local de operação o processo de montagem pode ser iniciado. As peças menores e os subcomponentes médios (cabine, cilindros, tanques e suspensões) chegam em contêineres e são colocadas no chassi que, por sua vez, é recebido já com motor, transmissão e eixos instalados. A caçamba – parte fundamental do gigante das minas – vem completamente desmontada e é soldada e armada antes da instalação. Todo o processo para juntar as partes e organizar o grande “quebra-cabeças” do caminhão dura de sete a 10 dias, com grande mobilização de mão de obra.

Uma vez em operação, o caminhão fora de estrada pode rodar até 200 km por dia na mina. A cada intervalo de 500 horas de operação, a máquina precisa ir para os boxes para a revisão. O óleo é inteiramente trocado, e os filtros de ar, de óleo e de combustível também são substituídos. Além disso, são feitas inspeções na suspensão, algo fundamental para uma máquina que carrega tanto peso.

Quando o veículo completa duas mil horas de operação, uma nova pausa é feita. Nessa fase da manutenção, troca-se o óleo do sistema hidráulico e o óleo dos eixos. Com quatro mil horas de trabalho, é a vez das válvulas do motor do caminhão sofrerem os primeiros ajustes. E, por volta das dez mil horas de uso, é realizada uma inspeção e o motor pode ser inteiramente substituído de acordo com o resultado dessa checagem.

