PMI3101 - INTRODUÇÃO À ENGENHARIA APLICADA À INDÚSTRIA MINERAL

Aula de apresentação do curso

São Paulo – 22 de fevereiro de 2016

Professor Mauricio Guimarães Bergerman

APRESENTAÇÃO DO CURSO

- Professores:
  - Profa. Anna Luiza Ayres Silva - alayres@usp.br – Módulo de Lavra
  - Prof. Eduardo Cesar Sansone - esansone@usp.br – Módulo de Petróleo
  - Prof. Maurício Bergerman – mbergerman@usp.br – Módulo de Tratamento

- Objetivos:
  - Apresentar os conceitos fundamentais da Indústria Mineral mostrando sua importância na resolução dos problemas relativos à Engenharia de Minas. Apresentar, também, noções básicas relativas à Engenharia de Petróleo.

Aula de hoje

- Apresentação do curso;
- O que faz o engenheiro de minas;
- Tratamento de minérios.

APRESENTAÇÃO DO CURSO

- Programa:
  - Conceituação e contextualização das atividades de extração mineral.
  - Noções e conceitos básicos de mecânica de rochas.
  - Métodos de lavra a céu aberto e subterrâneos
  - Fundamentos de tratamento de minérios
  - Integração das operações unitárias no processo de tratamento.
  - Análise de desempenho de processos e circuitos.
  - Operações unitárias dos processos de tratamento de minerais: cominuição, classificação e concentração de minerais por flotação, métodos densitários, magnéticos e eletrostáticos, operações auxiliares de desaguamento de polpas e manuseio de sólidos.
  - O Petróleo e a Indústria Mineral Brasileira
  - Histórico da Indústria do Petróleo
  - Economia do Petróleo
  - Geologia do Petróleo
  - Cadeia Produtiva do Petróleo

APRESENTAÇÃO DO CURSO

- Módulos:
  - Tratamento de minérios: 22/02, 29/02, 07/03 e 14/03
  - Lavra de minas: 04/04, 11/04, 25/04 e 02/05
  - Petróleo: 16/5, 30/5, 6/6 e 13/6

APRESENTAÇÃO DO CURSO

- Avaliação
  - $M = \frac{(M_1 + M_2 + M_3)}{3} + \sum NV$
  - $M_1 = \frac{(P_1 + E_1)}{2}$
  - Provas: semanas especificadas pelo biênio
  - Questionários visitas (0,5 ponto na média final): 30 de maio
  - Listas de exercícios (50% da nota do módulo): dia da prova do módulo

Obs.: Os questionários e a lista de exercícios devem ser feitos a mão.

Monitoria – data e horário será informado posteriormente

Site: http://disciplinas.stoa.usp.br/

Para maiores informações...

- Sugestões para pesquisa bibliográfica/aquisição de livros (além da biblioteca da USP):
  - Periódicos:
    - http://www.periodicos.capes.gov.br
    - http://www.engineeringvillage.com
  - Associações:
    - http://www.abmbrasil.com.br/
    - www.apemi.eng.br – reuniões no prédio do PMI!
    - http://www.cim.org
    - http://www.smenet.org/ link onemine
    - http://www.ausimm.com.au/
  - Sites de programas de pós graduação no Brasil e no mundo:
    - http://www.teses.usp.br/
    - https://circle.ubc.ca/

Para maiores informações...

- Sugestões para pesquisa bibliográfica/aquisição de livros (além da biblioteca da USP):
  - Revistas:
    - Brasil Mineral
    - In the Mine
    - Minerios & Minerales
    - Mineração & Sustentabilidade
    - Areia e Brita
  - Eventos:
    - Congresso brasileiro de mineração - http://www.exposibram.org.br/
    - Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa – www.entmme.org
    - Congresso da ABM – www.abmbrasil.com.br
    - Semana de Estudos Mínero-Metalúrgicos

Para maiores informações...

- Sugestões para pesquisa bibliográfica/aquisição de livros:
  - Entidades governamentais:
    - www.cetem.gov.br
    - www.cprm.gov.br
    - www.dnpm.gov.br
  - Sebos:
    - www.estantevirtual.com.br
  - Outros:
    - http://geologiausp.igc.usp.br/geologiausp/index.htm
    - www.infomine.com
    - www.noticiasdeminerãcao.com
    - www.mining.com
    - www.sejaumengenheirodeminas.weebly.com
    - www.academia.edu
    - www.mendeley.com

Sugestões de bibliografia:

- HARTMAN, H., Introductory Mining Engineering, 1987, NY, John Wiley.
- CHAVES, A. P. (Org.). **Teoria e prática do tratamento de minérios**: v. 1 a 6
- KELLY, E. G.; SPOTTISWOOD, O.J. **Introduction to mineral processing**. 1982. 491 p.
- LUZ, A. B.; SAMPAIO, J.A.; FRANÇA, C.A. Tratamento de Minérios. CETEM/MCT, 2010. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/biblioteca/publicacoes/livros>.
- SAMPAIO, C.H; TAVARES, L.M.M. Beneficiamento Gravimétrico. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.
- GUPTA, A.; YAN, D.; **Mineral processing design and operation: an introduction**. Elsevier, 2006. 693 p. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780444516367>
- **Mineral Processing Technology** – Barry Wills e Tim Nappier-Munn
- **SME Mineral processing handbook**
- **Manual de britagem Metso**

Sugestões de bibliografia:

- Fundamentos da Engenharia de Petróleo. José Eduardo Thomas, Editora Interciência, 2004.
- Petróleo: noções sobre exploração, perfuração, produção e microbiologia. Oton Luiz Silva Corrêa, Editora Interciência, 2003.
- Hydrocarbon Exploration and Production. Frank Jahn, Mark Cook e Mark Graham, Elsevier, 1998.
- Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Agência Nacional do Petróleo, 2013.
- BP Statistical Review of World Energy. British Petroleum Educational Service, 2013.

Visitas técnicas

1) Central Mecanizada de Triagem “Carolina Maria de Jesus” - Ecourbis Ambiental S/A

Visita agendada para o dia 22/03/2016 (terça-feira)

Horário: 14h às 17h - Saída da Poli às 12h30 e retorno às 18h.

Local: Rua Miguel Yunes, 345 – Vila Sabará – São Paulo - SP - CEP 04444-000

http://www.ecourbis.com.br

Visitas técnicas

1) Central Mecanizada de Triagem “Carolina Maria de Jesus” - Ecourbis Ambiental S/A

“Não digam que fui rebotalho,
que vivi à margem da vida.
Digam que eu procurava trabalho,
mas fui sempre preterida.
Digam ao povo brasileiro
que meu sonho era ser escritora,
mas eu não tinha dinheiro
para pagar uma editora”.

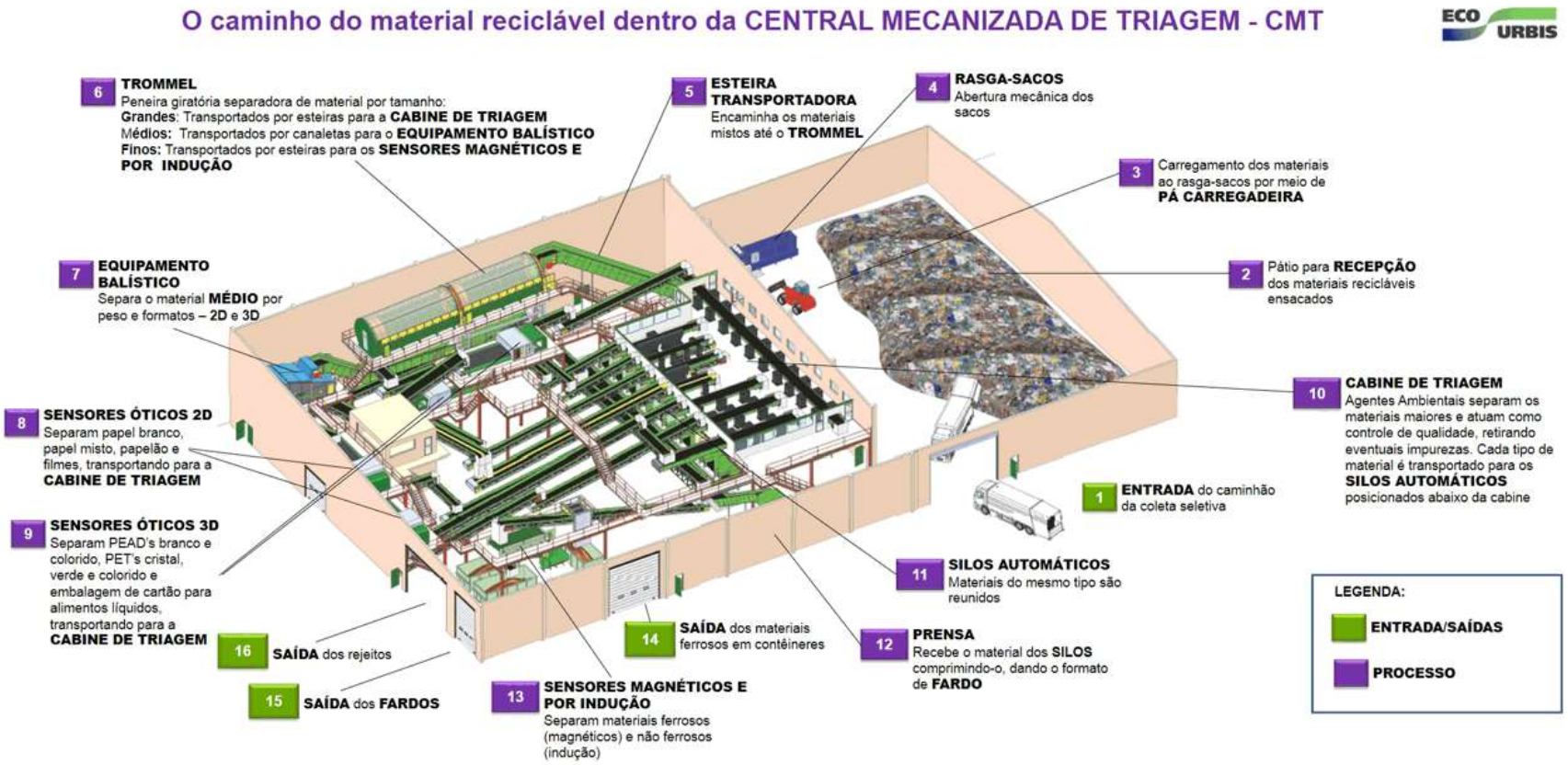
Autora do livro: Quarto de Despejo: “A favela é o quarto de despejo da cidade”. 80 mil cópias somente no Brasil e foi traduzido para mais de 40 idiomas.

Visitas técnicas

1) Central Mecanizada de Triagem “Carolina Maria de Jesus” - Ecourbis Ambiental S/A

Visitas técnicas

1) Central Mecanizada de Triagem “Carolina Maria de Jesus” - Ecourbis Ambiental S/A



Visitas técnicas

1) Central Mecanizada de Triagem “Carolina Maria de Jesus” - Ecourbis Ambiental S/A

Visitas técnicas

1) Central Mecanizada de Triagem “Carolina Maria de Jesus” - Ecourbis Ambiental S/A

Visitas técnicas

1) Central Mecanizada de Triagem “Carolina Maria de Jesus” - Ecourbis Ambiental S/A

Visitas técnicas

2) Mineração Dolomia

Visita agendada para o dia 21/03/2016

Horário: 10h às 16h - Saída da Poli às 06h30 e retorno às 19h.

