

PMI-3328
Introdução ao Meio Ambiente e Sustentabilidade na Mineração

Tema 1
**Ciclo de vida de uma mina:
impactos sociais e ambientais**

Luis E. Sánchez

2023



Etapas de vida de uma mina




foto: L.E. Sánchez

Conteúdo

1. Etapas de vida de uma mina
2. Principais atividades desenvolvidas em cada etapa
3. Principais impactos ambientais e sociais
4. Conceitos: impactos, poluição

Estudos de viabilidade: algumas atividades

- **Prospecção e pesquisa mineral**
- Estudos de rota de processo
- Estudos de mercado
- Estudos sobre infraestrutura
- Estudos econômicos e financeiros
- Estudos de viabilidade ambiental
- **Comunicação com investidores, autoridades, comunidades e outras partes interessadas**
- **Obtenção de licenças e autorizações**



fotos: L.E. Sánchez

Etapas de vida de uma mina



A etapa de implantação: algumas atividades

- **Contratação de mão de obra**
- **Construção de vias de acesso e canteiros de obras**
- **Aquisição ou ocupação de terras**
- **Supressão de vegetação**
- **Transporte e armazenamento de equipamentos e insumos**
- **Terraplenagem**
- **Construção civil**
- **Montagem eletromecânica**
- **Desmobilização dos canteiros e da mão de obra**

Final da etapa de implantação

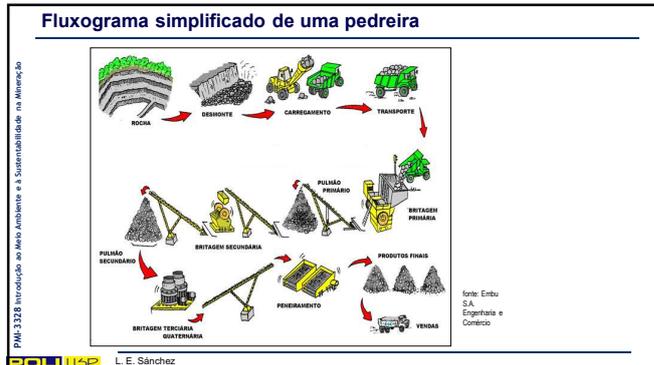
FOLHA DE S. PAULO
 1 de agosto de 2016

'Terra prometida' no Pará vive clima de fim de obra de megaprojeto da Vale

Após 18 meses, a Vale prometeu que o Pará vive o clima de fim de obra de megaprojeto da Vale. O projeto de implantação do complexo de beneficiamento de minério de ferro da Vale em Serra da Fortaleza, no Pará, está chegando ao fim. O complexo será o maior do mundo em termos de capacidade de produção de minério de ferro. O projeto de implantação do complexo de beneficiamento de minério de ferro da Vale em Serra da Fortaleza, no Pará, está chegando ao fim. O complexo será o maior do mundo em termos de capacidade de produção de minério de ferro.

Desmobilização dos canteiros e da mão de obra

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração | L. E. Sánchez



A etapa de operação: algumas atividades

Fonte: Mineração Serra da Fortaleza

- Lavra e beneficiamento de minério ⇄
- Manutenção
- Administração
- Suprimento e armazenamento de insumos e materiais
- Expedição e transporte de minério ou concentrado
- Atividades de apoio (vigilância, limpeza, alimentação etc.)

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração | L. E. Sánchez

Operações unitárias na lavra a céu aberto (1)

- supressão da vegetação
- decapeamento:
 - remoção do solo orgânico
 - transporte e estocagem do solo orgânico
 - remoção do solo de alteração

Fonte: A.C. Neill

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração | L. E. Sánchez

A etapa de operação

Fonte: Protime Projetos Ltda.