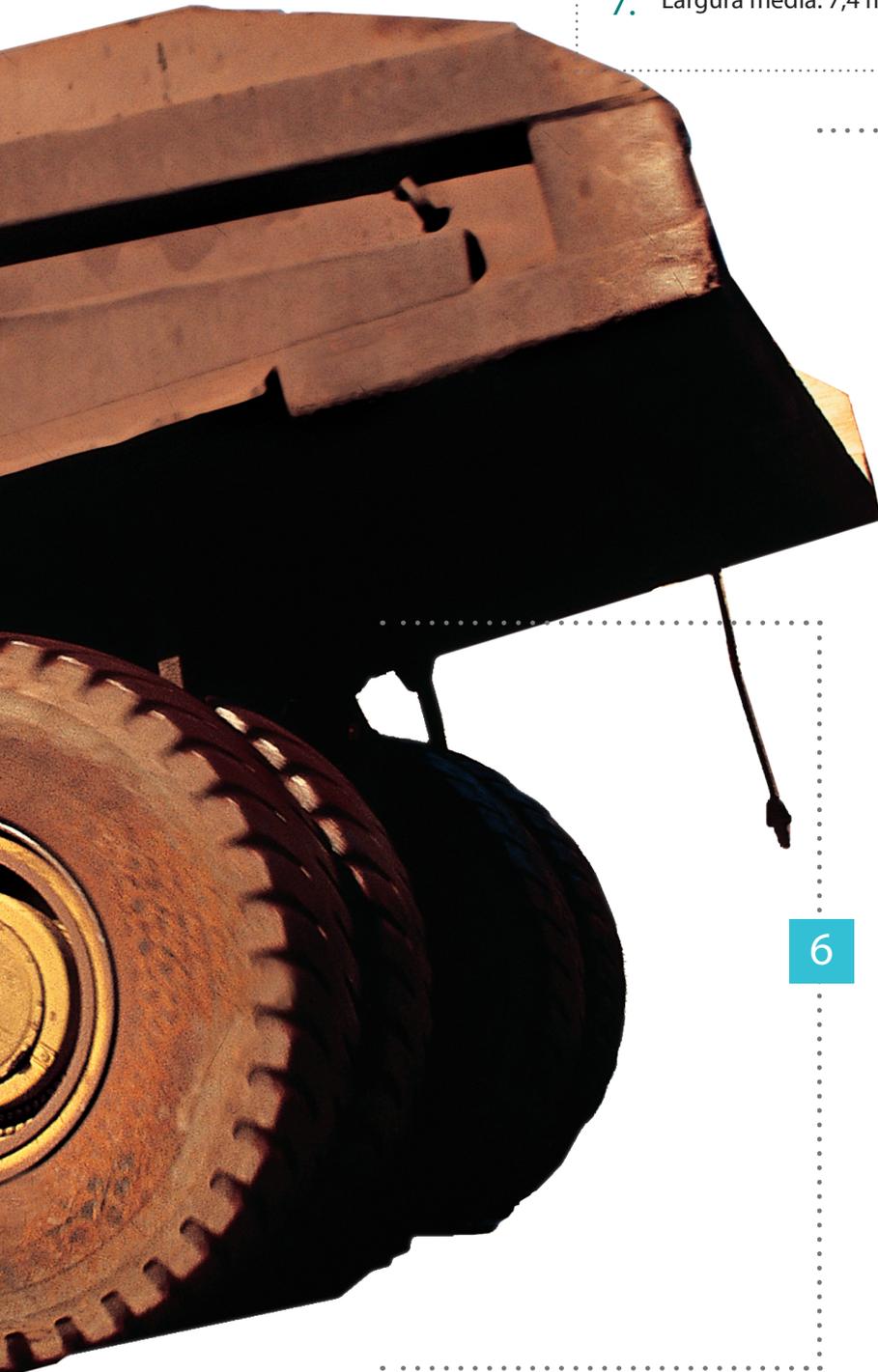


A cada intervalo de 500 horas de operação, a máquina precisa ir para os boxes para a revisão.

# O raio X da supermáquina



1. Capacidade média de carga desse caminhão: 380 toneladas
2. Altura média: 6,4 metros
3. Combustível utilizado: óleo diesel
4. Capacidade do reservatório de combustível: 4500 litros
5. Comprimento médio: 12,8 metros
6. Tamanho dos pneus: 3,3 metros de diâmetro
7. Largura média: 7,4 metros



7

6



Altura  
média do  
brasileiro:  
1,70 m

## Por dentro do trânsito

Dentro da mina, a prioridade de tráfego é dos caminhões de serviço. A orientação é clara: qualquer outro veículo deve parar e aguardar a passagem dos gigantes. Uma questão de segurança, já que a cabine dos caminhões está situada a aproximadamente quatro metros do solo. Lá de cima, enxergar qualquer carro – ou mesmo um pedestre – é uma missão difícil.

Para facilitar essa tarefa, está disponível um sistema computadorizado no qual câmeras – guiadas por controle remoto – fazem às vezes do bom e velho retrovisor. Mas o *cyber-retrovisor* não é muito comum nas minas, o que vale mesmo é a experiência dos condutores.



## Pilotando a máquina

O responsável por guiar esse veículo passa por um rigoroso processo de preparação e treinamento. Enquanto em qualquer autoescola comum é possível aprender a dirigir fazendo um pacote de dez aulas práticas de cerca de 50 minutos cada, além de algumas poucas sessões teóricas, com o caminhão fora de estrada a história é outra. São necessários quarenta dias – cerca de 250 horas – até que o candidato a motorista possa concluir a jornada e, assim, ser aceito – ou não – no seletor rol dos pilotos dessa supermáquina. O treinamento também inclui uma semana de aulas teóricas.



O simulador de caminhão fora de estrada é usado no treinamento dos motoristas que trafegam nas minas exploradas pela Vale.



Carregamento de minério na mina

## Um gigante em extinção

Em alguns casos, é vantajoso substituir os gigantes caminhões fora de estrada – de até US\$ 3 milhões – por modelos convencionais. O objetivo da troca é reduzir os custos. Os caminhões rodoviários têm preços relativamente mais baixos, além de custos de operação e manutenção muito menores.

Produzidos no Brasil, os caminhões têm capacidade para transportar até 40 toneladas e sofreram pequenas adaptações, como reforço nos sistemas de suspensão e de frenagem. Um modelo rodoviário custa entre R\$ 400 mil e R\$ 700 mil.