Local: Fazenda Caieiras, SN – Ribeirão das Almas – Taubaté – SP

http://www.dolomia.com.br/index.php

Visitas técnicas

2) Mineração Dolomia

Visitas técnicas

2) Mineração Dolomia

Visitas técnicas

2) Mineração Dolomia

Visitas técnicas

Interessado?!?

Confirmar até 09 de março pelo email da monitora da disciplina, enviando nome, celular, RG e data de nascimento

Ir de calça, camisa de manga comprida e bota.

Saída em frente ao PMI.

O que faz o engenheiro de minas

Algumas perguntas...

- O que é mineração?
- Qual a importância do setor mineral para a sociedade?
- Quais os principais impactos ambientais e sociais?
- Existem alternativas?

SUA CASA VEM DA MINERAÇÃO

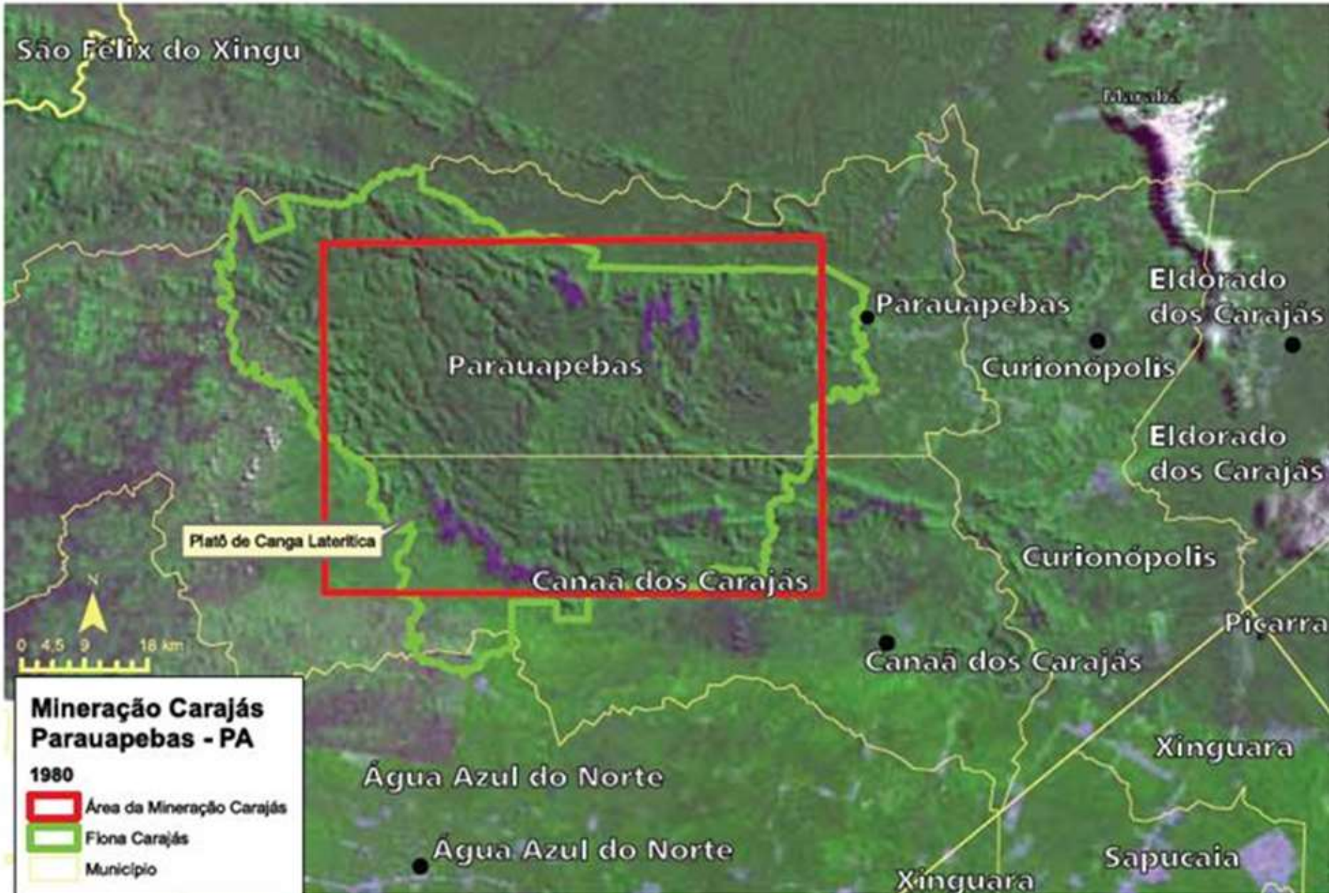
Elemento	Substância Mineral	Elemento	Substância Mineral
1 - Tijolo	Areia - calcário (cimento) - argila vermelha	14 - Contra - piso	Areia - brita - calcário (cimento)
2 - Fiação	Cobre - petróleo (plástico)	15 - Pia	Mármore ou aiquel - cromo - ferro (aço inox)
3 - Lâmpada	Quartzo (vidro) - tungstênio (filamento)	16 - Botijão de gás/ fogão	Gás natural - petróleo - ferro
4 - Fundações	Areia - brita - cimento	17 - Encanamento	Ferro - chumbo - petróleo (PVC)
5 - Tanque	Petróleo (plástico) - calcário (cimento) - areia - brita	18 - Laje	Ferro - brita - areia - calcário - (cimento)
6 - Vidro	Quartzo - feldspato	19 - Forro	Gipsita (gesso)
7 - Louça sanitária	Argila -caulim-	20 - Armação - fundação	Ferro (hematita)
8 - Azulejo	Argila - caulim - feldspato - dolomita	21 - Esquadrias (janelas)	Alumínio (bauxita)
9 - Piso (banh.)	Granito, mármore ou argila (lajota ou ladrilho)	22 - Piso	Argila - ardósia
10 - Isolante parede	Areia - feldspato (lã de vidro)	23 - Calha	Cobre - zinco - petróleo (PVC)
11 - Pintura (tinta)	Pigmentos de titânio (ilmenita)	24 - Telhado	Argila (telha) - betume e calcário - cimento
12 - Caixa d' água	Amianto (crisotila) cimento	25 - Estrutura (pilastra)	Areia - calcário (cimento)
13 - Impermeabilizante	Betume (xistos betuminosos)		

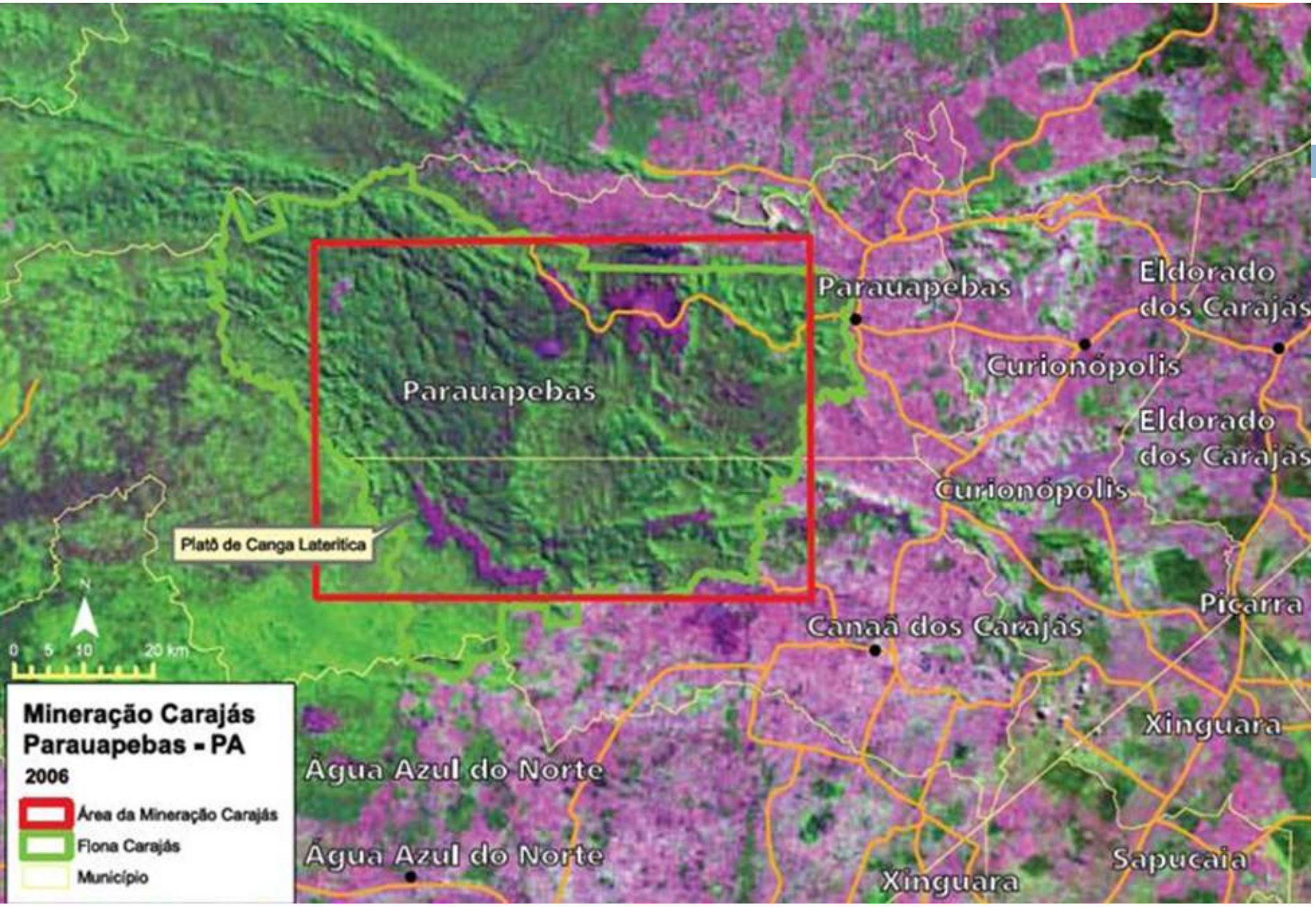
Serra Pelada garimpo. The largest South American gold rush. Bernadelli (1983)

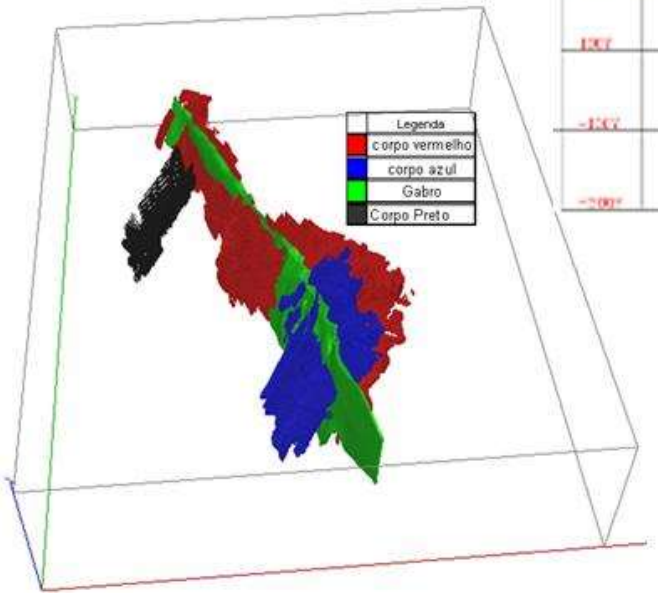
http://www.oxfordmineracao.com.br/pt/int/meio_ambiente.php