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração | L. E. Sánchez

Operações unitárias na lavra a céu aberto (2)

- perfuração e desmonte de rocha:
 - perfurção pneumática ou hidráulica
 - carregamento de explosivos
 - detonação
 - desmonte mecânico / hidráulico / dragagem

Fonte: L. E. Sánchez

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração | L. E. Sánchez

Operações unitárias na lavra a céu aberto (3)

- carregamento de minério e estéril
- transporte de minério e estéril
- descarregamento de minério no britador
- descarregamento de estéril em pilhas
- compactação e ajuste geométrico das pilhas de estéril



Retroscavadora carregando caminhão



Carregamento e transporte de minério



Decapeamento em mina de carvão



Shovel carregando caminhão



Dragline: decapeamento em mina de carvão



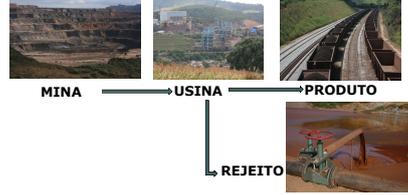
Transporte por correia de longa distância



L. E. Sánchez

O que são rejeitos de mineração?

Minerais sem interesse econômico separados do mineral útil em uma usina de tratamento de minério



Rejeitos de tratamento de minério de ferro

L. E. Sánchez

Britagem e classificação granulométrica



L. E. Sánchez

O que são rejeitos de mineração?

Rejeitos de tratamento de bauxita



L. E. Sánchez

Algumas operações de tratamento de minério

- britagem (primária, secundária etc.)
 - classificação granulométrica
 - manuseio
 - homogeneização em pilhas
 - moagem
 - concentração (ex. jigagem, flotação)
 - disposição e armazenamento de rejeitos
- PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez

O que é uma barragem de rejeitos?

Estrutura de armazenamento de rejeitos disposta transversalmente a um vale



L. E. Sánchez

Pilha de rejeitos de carvão



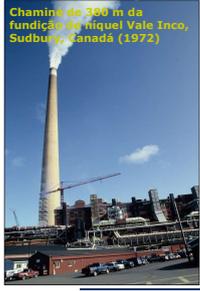
Área de disposição de rejeitos de mineração de carvão em Rio Maina, SC.

Notar a ausência de vegetação ciliar e a coloração da água do rio, devido à presença de ferro.

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez

Poliuição: definição técnica



Chaminé de 386 m de altura da fundição de níquel Vale Inco, Sudbury, Canadá (1972)

“Poliuição é a introdução, pelo homem, direta ou indiretamente, de **substâncias** ou **energia** no ambiente, resultando em efeitos **deletérios** capazes de por em risco a saúde humana, causar danos aos recursos vivos e ecossistemas e prejudicar ou interferir com as atrações e outros usos legítimos do meio ambiente.”

fonte: OECD. *Recommendation of the Council on Principles concerning Transfrontier Pollution*, 17 November 1974, C(74)224.

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez

Tipos usuais de problemas (aspectos, impactos e riscos) ambientais na etapa de operação de minas: uma classificação (1)

- Emissão de poluentes**
 - Material particulado e gases
 - Efluentes líquidos (águas pluviais, efluentes de oficinas mecânicas, laboratórios etc.)
 - Águas ácidas (drenagem ácida)
 - Ruído
 - Vibrações e sobrepressão atmosférica
 - Emissões luminosas
- Geração de resíduos**
 - Estéreis
 - Rejeitos
 - Resíduos industriais diversos e resíduos “domésticos”
- Interferência sobre processos do meio físico**
 - Rebaixamento de aquífero e perda de nascentes
 - Aceleração de processos erosivos e assoreamento

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez

Poliuição: definição legal

“presença, lançamento ou liberação, nas águas, no ar ou no solo, de toda e qualquer forma de energia ou matéria com intensidade, em quantidade, de concentração ou com características em desacordo com as que forem estabelecidas em decorrência desta lei, ou que tornem ou possam tornar as águas, o ar ou o solo:

- impróprios, nocivos ou ofensivos à saúde;
- inconvenientes ao bem-estar público;
- danosos aos materiais, à fauna e à flora;
- prejudiciais à segurança, ao uso e gozo da propriedade, e às atividades normais da comunidade.”