Itabira:  
foi lá onde  
tudo começou





# A cidade que faz parte da história da mineração

Itabira, berço da Vale, mostra vigor ao expor os números de sua produção. São cerca de 46 milhões de toneladas de minério extraídas a cada ano. Pelos seus 12 quilômetros de extensão, operam 56 caminhões fora de estrada todos os dias; afinal, é a maior unidade de produção de minério de ferro da Vale no Sistema Sul, perdendo apenas para Carajás. O complexo de Itabira reúne as minas de Cauê e Conceição, cada uma produzindo, em média, 23 milhões de toneladas.

Para entender a importância da mineração na história do município de Itabira, um passo fundamental é decifrar o significado da palavra – de origem tupi – usada para dar nome à cidade. Pedra que brilha seria a tradução mais adequada para o nome desse município que deu ao mundo toda a poesia de Carlos Drummond de Andrade. Localizada no coração de Minas Gerais, a 102 quilômetros de Belo Horizonte, Itabira começou a ser conhecida como um povoado, em 1720. E já desde o início do século XVI há registros de atividades ligadas à mineração – e o ouro era o objeto da cobiça dos recém-chegados ao local. No século XVIII, pequenas companhias de mineradores, utilizando-se de mão de obra escrava, começaram a atuar na região. Era o começo do 2º ciclo do ouro, que se estendeu até meados do século XIX. E no século XX, nos

anos 1940, duas décadas depois de se emancipar de Ouro Preto, a chegada da Vale confirmou a vocação secular de Itabira para as atividades relacionadas à mineração.

Quando a Vale assumiu as lavras, em 1942, a extração ficava perto de 1,5 milhão de toneladas por ano. Parece pouco, se compararmos aos números atuais. Mas as atividades da Companhia causaram impacto na economia do município e ajudaram a mudar a cara de Itabira.

Mais de seis décadas depois do início das operações em Itabira, a realidade é bem diferente. O complexo se tornou um exemplo de como os processos envolvidos em mineração podem ser desenvolvidos com mão de obra terceirizada, metade dos quatro mil trabalhadores que atuam nas minas de Cauê e Conceição é de empresas contratadas pela Vale.

Pedra que brilha seria a tradução mais adequada para o nome desse município que deu ao mundo toda a poesia de Carlos Drummond de Andrade.

Trem de Passageiros da EFVM





|                             |  |
|-----------------------------|--|
| <b>A cidade</b>             | <b>109.864</b> habitantes – Fonte: IBGE  |
| <b>Área total da cidade</b> | <b>1254.49</b> km <sup>2</sup>   |
| <b>Produção</b>             | <b>40,2</b> milhões de toneladas minério/ano   |
| <b>Extensão da mina</b>     | <b>12</b> km (2 minas)   |
| <b>Mão de obra</b>          | <b>4272</b> trabalhadores da Vale e <b>3749</b> de empresas contratadas (total de <b>8.021</b> trabalhadores).   |
| <b>Frota</b>                | <ul style="list-style-type: none"><li>» <b>78</b> caminhões fora de estrada</li><li>» <b>8</b> caminhões fora de estrada adaptados para irrigação (umidificação) das estradas</li><li>» <b>2</b> caminhões fora de estrada adaptados para abastecimento (combustíveis) dos outros equipamentos</li><li>» <b>7</b> pás carregadeiras</li><li>» <b>14</b> escavadeiras</li><li>» <b>17</b> perfuratrizes grande porte</li><li>» <b>19</b> tratores de esteira</li><li>» <b>8</b> tratores de pneus</li><li>» <b>9</b> motoniveladoras</li><li>» <b>1</b> <i>motoscraper</i></li><li>» <b>10</b> retros (escavadeira hidráulica compacta)</li><li>» <b>5</b> pás mecânicas</li><li>» <b>2</b> carretas para transporte de equipamentos</li><li>» <b>16</b> caminhões de pequeno porte</li><li>» <b>4</b> caminhões <i>Drag Line</i></li><li>» <b>4</b> caminhões de pequeno porte para transporte de anfo</li><li>» <b>4</b> caminhões de pequeno porte atendimento elétrica de rede</li><li>» <b>9</b> caminhões <i>Munck</i></li><li>» <b>2</b> caminhões de pequeno porte sonda</li><li>» <b>1</b> caminhão de pequeno porte caçamba</li></ul> |