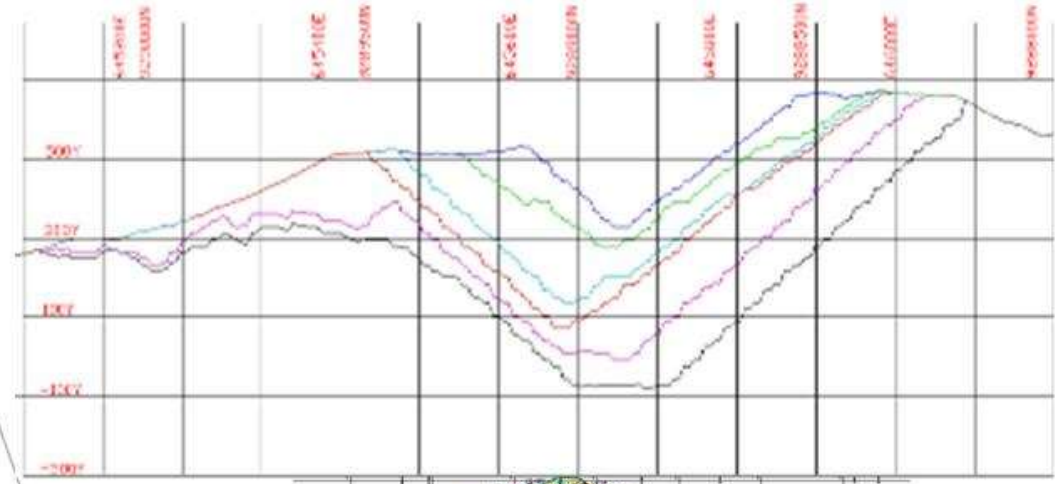
http://www.bmrplc.com/community-and-environment/environment

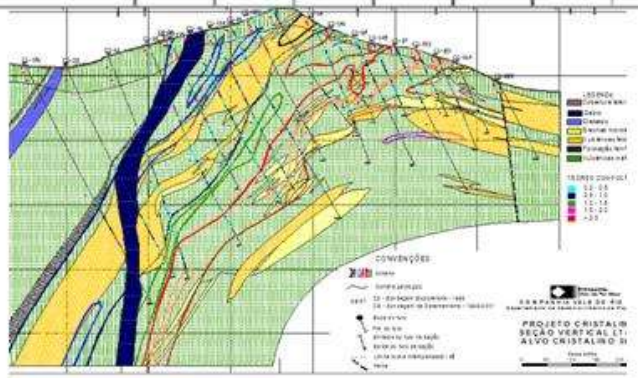
Flona Carajás – mineração de ferro




Parauapebas
Eldorado dos Carajás
Curionópolis
Parauapebas
Eldorado dos Carajás
Curionópolis
Platô de Canga Lateritica
N
0 5 10 20 km
Picarra
Canaã dos Carajás
Xinguara
Água Azul do Norte
Água Azul do Norte
Xinguara
Sapucaia
Mineração Carajás
Parauapebas - PA
2006
Área da Mineração Carajás
Flona Carajás
Município


Legenda
corpo vermelho
corpo azul
Gabro
Corpo Preto





Lavra Subterrânea

Curiosidades

A maior mina de cobre a céu aberto do mundo. A escavação foi iniciada em 1882 e hoje atingi dimensões de 6 quilômetros de comprimento, 4 de largura e uma profundidade de 850 metros.

Curiosidades

O “fora de estrada” Caterpillar série 797F é considerado o maior caminhão do mundo, com a maior capacidade de carga, podendo carregar até 400 toneladas.

793D
793D

Curiosidades

A maior escavadeira do mundo, foi contruída pela companhia alemã Krupp para operar em minas de carvão.

- Mede 95 metros de altura
- Tem 215 metros de comprimento (2,5 campos de futebol).
- Pesa 45.500 toneladas
- Custou 100 milhões de dólares, levou cinco anos para ser planejada e manufaturada, e mais cinco anos para ser montada.
- Requer somente cinco pessoas para operá-la.
- Sua velocidade máxima é de 10 metros por minuto.
- Tem capacidade para remover 76.455 metros cúbicos de material por dia.

Caterpillar dozer
taken up
by bucket wheel

Curiosidades

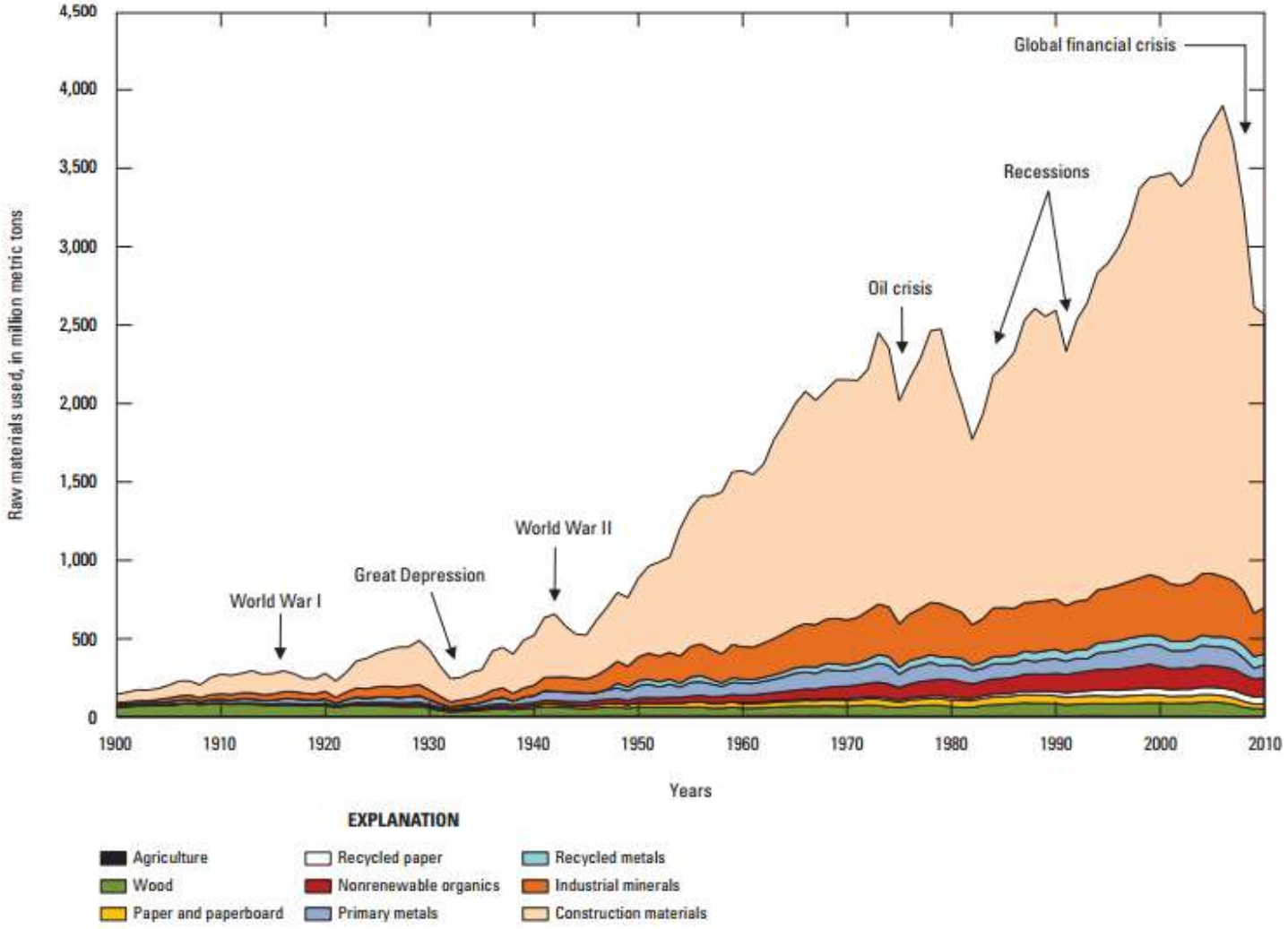
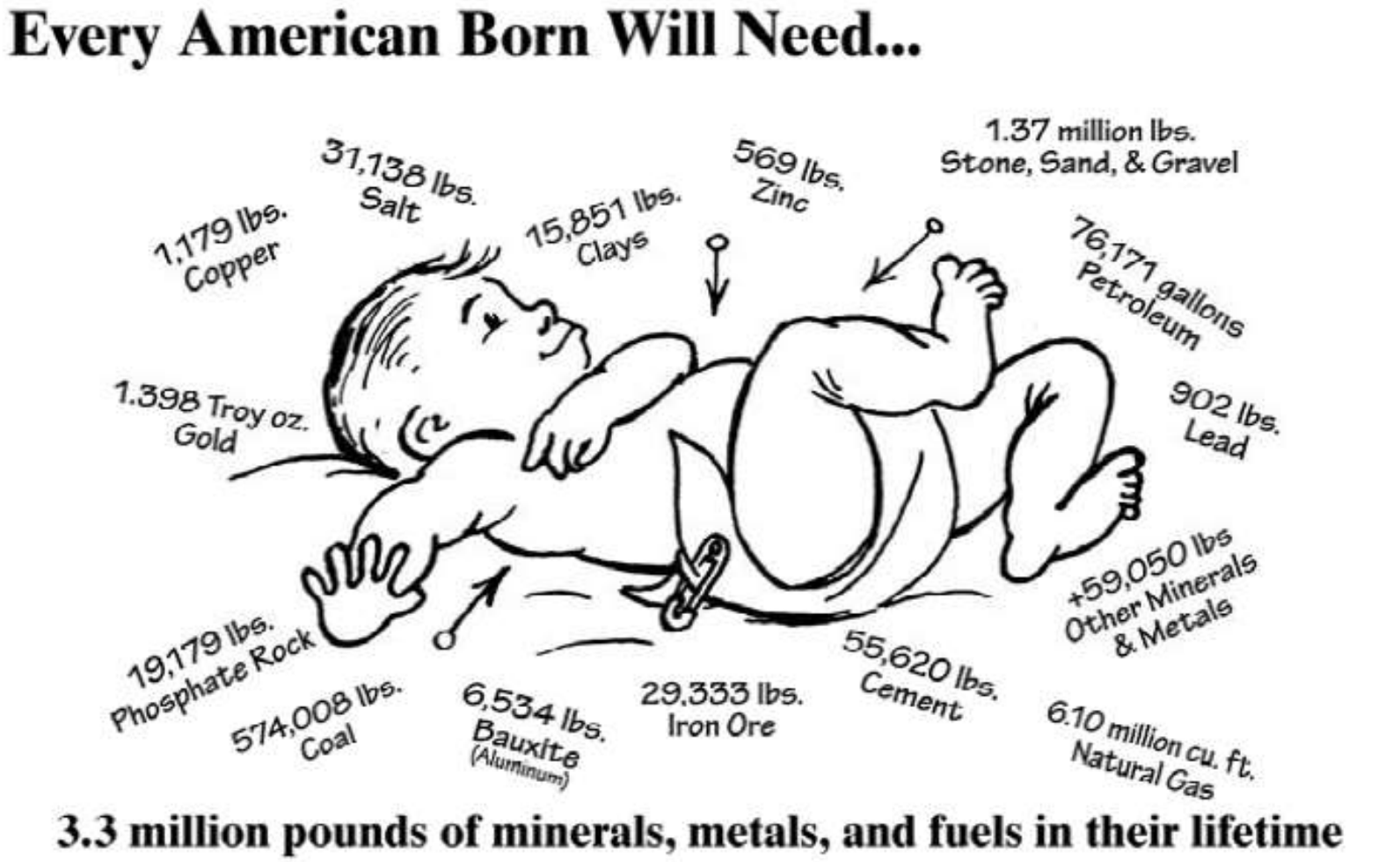


Figure 2. U.S. raw materials put into use annually from 1900 through 2010. Materials embedded in imported goods are not included. [In million metric tons]

United, 2010

Curiosidades



O que faz o engenheiro de minas?