Lei Estadual (São Paulo) 997/1976



ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO

LEI Nº 997, DE 31 DE MAIO DE 1976

Dispõe sobre o controle de poluição do meio ambiente

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez

Tipos usuais de problemas (aspectos, impactos e riscos) ambientais na etapa de operação de minas: uma classificação (2)

- Interferências sobre os recursos vivos**
 - Perda e fragmentação de habitats terrestres
 - Alteração ou perturbação de habitats aquáticos
- Riscos ambientais**
 - Ultralancamento de fragmentos
 - Movimentos de massa (e.g. escorregamentos, rupturas de barragens e pilhas)
 - Vazamentos de derivados de petróleo ou de reagentes (e.g. cianeto de sódio)
- Impactos sociais (exemplos)**
 - Incômodo e desconforto ambiental
 - Impacto visual
 - Perda de locais de trabalho, moradia e convívio social
 - Interferência em modos de vida
 - Perda de bens do patrimônio cultural

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez

Resíduos sólidos: definição legal

XVI - resíduos sólidos:

material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível

Lei Federal 12305/2010

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez

Resíduos sólidos: definição legal

Art. 13, k - resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios

Art. 47:
São proibidas as seguintes formas de destinação ou disposição final de resíduos sólidos ou rejeitos:
 I - lançamento em praias, no mar ou em quaisquer corpos hídricos;
II - lançamento in natura a céu aberto, excetuados os resíduos de mineração;
 III - queima a céu aberto ou em recipientes, instalações e equipamentos não licenciados para essa finalidade;
 IV - outras formas vedadas pelo poder público.

Lei Federal 12305/2010

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração
 POLI USP L. E. Sánchez

Impacto sobre ambiente fluvial

Como medir esse impacto?

Riqueza de macroinvertebrados

Gráfico 1: Riqueza de macroinvertebrados (número de espécies) vs. Qualidade da água. O eixo Y varia de 0 a 100. O eixo X mostra 'boa' e 'ruim' qualidade. Há uma seta vermelha apontando para cima com o texto 'A riqueza de macroinvertebrados é maior em águas de boa qualidade'. O gráfico mostra uma barra alta para 'boa' e uma barra baixa para 'ruim'.

Gráfico 2: Riqueza de macroinvertebrados (número de espécies) vs. Localização. O eixo Y varia de 0 a 200. O eixo X mostra 'jusante' e 'montante'. Há uma seta vermelha apontando para cima com o texto 'A riqueza de macroinvertebrados é maior em águas de boa qualidade'. O gráfico mostra uma barra alta para 'montante' e uma barra baixa para 'jusante'.

Imagem: Ilustração de um ecossistema aquático com plantas, peixes e macroinvertebrados.

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração
 POLI USP L. E. Sánchez

Impacto ambiental: conceito

"Qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização."

(ISO 14001: 2015)

"Mudança em um parâmetro ambiental, num determinado período e numa determinada área, que resulta de uma dada atividade, comparada com a situação que ocorreria se essa atividade não tivesse sido realizada."

(Wathern, 1988, p. 7)

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração
 POLI USP L. E. Sánchez

De volta ao conceito

Gráfico: Indicador ambiental vs. Tempo. O eixo Y é 'Indicador ambiental' e o eixo X é 'Tempo'. Uma linha verde representa o cenário 'sem o projeto em análise', e uma linha azul representa o cenário 'com o projeto em análise'. Ambas começam em um nível similar. Após o 'Início do empreendimento', a linha verde permanece estável, enquanto a linha azul desce significativamente. Uma seta vermelha indica a diferença entre as duas linhas, rotulada como 'Impacto ambiental'.

Impacto ambiental = comparação entre duas hipotéticas situações futuras (com e sem o projeto em análise)

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração
 POLI USP L. E. Sánchez

Construção de adutora para suprir uma mina

travessia de córrego durante construção de duto

Imagem 1: Uma obra de construção de uma adutora atravessando um córrego, com terra e estruturas de concreto visíveis.

Imagem 2: Um homem em um campo alagado com água turva, com o texto "Não era assim antes!" e uma seta vermelha apontando para o local da obra.

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração
 POLI USP L. E. Sánchez

Perda e fragmentação de habitats

Imagem 1: Uma paisagem natural com um rio, vegetação verde e um céu azul.

Imagem 2: Uma paisagem fragmentada com áreas de terra vermelha desmatada e pequenas árvores isoladas.