# São Gonçalo do Rio Abaixo

# A transformação de uma cidade com a chegada de Brucutu

Erguida às margens da Estrada Real, caminho construído pelos portugueses para o escoamento de ouro e pedras preciosas extraídas em Minas Gerais, São Gonçalo do Rio Abaixo se tornou um município em 1962. Na época, a cidade sede, Santa Bárbara, deixou o morro da Lagartixa para a vizinha mais nova. Ninguém poderia imaginar que aquela grande área improdutiva, outrora sob a batuta da Igreja Católica e dona de uma considerável lista de ex-proprietários, seria, no futuro, a menina dos olhos da cidade. Ou melhor, a mina dos olhos da cidade: Brucutu.

E assim, abençoada pela natureza, a pequena cidade, distante 84 quilômetros de Belo Horizonte, pode-se dizer orgulhosa de sediar a mina. Embalado pelo ciclo do minério e na esteira da expansão da mina de Brucutu, o município, com cerca de 9,7 mil habitantes, viu seu orçamento crescer – em 2010, o aumento da receita foi de 40%.

## Entenda a CFEM

Criada no início da década de 1990, a Compensação Financeira sobre Exploração Mineral – a CFEM – é de 2% no caso do minério de ferro e incide sobre o valor do faturamento líquido com as vendas – a receita da comercialização depois de deduzidos tributos e despesas com transporte e seguro.

Ninguém poderia imaginar que aquela grande área improdutiva, seria, no futuro, a menina dos olhos da cidade. Ou melhor, a mina dos olhos da cidade: Brucutu.





### Só quem viu pode contar

Jonas é Técnico em Agrimensura e Engenharia de Minas e atua como engenheiro no Planejamento de Curto Prazo na mina de Brucutu desde março de 2005, acompanhando o crescimento da mina desde sua primeira fase.

“Iniciei minhas atividades em Brucutu como Topógrafo. No começo de 2006 tive o privilégio de participar do *start-up* da usina, que produziu cerca de 12 milhões de toneladas/ano no primeiro semestre e 24 milhões de toneladas/ano no segundo.

Foi um período gratificante, pois conheci muitos amigos – alguns permanecem até hoje em Brucutu – que me incentivaram a iniciar o curso de Engenharia de Minas. Alguns anos depois me tornei, com muito orgulho, Projetista frente à Topografia de Brucutu, fazendo parte de uma equipe de alta performance.

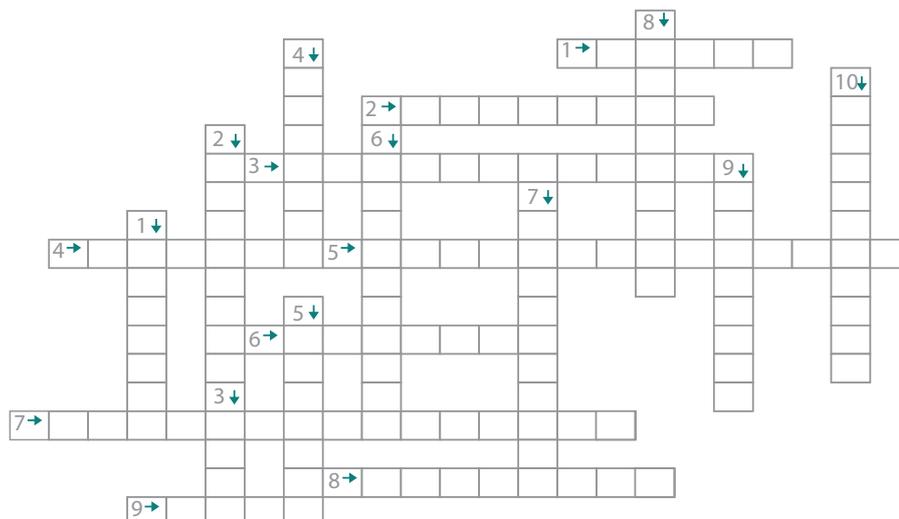
No final de 2010, me formei em Engenharia de Minas, fato que trouxe muito orgulho para a minha família. O exercício dessa função aconteceu em meados de 2011, o que me deixou muito satisfeito pelo reconhecimento por anos de empenho e trabalho. Sinto-me feliz de participar deste projeto, mas não parei por aqui! Estou, atualmente, cursando o Mestrado em Engenharia Mineral.