- A sociedade precisa de recursos minerais para manter seu padrão de vida.

- O **engenheiro de minas** é o profissional responsável por suprir a sociedade com os bens minerais necessários para a manutenção de nossa qualidade de vida.

Etapas da mineração

1. Mina (Lavra)
   Reservas lavráveis
   245,1 milhões t ROM
   0,98 % Cu e 0,28 g/t Au
   Vida útil 17 anos

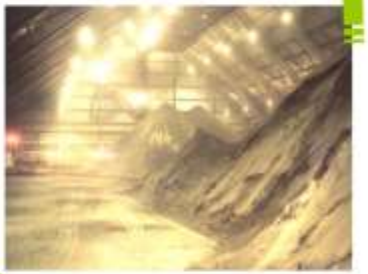
5. Exportação do Concentrado, via Porto de São Luís

2. Britagem

Estrada de Ferro
Carajás
890 Km

Transportador Correia

4. Recebimento e Embarque do Concentrado (Parauapebas)



3. Concentrador
   467 mil t/a de Concentrado
   de Cu a 30% e 6 g/t Au

Rodovia Sossego
Parauapebas - 85 km

O que o engenheiro de minas faz?

- Pesquisa mineral;
- Estudo de projetos de novas minas e projetos;
- Modelamento geológico e planejamento da lavra;
- Desmonte de rochas;
- Execução da lavra;
- Obras de engenharia (taludes, barragens);
- Beneficiamento do minério;
- Disposição dos estéreis e rejeitos;
- Controle e recuperação ambiental;
- Controle de saúde ocupacional;
- Economia mineral;
- Outras funções de engenheiro (suprimentos, qualidade, gestão econômica, gerenciamento, etc).

O que o engenheiro de minas faz?

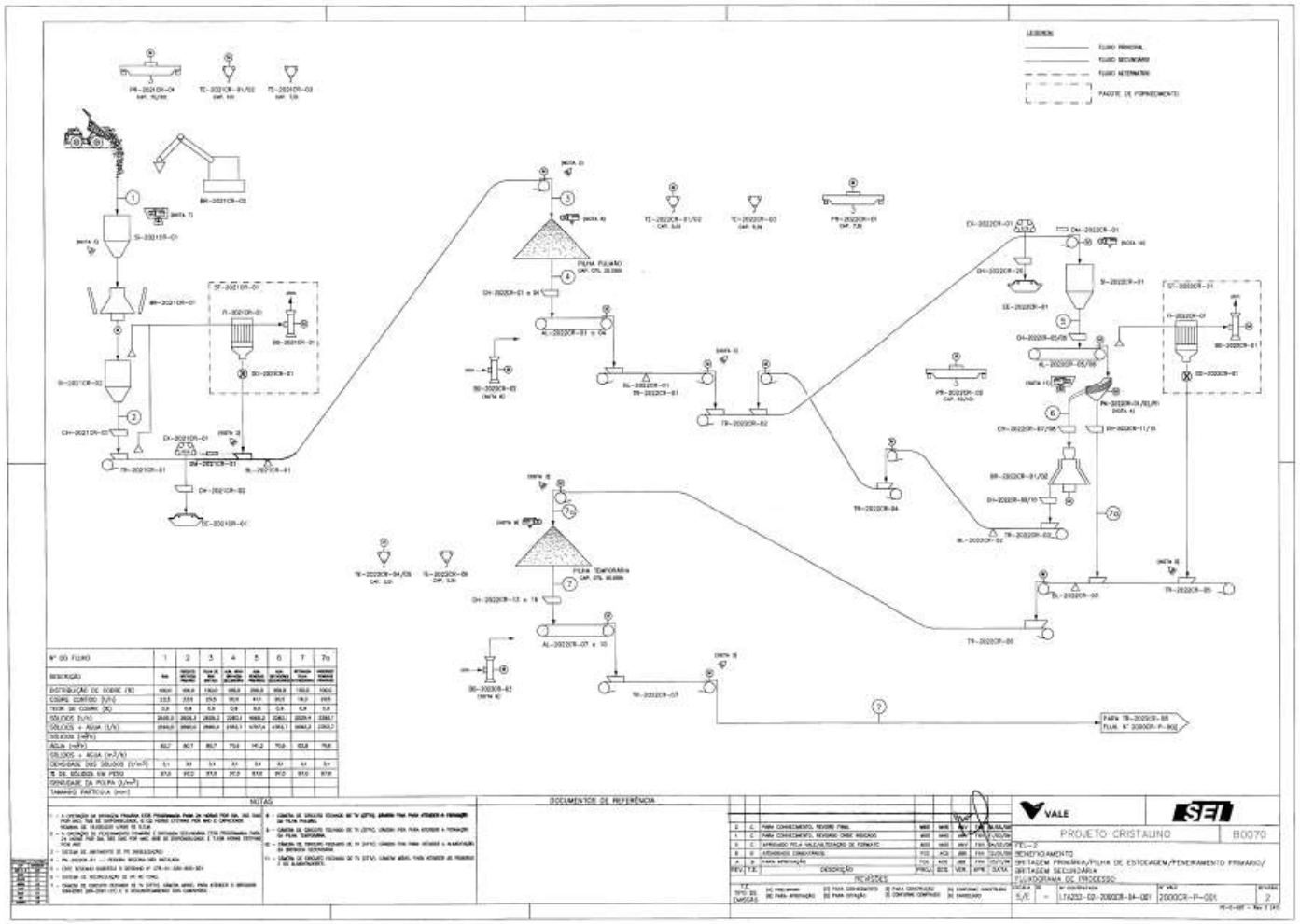
- Pesquisa mineral;

O que o engenheiro de minas faz?

- Estudo de projetos de novas minas e projetos;

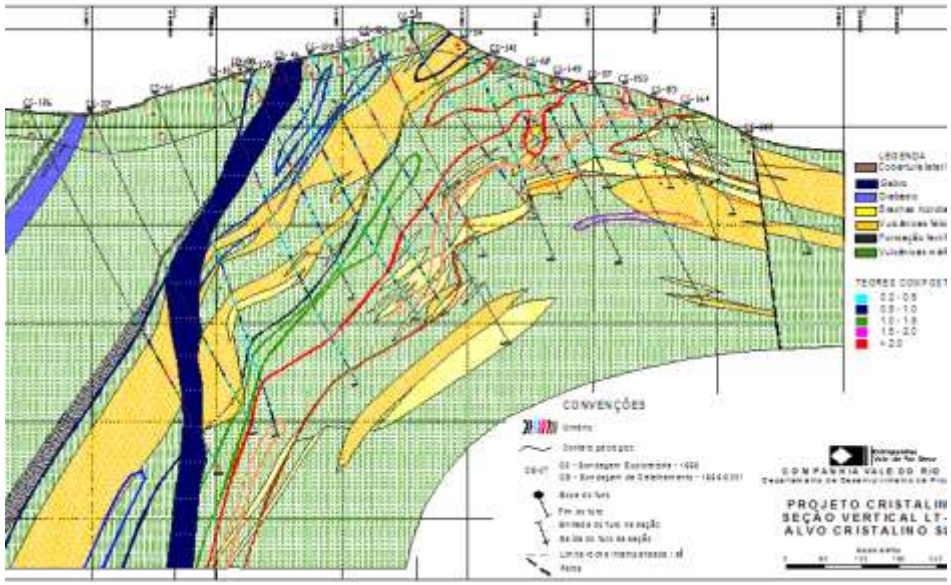
O que o engenheiro de minas faz?

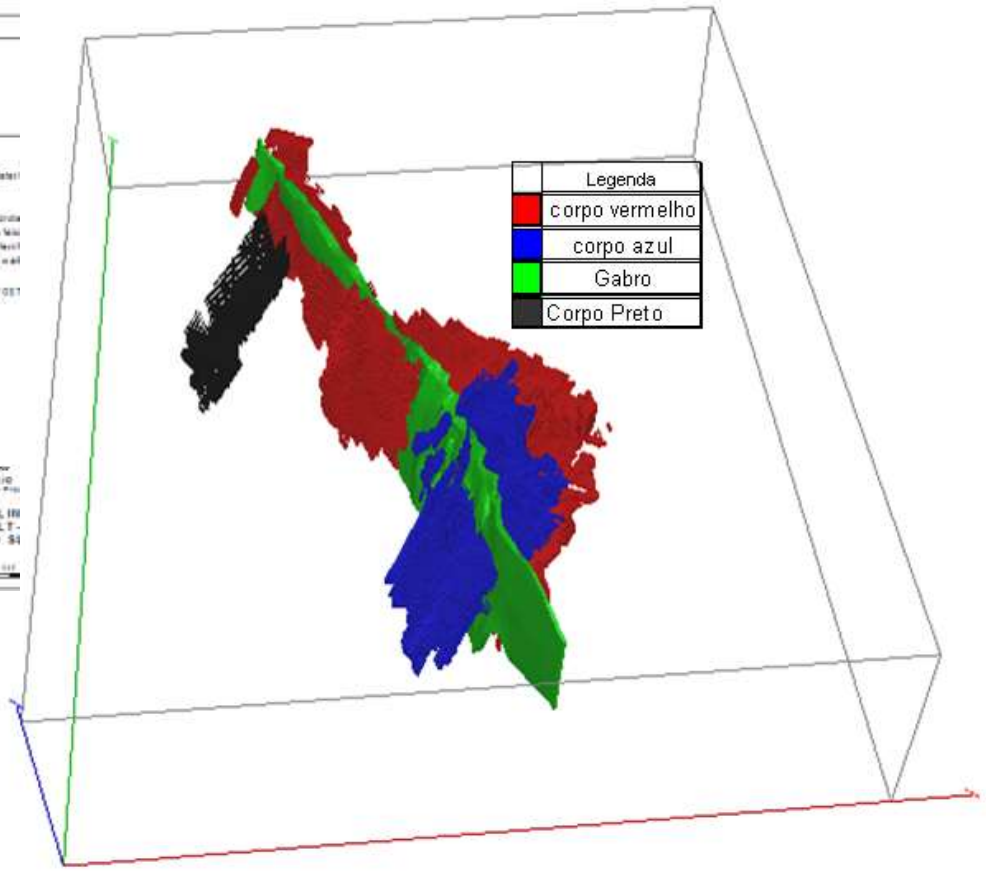
- Estudo de projetos de novas minas e projetos;



O que o engenheiro de minas faz?

- Modelamento geológico e planejamento da lavra;





O que o engenheiro de minas faz?

- Modelamento geológico e planejamento da lavra;

O que o engenheiro de minas faz?

- Desmonte de rochas;

O que o engenheiro de minas faz?

- Desmonte de rochas;

O que o engenheiro de minas faz?

- Execução da lavra;

O que o engenheiro de minas faz?

- Execução da lavra;

O que o engenheiro de minas faz?

- Execução da lavra;

O que o engenheiro de minas faz?

- Execução da lavra;

O que o engenheiro de minas faz?

- Lavra de Rocha Ornamental;

O que o engenheiro de minas faz?

- Lavra de Rocha Ornamental;

O que o engenheiro de minas faz?

- Obras de engenharia (taludes);

O que o engenheiro de minas faz?

- Obras de engenharia (barragens);

O que o engenheiro de minas faz?

- Beneficiamento do minério;

O que o engenheiro de minas faz?

- Beneficiamento do minério;

O que o engenheiro de minas faz?