Lago Balata, Mineração Rio do Norte, Orizimimá, PA
 fotos de janeiro de 1992

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração
 POLI USP L. E. Sánchez

Perda de habitats

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração

Fonte: Proter Project, USA

L. E. Sánchez

Etapa de desativação

- Recuperação de áreas degradadas
- Desmontagem, demolição
- Dispensa de mão de obra

Reaquecimento de taludes em "bota-fora" construído em ponta de aterro

taludes estabilizados com implantação de bermas, drenagem e gramíneas

"retaludamento" em curso

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez

Etapa de desativação

- Recuperação de áreas degradadas
- Desmontagem, demolição
- Dispensa de mão de obra

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração

Fonte: L. E. Sánchez

L. E. Sánchez

Recuperação ambiental: conceito

resultado da aplicação de técnicas de manejo visando tornar uma área degradada apta para um novo uso segundo um plano preestabelecido

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração

Fonte: ANEP/IBAMA/CPA

L. E. Sánchez

Etapas finais de vida de uma mina

| | |
|-----------------------|---------------------------|
| Estudo de viabilidade | Início da implantação |
| Implantação | Início da produção |
| Operação | Encerramento da produção |
| Desativação | Fechamento |
| Pós-fechamento | Transferência de custódia |
| Novo uso | |

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez

Pós-fechamento e novo uso

Uma Boa Prática

Definir objetivos de fechamento, incluindo uso futuro da área

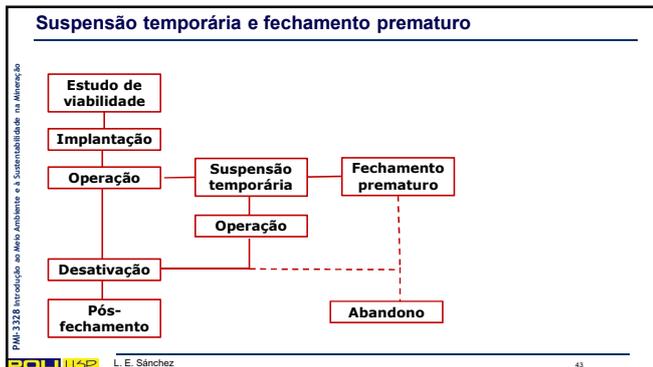
Exemplo: Recuperação ambiental para fechamento da mina de calcário Felicíssimo

- Manutenção e monitoramento ambiental
- Vigilância

Fotos: Holcim

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez



Abandono: uma prática do passado?

Caso Summitville

- mina de ouro abandonada em 1992 no Colorado
- "falência" da empresa
- programa de RAD estimado em US\$ 40 M
- garantias financeiras de US\$ 5M
- lista de prioridades (Superfund)
- recuperação ainda em curso

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez 45

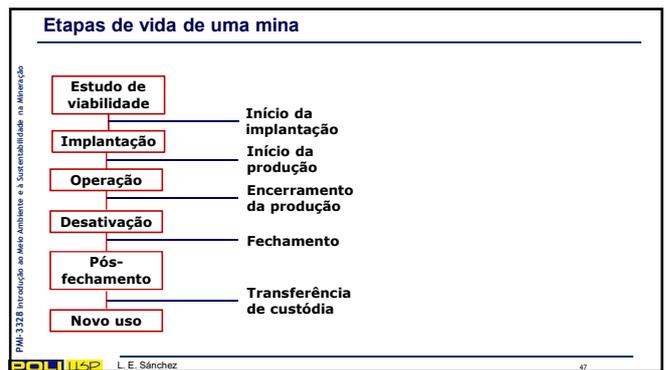
Mina Ravensthorpe – níquel, Austrália

- mina aberta em maio de 2008
- vida útil prevista de 25 anos
- atividade suspensa em janeiro de 2009
- investimento na mina AUD 2200M
- venda em fevereiro de 2010 por AUD 440M
- perda de 650 postos diretos de trabalho

the west.com.au
 Mine closure blamed for \$5m loss
 17th February 2009, 8:00 WST

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez 44



Caso Beenup – ilmenita, Austrália

- lavra iniciada em janeiro de 1997 e encerrada em fevereiro de 1999
- vida útil prevista seria de 20 anos
- investimento na mina AUD 250M
- custo de fechamento AUD 44M
- reabilitação em andamento

fonte: BHP Billiton Beenup Rehabilitation Project. Annual Environmental Report 2008-2009.

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez 46