Enfim, sinto muito orgulho de pertencer ao quadro de funcionários da Vale. Exerço minha função com prazer e honra, buscando sempre reinventar e inovar. E, por isso, agradeço aos meus amigos, companheiros de trabalho e gestores por “comprarem minhas ideias” e contribuírem para meu crescimento profissional e acadêmico.”

# Atividades

## 1. Avaliação de Recursos e Reservas – de mineral a minério

A história do peixe ajudou bastante na compreensão do processo de transformação do mineral em minério. Mas, é preciso ressaltar algumas diferenças, como o ditado “caiu na rede, é peixe!”, que não se enquadra tão bem quando o assunto é mineração. O processo de avaliação de recursos e reservas envolve muitas etapas que, algumas vezes, se entrelaçam como nas cruzadas abaixo.



### Na horizontal

- 1 Conjunto de operações coordenadas que conduzem a exploração mineral.
- 2 O recurso não é diretamente convertido em reserva.
- 3 Atributo de qualidade que determina o quanto o minério é capaz de inchar.
- 4 O recurso que pode se converter em reserva provada.
- 5 Etapa na qual são verificados o ano, o volume de minério, sua qualidade e o volume de estéril.
- 6 Bem mineral disponível em quantidade e qualidade adequadas para o uso industrial, mas que não foi submetido a uma avaliação econômica.
- 7 Conjunto de furos de sonda no subsolo.
- 8 A mina só entra nesta etapa após o planejamento.
- 9 Grandes aberturas na superfície, por onde se faz a lavra do minério.

### Na vertical

- 1 Por meio do Modelamento Geológico seu volume e massa também são calculados.
- 2 O recurso que pode se converter em reserva provável.
- 3 O Modelo Hidrogeológico é fundamental para sua retirada da mina.
- 4 Por meio da sondagem, sua profundidade e seus teores são avaliados.
- 5 Recurso disponível para lavra, que pode ser lavrado economicamente.
- 6 Um dos métodos é a sondagem.
- 7 Estudo especializado sobre procedimentos, instrumentos e objetos próprios de qualquer técnica, arte ou ofício.
- 8 Outras empresas endossam as declarações das companhias de mineração sobre suas reservas.
- 9 Carrega até 240 toneladas de minério de ferro.
- 10 Extrair proveito econômico de recursos naturais.

## 2. Planejamento de Mina – projetando o presente e o futuro

O que você responderia se alguém perguntasse quais são seus planos para daqui a 30 anos?

Organizar a rotina de trabalho para a semana seguinte ou um programa para o fim de semana, já é uma missão quase impossível. Temos mesmo muito que aprender com quem está à frente do Planejamento de Mina!

Então, vamos começar dividindo esse projeto em três fases:

- 1 Curto Prazo
- 2 Médio Prazo
- 3 Longo Prazo

Agora, basta completar as lacunas abaixo e mostrar que, pelo menos, de planejamento de mina você entende!

- ( ) Avalia a relação de tonelada de estéril a ser retirada, comparada com a quantidade de minério.
- ( ) Projeto de estradas de ligação das frentes de lavra aos britadores primários.
- ( ) Planeja os limites da cava.
- ( ) Projeta as mudanças que a mina sofrerá ao longo de sua vida.
- ( ) Planeja o primeiro ano de produção com a finalidade de provar a viabilidade do programa de produção proposto.
- ( ) Projeta o dimensionamento dos equipamentos.
- ( ) Programa a área de estocagem do estéril.
- ( ) Plano de avaliação da mina até a sua exaustão.
- ( ) Programa as praças iniciais de operação de escavadeiras.