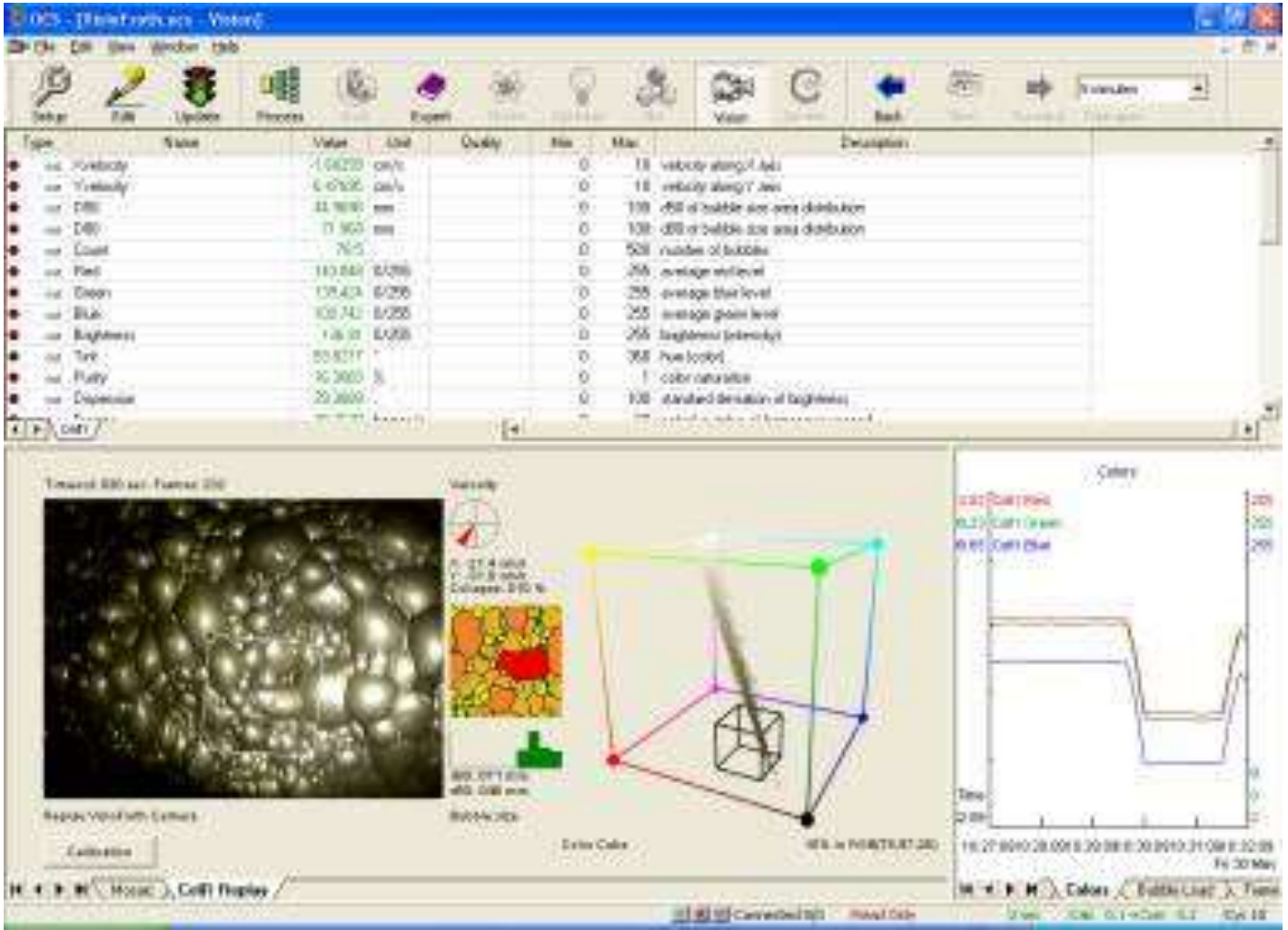
- Beneficiamento do minério;

O que o engenheiro de minas faz?

- Beneficiamento do minério;

O que o engenheiro de minas faz?

- Beneficiamento do minério;



O que o engenheiro de minas faz?

- Disposição dos estéreis e rejeitos;

O que o engenheiro de minas faz?

- Controle e recuperação ambiental;

O que o engenheiro de minas faz?

- Controle e recuperação ambiental;

O que o engenheiro de minas faz?

- Controle e recuperação ambiental;

Taludes apresentando focos
erosivos distintos
14 8 2001

Reconformação e
regularização da drenagem

Fontes naturais de
propágulos
Situação dezoito meses após
implantação da vegetação
26 3 2004

O que o engenheiro de minas faz?

- Controle e recuperação ambiental;

O que o engenheiro de minas faz?

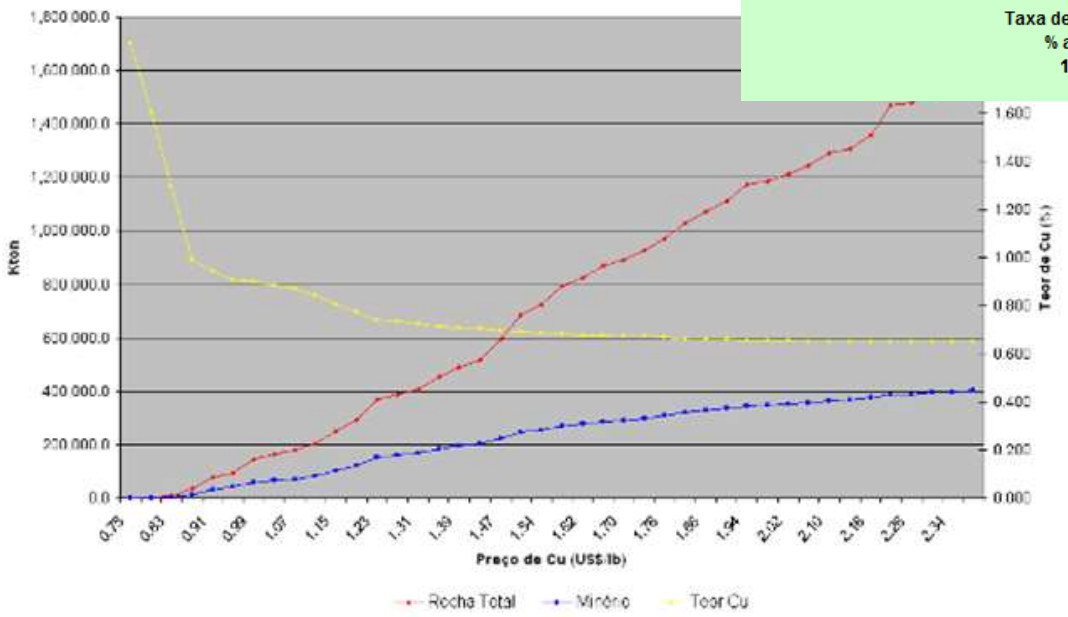
- Controle de saúde ocupacional;

O que o engenheiro de minas faz?

- Economia mineral;

Entradas					
- Lucro Líquido	17.273,63	27.583,69	22.990,00	8.542,38	7.255,09
- Depreciações Totais	879,00	994,00	1.224,00	1.454,00	2.597,00
- Exaustão Mineral	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- Compensação de Prejuízos Anteriores					
- Recuperação Valor Residual					
Total de Entradas	18.152,63	28.577,69	24.214,00	9.996,38	9.852,09
Saídas					
- Investimentos	-10.500,00	-17.640,00	-13.860,00		
- Investimentos/Reinvestimentos	-1.150,00	-2.300,00	-2.300,00	-2.300,00	-1.150,00
. Manutenção das Atividades	0,00	0,00	0,00	-8.000,00	0,00
. Desenvolvimento da Mina subt.					
. Capital de Giro	-13.145,40				
Total de Saídas	-24.795,40	-19.940,00	-16.160,00	-10.300,00	-1.150,00
Fluxo de Caixa	-6.642,77	8.637,69	8.054,00	-303,62	8.702,09
Fluxo de Caixa Acumulado	-6.642,77	1.994,92	10.048,91	9.745,29	18.447,38

Taxa de Desconto % ao ano	Valor Presente do Fluxo de Caixa	TIR
10,41	= R$ 35.539,91	= 100%



O que o engenheiro de minas faz?

- Outras funções de engenheiro (suprimentos, qualidade, gestão econômica, gerenciamento, etc).

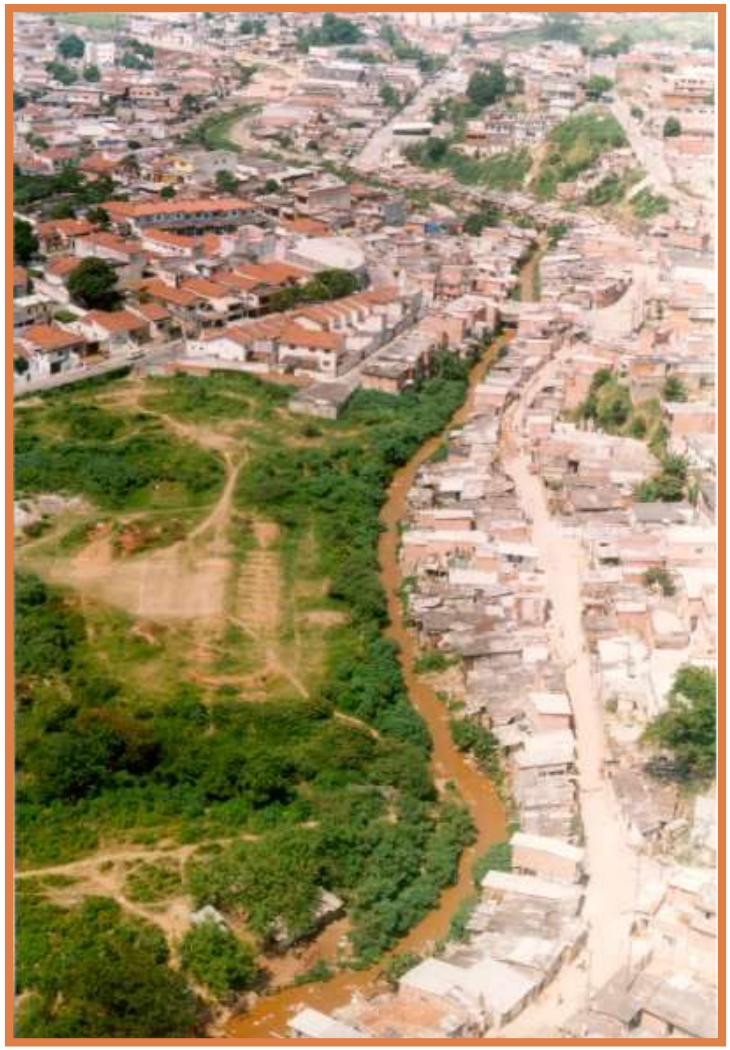
O que o engenheiro de minas faz?

- Outras funções de engenheiro (suprimentos, qualidade, gestão econômica, gerenciamento, etc).

O que o engenheiro de minas faz?

- Outras funções de engenheiro (suprimentos, qualidade, gestão econômica, gerenciamento, etc).

Qual é o desafio?



- **mudar padrões de projeto, produção, uso e descarte**
- **compatibilizar uso e proteção do recurso natural**
- **buscar qualidade de vida com qualidade ambiental**

fonte: Nakao, 2011

O Grande Papel de uma nova Engenharia:

Pensar, projetar e executar com novos critérios...

fonte: Nakao, 2011

O que se busca hoje?