### 3. Operação de Mina – a hora da verdade

Para quem ainda está se sentindo um pouco perdido, chegou o momento de se situar.

Afinal, quando o assunto é Operação de Mina o tema “dinheiro” está em questão!

Resolva o desafio na próxima página preenchendo as lacunas com os termos perdidos no caça-palavras.

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D | R | O | P | T | R | B | C | N | U | H | F | G | K | L | O | N |
| M | I | N | E | R | I | O | D | E | J | Y | G | D | S | D | G | B |
| X | B | M | R | I | D | L | Ç | D | F | Y | Ç | A | A | R | R | X |
| V | N | G | F | O | K | T | A | R | P | O | R | F | R | U | J | D |
| C | B | W | U | F | I | S | D | A | T | I | D | S | I | J | F | J |
| E | X | E | R | M | A | X | I | S | E | A | J | Y | E | K | E | T |
| U | D | D | A | I | X | A | Z | D | I | R | I | U | D | O | X | D |
| A | J | B | Ç | N | U | Ç | A | F | E | G | O | Ç | A | L | P | H |
| B | T | E | Ã | P | O | V | J | A | D | S | A | A | G | P | O | K |
| E | D | S | O | S | A | Y | J | I | O | E | Ç | O | E | U | S | H |
| R | H | D | A | C | D | Ç | G | U | S | D | A | O | R | H | I | Y |
| T | K | T | S | R | F | U | S | A | V | A | C | D | R | G | Ç | R |
| O | H | E | D | F | R | A | I | N | U | B | A | E | A | F | A | T |
| G | Y | K | O | Ã | Ç | A | N | O | T | E | D | P | C | R | O | I |
| F | R | E | R | T | I | U | K | S | R | K | F | G | F | G | K | G |
| I | T | U | N | A | D | O | A | Ç | N | E | T | U | N | A | M | P |
| H | I | O | U | C | S | G | F | H | A | Z | O | L | J | W | I | J |
| A | G | P | I | D | O | F | D | I | Ç | X | Ç | I | P | Y | P | O |
| E | P | Y | E | F | D | S | E | D | P | L | E | J | G | U | A | G |
| N | J | O | D | T | V | E | T | R | A | N | S | P | O | R | T | E |
| A | O | A | S | O | C | I | N | A | C | E | M | A | I | N | E | R |
| R | D | C | M | E | D | P | L | U | S | C | D | C | M | E | D | P |
| R | T | X | N | D | R | U | E | L | E | V | T | X | N | O | I | U |
| E | K | V | F | S | A | I | T | I | P | C | K | S | F | S | A | I |
| T | F | H | R | E | I | K | J | C | I | E | F | H | R | V | I | K |
| B | U | P | K | Y | P | O | G | O | R | Ç | D | P | K | Y | A | O |
| U | T | Q | J | G | F | T | C | S | G | H | T | Q | B | G | F | T |
| S | D | W | O | T | N | E | M | A | G | E | R | R | A | C | O | A |

O tipo de \_\_\_\_\_, a profundidade da \_\_\_\_\_, sua forma geométrica e a escala de produção pretendida são fatores importantes na decisão pelo método de lavra que será adotado na mina.

O processo mais comum no Brasil, e o mais utilizado em jazidas de grandes dimensões, é a lavra a \_\_\_\_\_ em bancadas. Existem duas formas de se lavar por bancadas: em \_\_\_\_\_ ou em \_\_\_\_\_. Já os métodos de lavra a céu aberto são classificados em dois grupos: \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_.

As principais etapas para operação de mina são: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_.

Mas antes que a mina entre operação, é necessária a realização de um *pré-stripping*, que consiste em fazer uma \_\_\_\_\_ de uma parte do estéril, suficiente para iniciar as atividades de lavra.