- **Abordagem preventiva**
- **Tecnologia mais limpa**
- **Responsabilidade socioambiental**
  - **Conformidade legal**
  - **Conformidade normativa (voluntária)**
  - **Ecoeficiência**
    - **Redução de consumo de recursos naturais (matéria e energia)**
    - **Redução de lançamento de poluentes**
    - **Reciclagem e Reúso**

fonte: Nakao, 2011

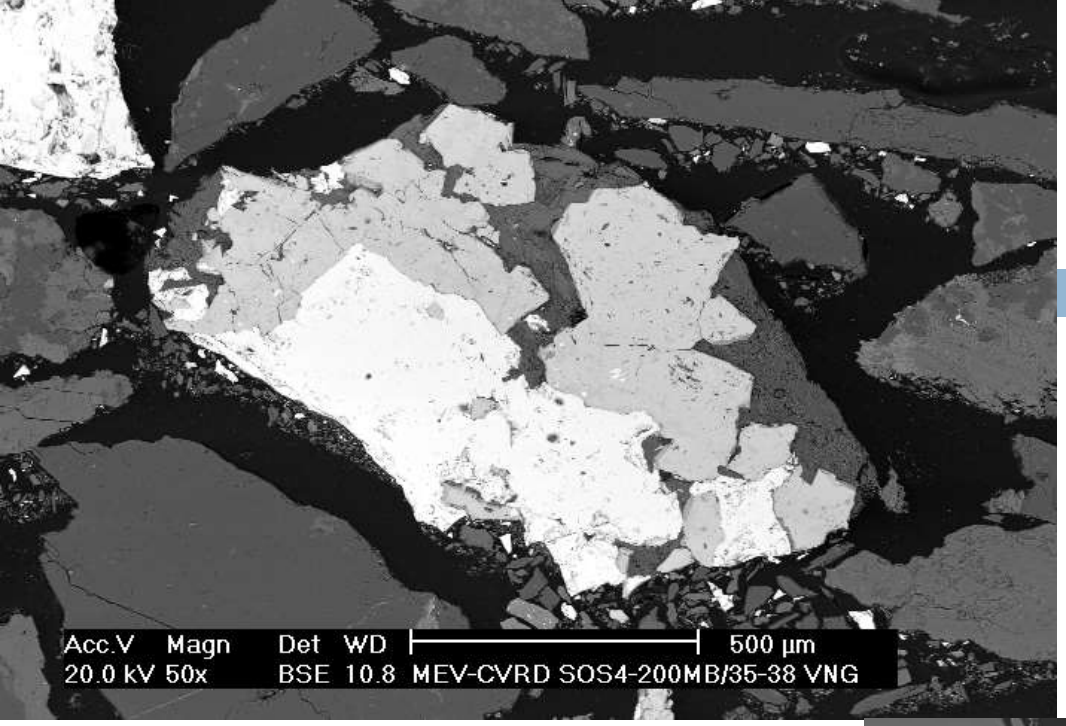
Tratamento de Minérios

- Preparação:
  - Cominuição e classificação;
- Concentração:
  - Métodos densitários;
  - Flotação;
  - Separação magnética e eletrostática;
  - Outros: separação óptica (ore sorting).
- Desaguamento:
  - Espessamento, filtragem e secagem.
- Transporte

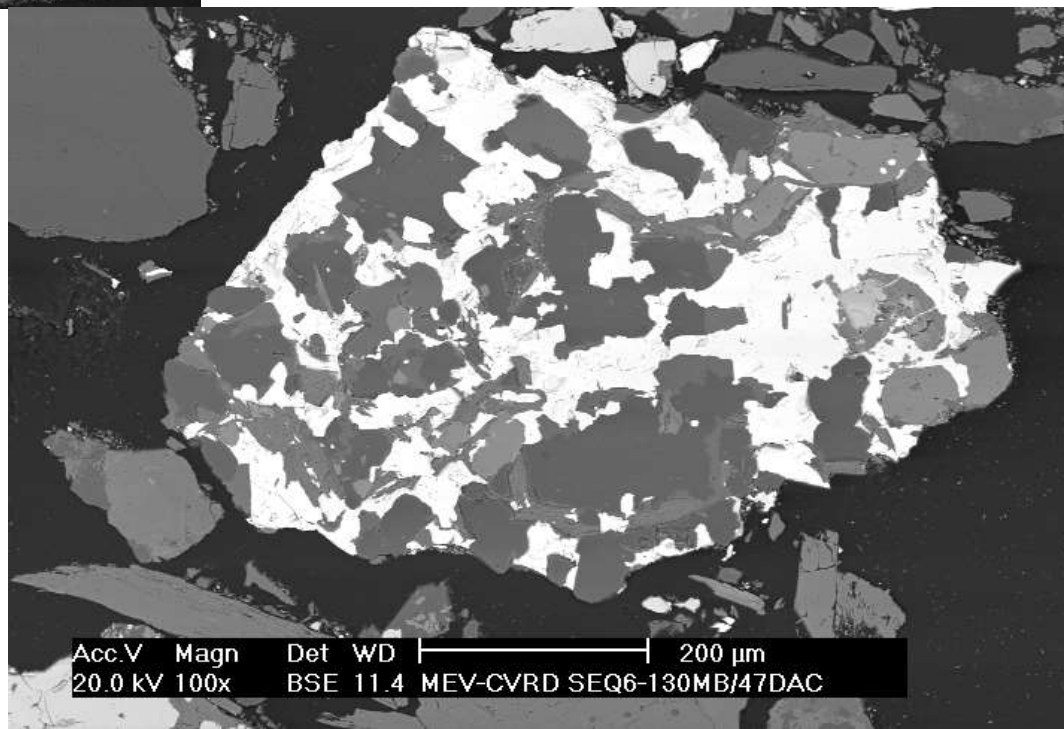
CONCENTRAÇÃO: Propriedades relevantes

- Concentração densitária:
  - Densidade relativa.
- Flotação:
  - Físico-química de superfície.
- Separação magnética:
  - Susceptibilidade magnetica.
- Separação eletrostática:
  - Condutibilidade elétrica / temperatura.
- Ore sorting:
  - Diversas propriedades das partículas: brilho, cor, radiação, magnetismo, química, etc.
- Todos: granulometria!

Porque separar partículas sólidas?

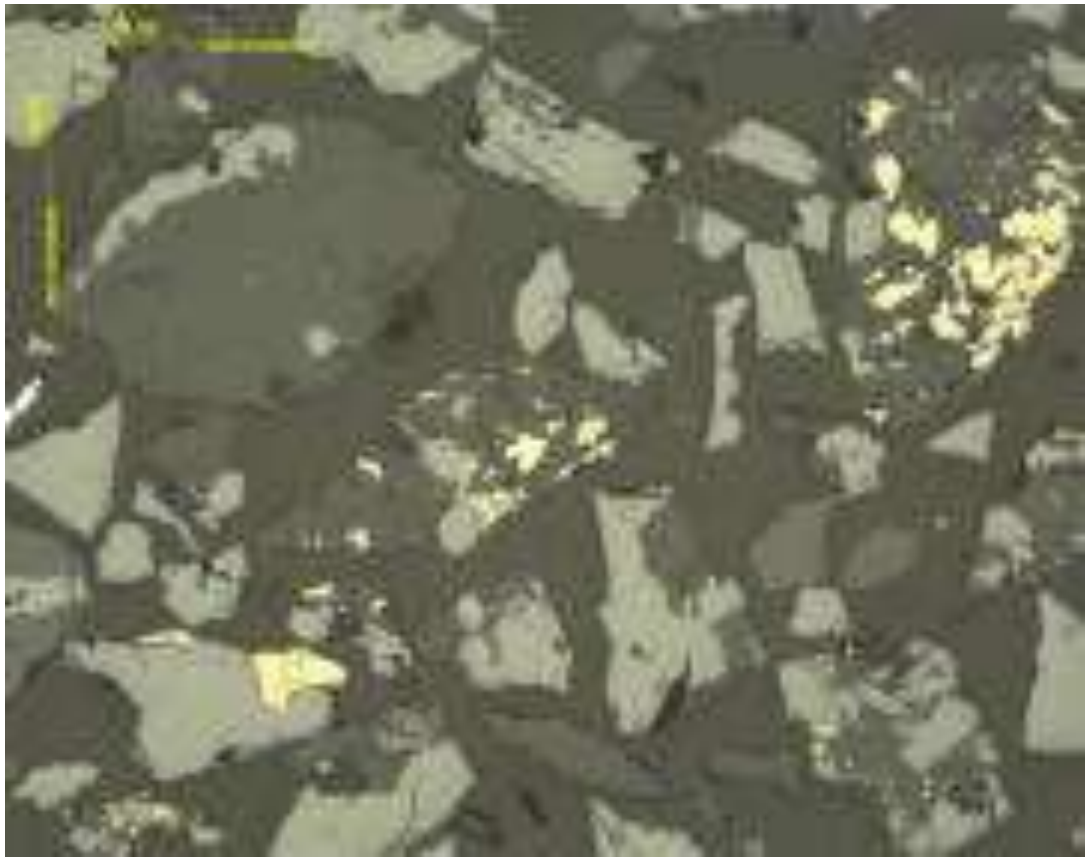


Sossego



Sequeirinho

Porque separar?



Salobo

Porque separar?

Exemplos de fluxogramas – níquel sulfetado

Vídeo Mirabela

Aplicações:

- Concentração de minérios;
- Separação de rejeitos industriais;
- Tratamento de água;
- Separação de resíduos domésticos;
- Separação de resíduos de construção civil;
- Descontaminação de solos;
- Reciclagem de pneus;
- Reciclagem de baterias;
- Etc...

Exemplos de fluxogramas – minério de ferro

aço = liga de ferro e carbono

propriedades:

- forjável a quente e a frio
- tratável termicamente
- magnético
- processo barato de produção: alto forno e refino
- tem suas propriedades alteradas por elementos de liga

minérios abundantes, jazidas superficiais e de grande volume:

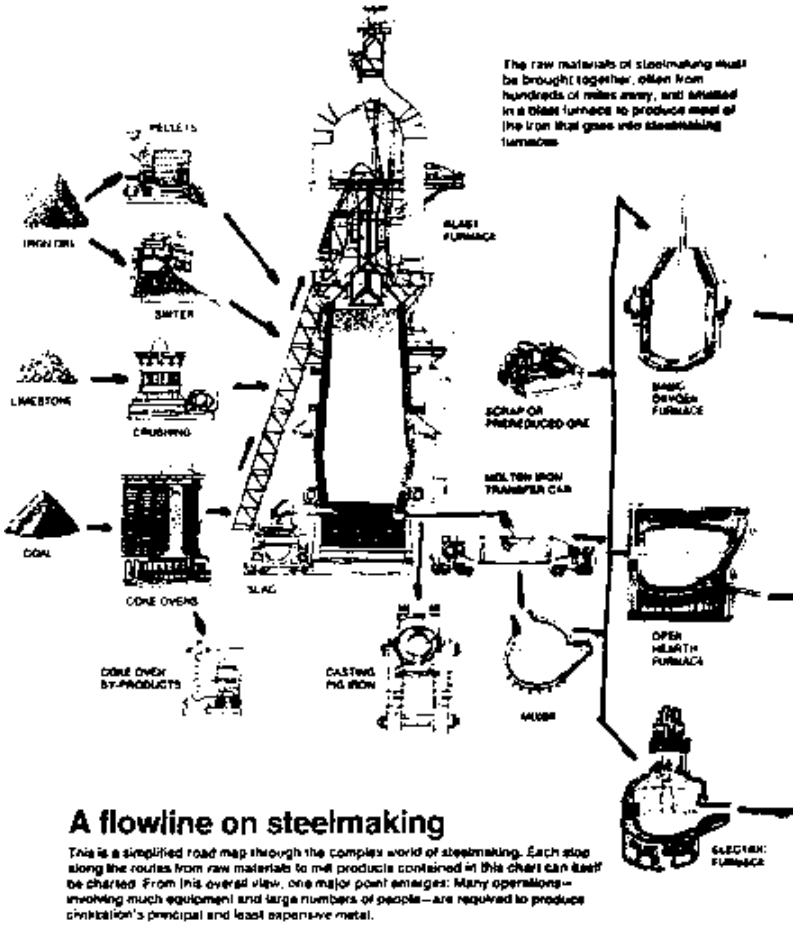
- produção barata
- abundância de oferta
- concentração fácil = concentrados de alto teor