Para garantir a maximização do uso de ativos, é muito importante que haja uma \_\_\_\_\_ adequada dos equipamentos, garantindo sua disponibilidade física dentro do tempo previsto. Os equipamentos usados mais intensamente são os caminhões, tratores, \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_.

# Glossário

## Aderência geométrica e mássica

Relação entre o volume de material projetado e o volume de material efetivamente retirado de uma determinada frente de lavra.

## Alumina

Denominação do óxido de alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). É um contaminante do minério de ferro.

## Balanco hídrico

Ajuste de fluxos e afluxos de água afluentes e efluentes de uma bacia hidrográfica ou área considerada sob análise.

## Bancada

Local preparado para desmonte de minério ou estéril, por meio de operações de desmonte sucessivas. A lavra a céu aberto é formada por duas superfícies sendo um plano horizontal ou sub-horizontal que constitui o topo da bancada e uma superfície vertical ou fortemente inclinada que constitui a face da bancada. A intersecção da face com o topo da bancada imediatamente inferior ou o fundo da cava é denominado pé da bancada e a área próxima é denominada praça.

## Banco

O mesmo que bancada.

## Barragem de rejeitos

Local de deposição dos efluentes líquidos e sólidos provenientes da usina de beneficiamento ou, em alguns casos, da área da mina.

## Broca

Ferramenta usada na operação de perfuração de rocha. Exerce sobre a rocha a energia transmitida pelas hastes.

## Cava

Abertura na crosta terrestre promovida pela lavra a céu aberto.

## Ciclo

Tempo necessário para um equipamento de carregamento ou transporte executar uma operação completa.

## Concessão de lavra

Autorização concedida pelo DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) para uma empresa lavar um determinado bem mineral.

## Densidade *in situ*

Densidade do minério no próprio local.

## Depósito mineral

Concentração de um ou mais minerais metálicos, que pode ser de interesse econômico a depender de estudos geológicos e do preço internacional de mercado do produto e dos custos associados à sua extração.

## Empolamento

O quanto o minério é capaz de aumentar de volume depois que é retirado da mina não estando mais *in situ*.

## Estéril

Solo ou rocha não mineralizada ou com mineralização inferior a níveis economicamente admissíveis.

## Exaustão

Fase final da vida útil de uma mina, quando não existe mais reserva de minério que possa ser lavrada economicamente.

## Exploração de minério (sinônimo de lavra de minério)

Conjunto de operações coordenadas, cujo objetivo é o aproveitamento industrial da jazida, desde a extração das substâncias minerais úteis até o beneficiamento.

**Furo de sonda**

Furo executado por um equipamento do tipo sonda, com a finalidade de recolher amostras da sub-superfície para posterior descrição e análise.

**Geofísica**

Parte da geologia que consiste em realizar, processar e interpretar as propriedades físicas com o objetivo de aplicação prática às prospecções. As prospecções geofísicas se dividem de acordo com as propriedades, sendo medidas em: magnética, gravidade, sísmica, elétrica, térmica, radioativa.

**Geoquímica**

Ramo da Geologia que estuda a distribuição dos elementos químicos e seu comportamento no planeta (crosta, manto e núcleo) com vistas, em geral, a descoberta de depósitos e jazidas minerais.

**Geosensoriamento**

Método utilizado na pesquisa de um corpo mineral com base em informações fornecidas por imagens aéreas.

**Hematita**

Mineral de óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) com alta concentração de ferro.

**Itabirito**

Rocha bandada, alternando níveis milimétricos a centimétricos de hematita (com ou sem magnetita) com níveis silicáticos, geralmente de quartzo. É um BIF (*banded iron formation*) ou formação ferrífera bandada metamorfisada. Normalmente apresenta baixas concentrações de ferro.

**Jazida ou jazida mineral**

É toda massa individualizada de substância mineral (ou fóssil), aflorante ou existente no interior da crosta terrestre, e que tenha valor econômico.

**Lavra**

Conjunto de operações necessárias à extração industrial de substâncias minerais ou fósseis de uma jazida.

**Litologia**

Tipo de rocha em afloramento ou amostra de mão, sua descrição se baseia em várias características, tais como a cor, textura, estrutura, composição mineralógica ou granulometria (tamanho de grãos).

**Malha de sondagem**

Distribuição dos furos na pesquisa mineral em função das características do corpo mineral.

**Mina**

Jazida em lavra cujo produto tem como características principais suas propriedades químicas ou mineralógicas.

**Mineração**

Atividade econômica relacionada ao aproveitamento racional de jazidas minerais.

**Mineral**

Composto inorgânico natural, sólido, com composição química definida e propriedades físicas características (por exemplo, estrutura cristalina, cor, dureza, brilho, hábito, clivagem).

**Minério**

Qualquer substância mineral da qual se pode extrair economicamente um ou mais metais. Por facilidade de nomenclatura o termo é comumente utilizado para designar qualquer matéria prima mineral.

**Minério liberado**

Material que está pronto para ser lavrado com uma baixa ou nula R/EM (Relação Estéril/Minério).

**Modelamento geológico**

Etapa que vai definir a forma do corpo mineral, identificar descontinuidades geológicas, fazer o cálculo dos volumes e das massas do minério e também do estéril.

**Modelo hidrogeológico**

Esquema representativo dos fluxos e aflusos de água afluentes e efluentes de uma bacia hidrográfica ou área considerada sob análise.

### **Nitrato de amônio**

Composto químico usado na fabricação de explosivos (ANFO).

### **Perda por calcinação**

Diminuição da massa ou volume em função da queima.

### **Pesquisa geológica**

conjunto de estudos conduzidos na área de Geologia, por meio de várias técnicas, com vistas à descoberta e avaliação quali- quantitativa de depósitos minerais. Também denominada pesquisa mineral.

### **Pilha de estéril**

Disposição dos materiais sólidos não aproveitados na lavra de minas.

### **Planta**

O mesmo que usina de beneficiamento de minério.

### **Praça**

Área próxima à face de uma bancada onde se realizam as operações de carregamento e manobra de veículos.

### **Pré-stripping**

É a exposição de uma parte do minério, suficiente para iniciar as atividades de lavra.

### **Prospecção**

Fase inicial da avaliação de uma depósito mineral.

### **Quadrilátero Ferrífero**

Região do Estado de Minas Gerais rica em diversos minerais, com destaque para ferro, ouro e manganês. Recebe este nome porque sua localização em um mapa se assemelha a um quadrilátero. Constitui uma das mais importantes províncias minerais do planeta.

### **Reconciliação**

Comparação do que foi previsto no plano de lavra com o efetivamente realizado.

### **Recurso**

Material disponível em quantidade e qualidade adequadas para o uso industrial, mas que não foi submetido a uma avaliação econômica.

### **Relação Estéril/Minério**

Divisão da quantidade de estéril pela quantidade de minério gerados em uma operação de lavra. Constitui um dos indicadores econômicos mais importantes da lavra de minério.

### **Sequenciamento de lavra**

É a demonstração da economicidade da exploração de um depósito mineral.

### **Sonda**

Máquina para perfuração rotativa utilizada em pesquisa geológica ou em perfurações a grandes profundidades.

### **Sondagem**

Técnica de pesquisa geológica para investigação da sub-superfície que usa equipamentos de perfuração recuperando testemunhos, ou cilindros de rocha, de grandes profundidades.

### **Talude**

Parede lateral de uma cava. Superfície inclinada de um corte em rocha ou solo.

### **Testemunho de sondagem**

Rocha ou solo, na forma cilíndrica, obtidos na operação de sondagem e que é descrito e analisado em laboratório.

### **Tratamento de minério**

É a etapa da atividade mineradora que se segue à Lavra do minério, com o objetivo de prepará-lo para a extração da substância valiosa nele contida (extração do metal, no caso dos minérios metálicos) ou produzir um produto final de valor comercial (no caso de minérios não metálicos ou carvão). Pode ser definido como o conjunto de operações unitárias necessárias ou convenientes para possibilitar a utilização industrial dos bens minerais.



# Agradecimentos