Exemplos de fluxogramas – minério de ferro

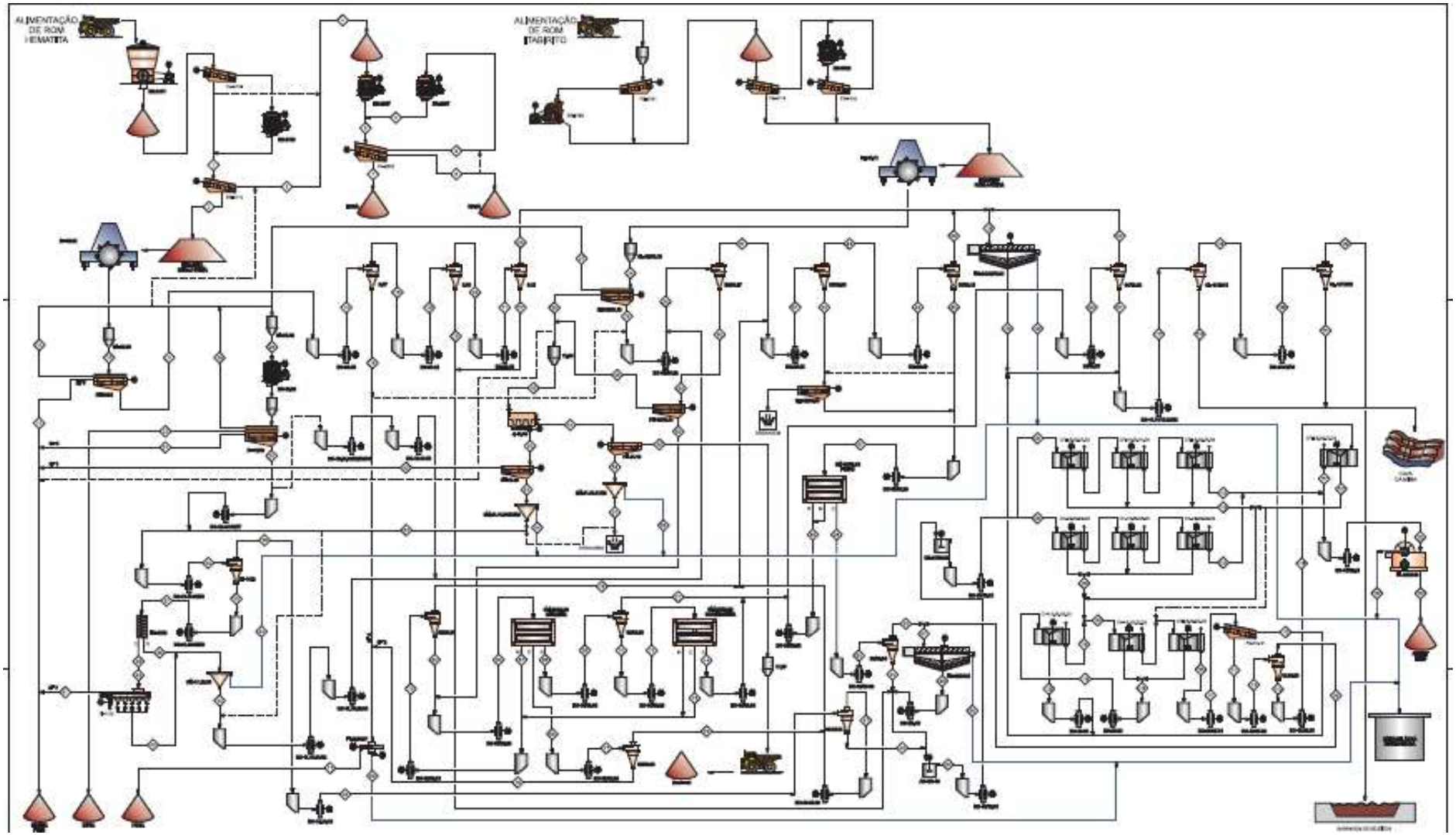
produção de aço = redução do minério em alto forno + refino

o minério de ferro para redução em alto-forno precisa ser:

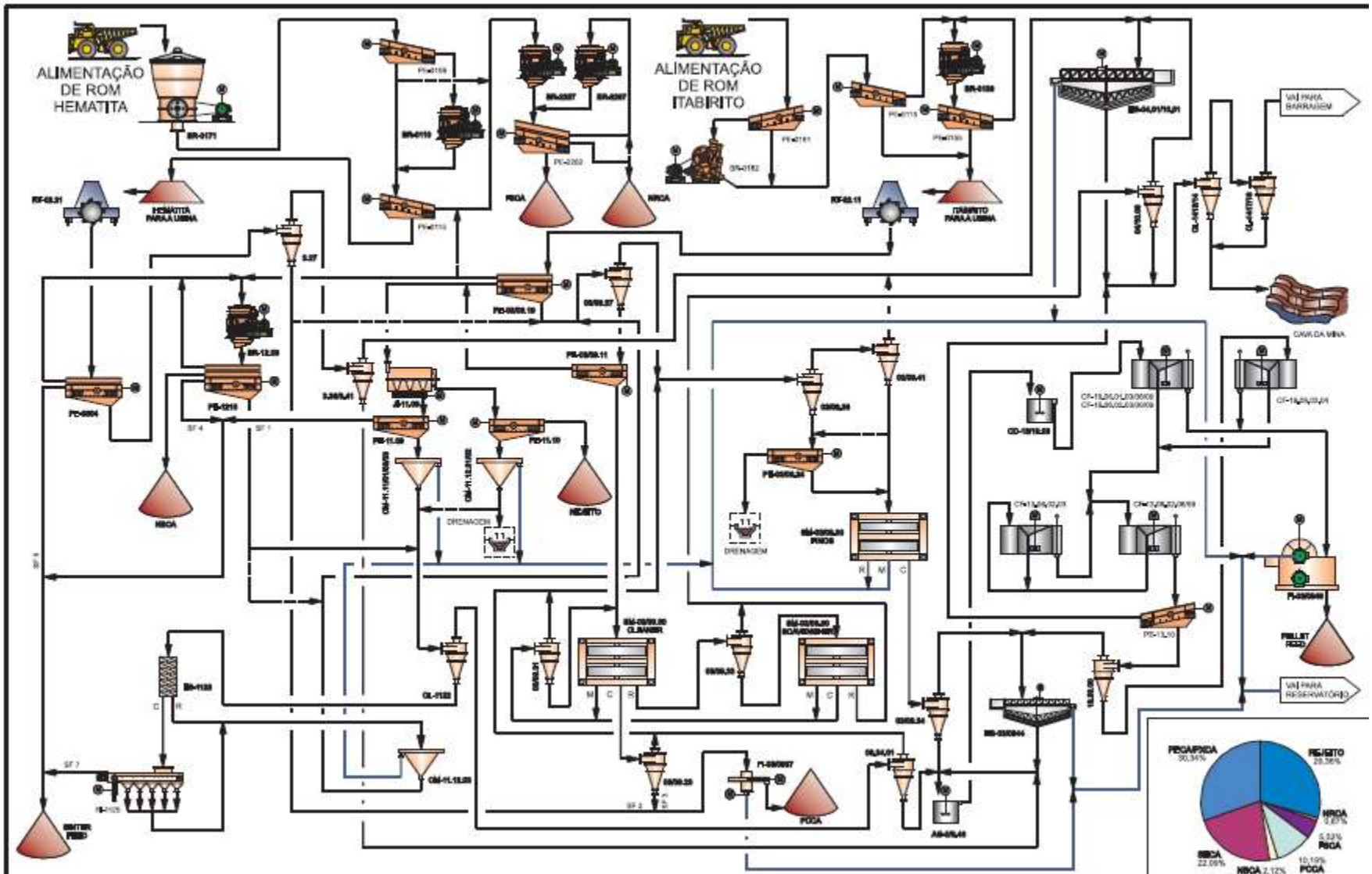
- grosso (ou aglomerado),
- isento de finos,
- ter teor de Fe elevado,
- ter teor de SiO_2 baixo,
- não ter contaminantes (P, S)



Exemplos de fluxogramas – minério de ferro



Exemplos de fluxogramas – minério de ferro



Exemplos de fluxogramas – minério de ferro

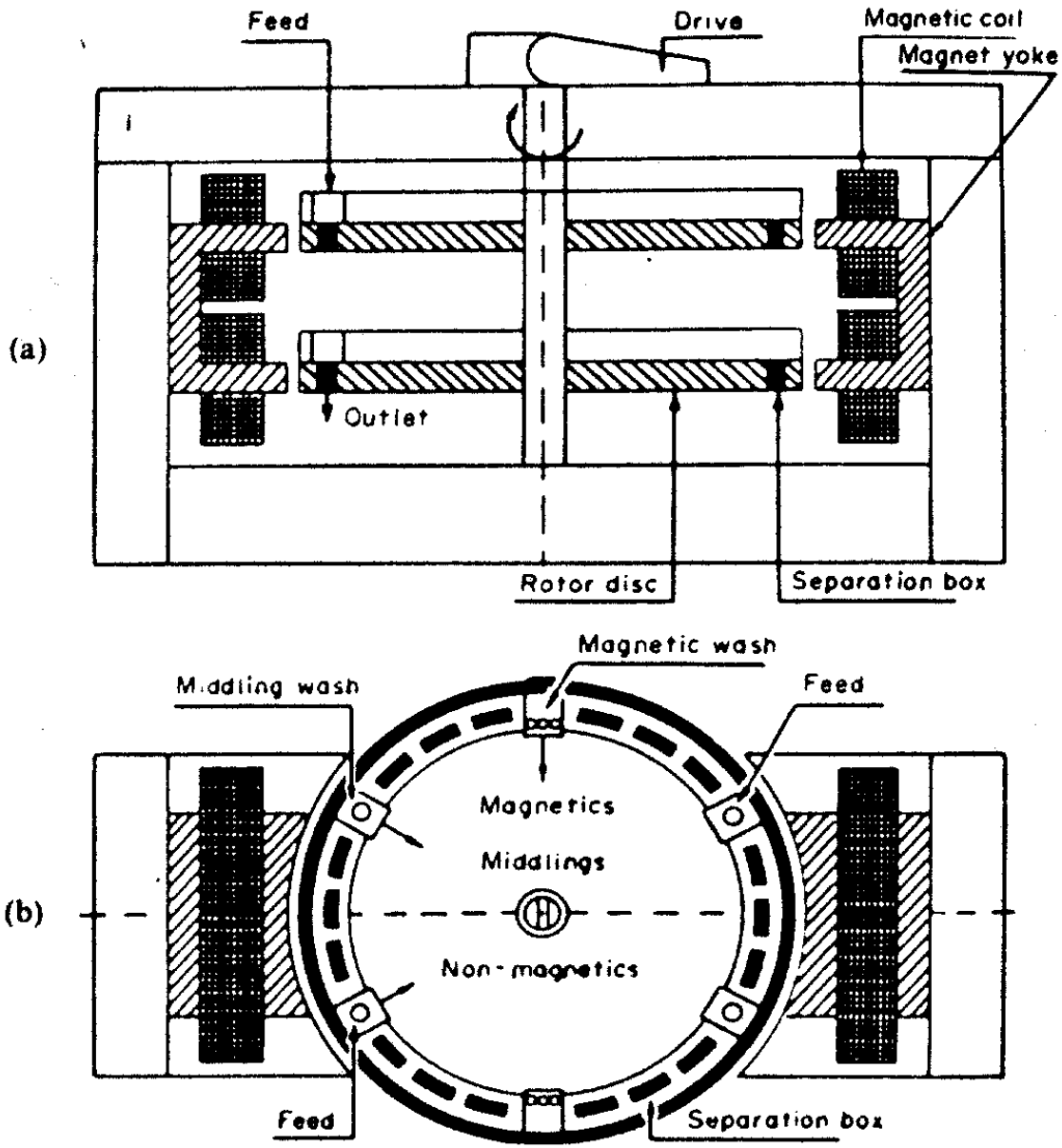
processos de beneficiamento de minérios:

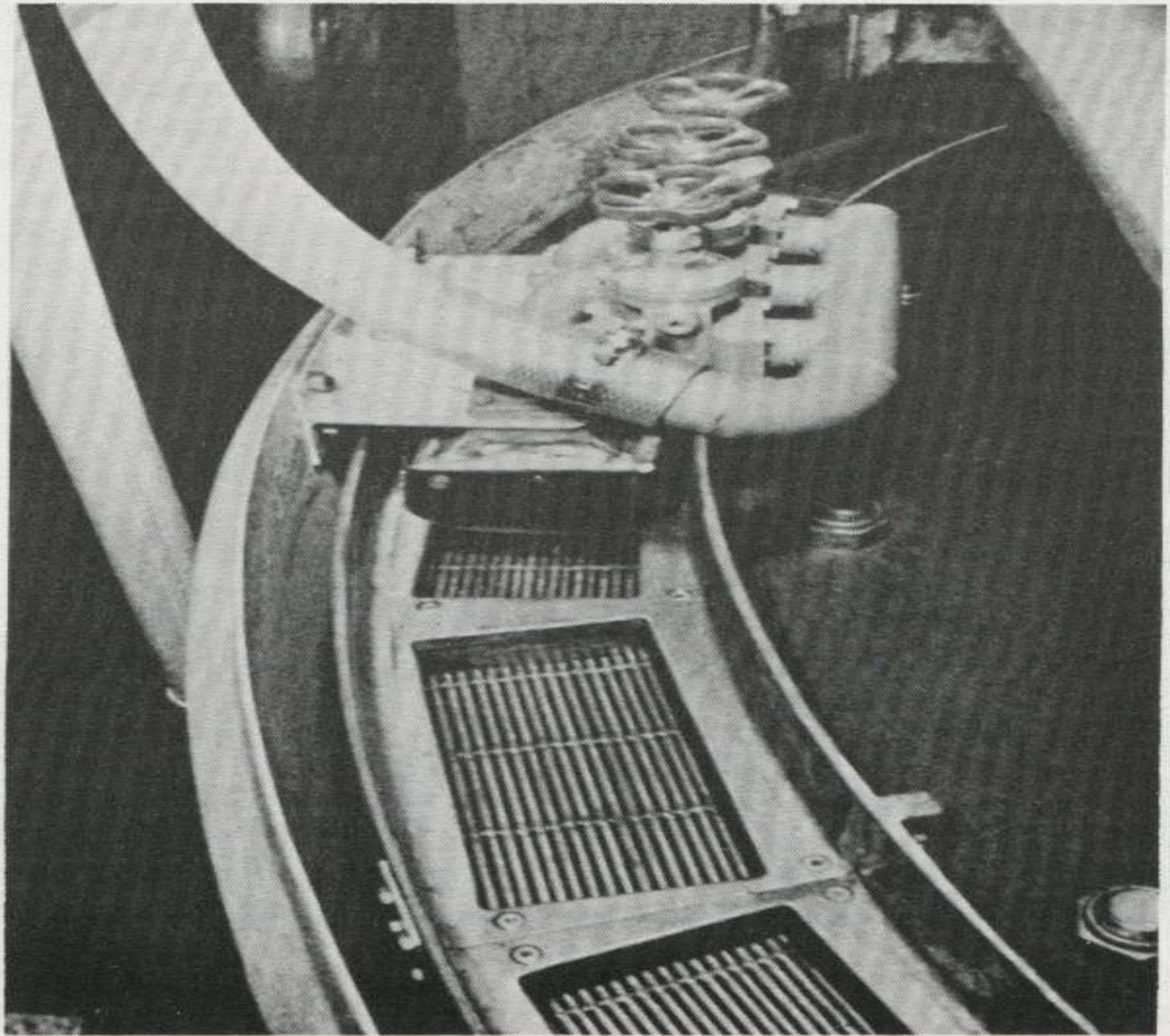
densitários – hematita, d = 5,2, quartzo, d = 2,7

espirais concentradoras

Exemplos de fluxogramas – minério de ferro

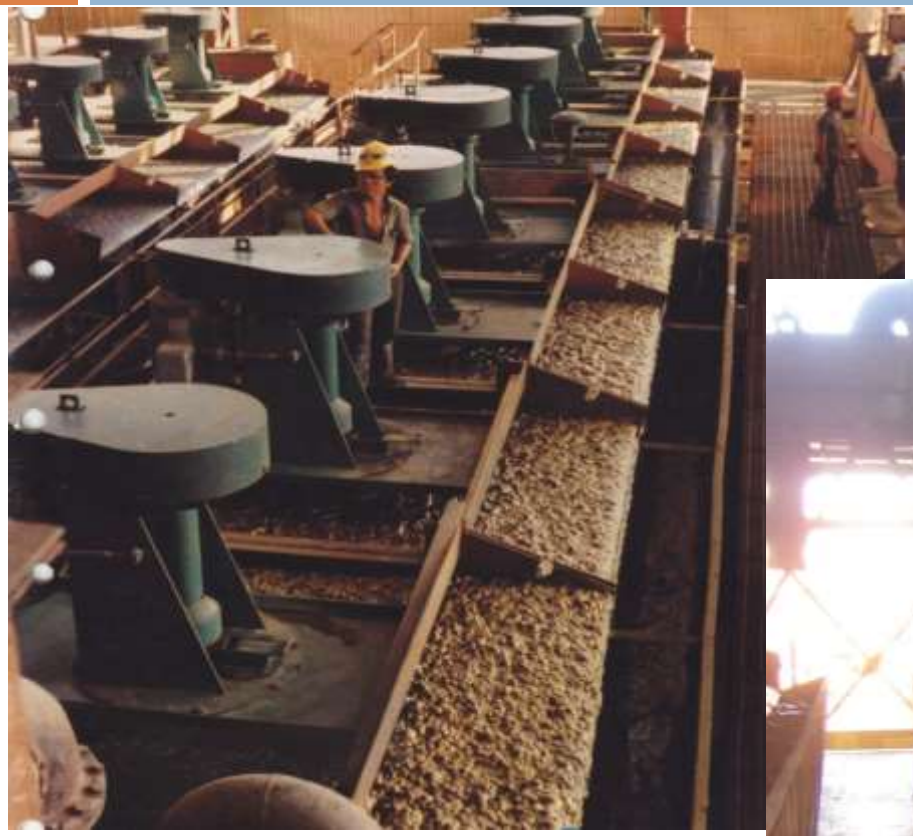
Separador Jones (WHIMS)





Exemplos de fluxogramas – minério de ferro

Exemplos de fluxogramas – minério de ferro



Exemplos de fluxogramas – minério de ferro

Exemplos de fluxogramas – minério de ferro

Exemplos de fluxogramas – minério de ferro

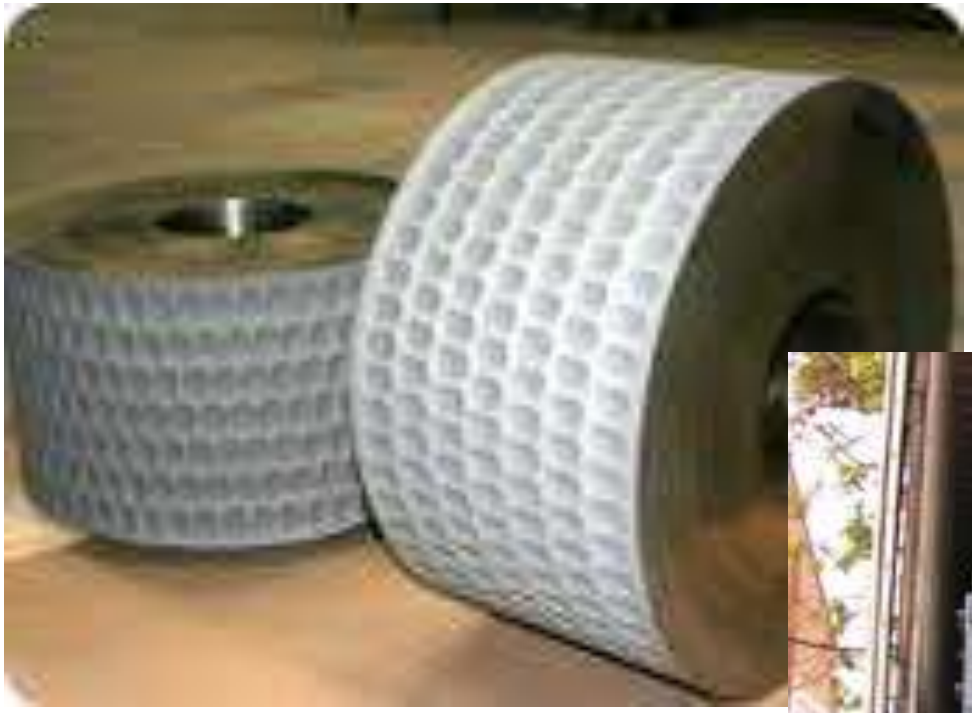
processos de aglomeração de finos:

- sinterização,
- pelotização,
- briquetagem

Exemplos de fluxogramas – minério de ferro

Pelotização

Exemplos de fluxogramas – minério de ferro



Briquetagem

PLANTA D
PLANTA A
PLANTA B

PLANTA C

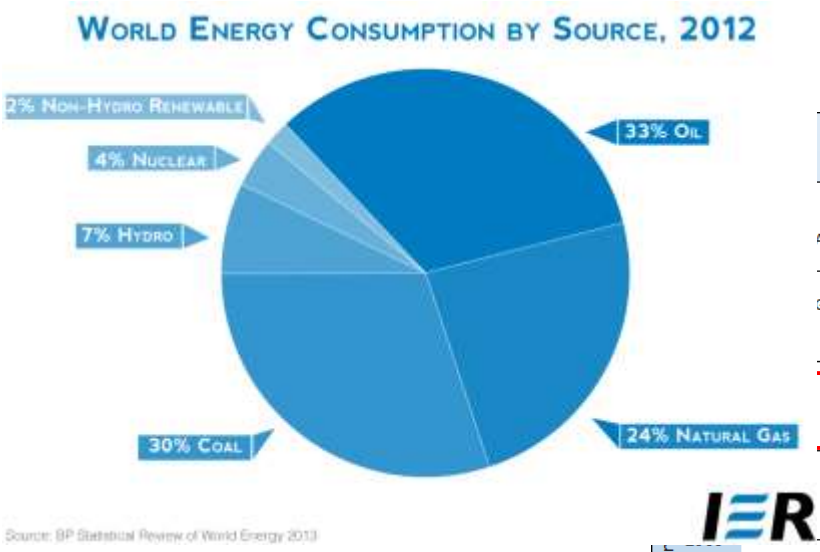
Exemplos de fluxogramas – carvão

No Brasil não temos a cultura do uso do carvão !

balanço energético brasileiro

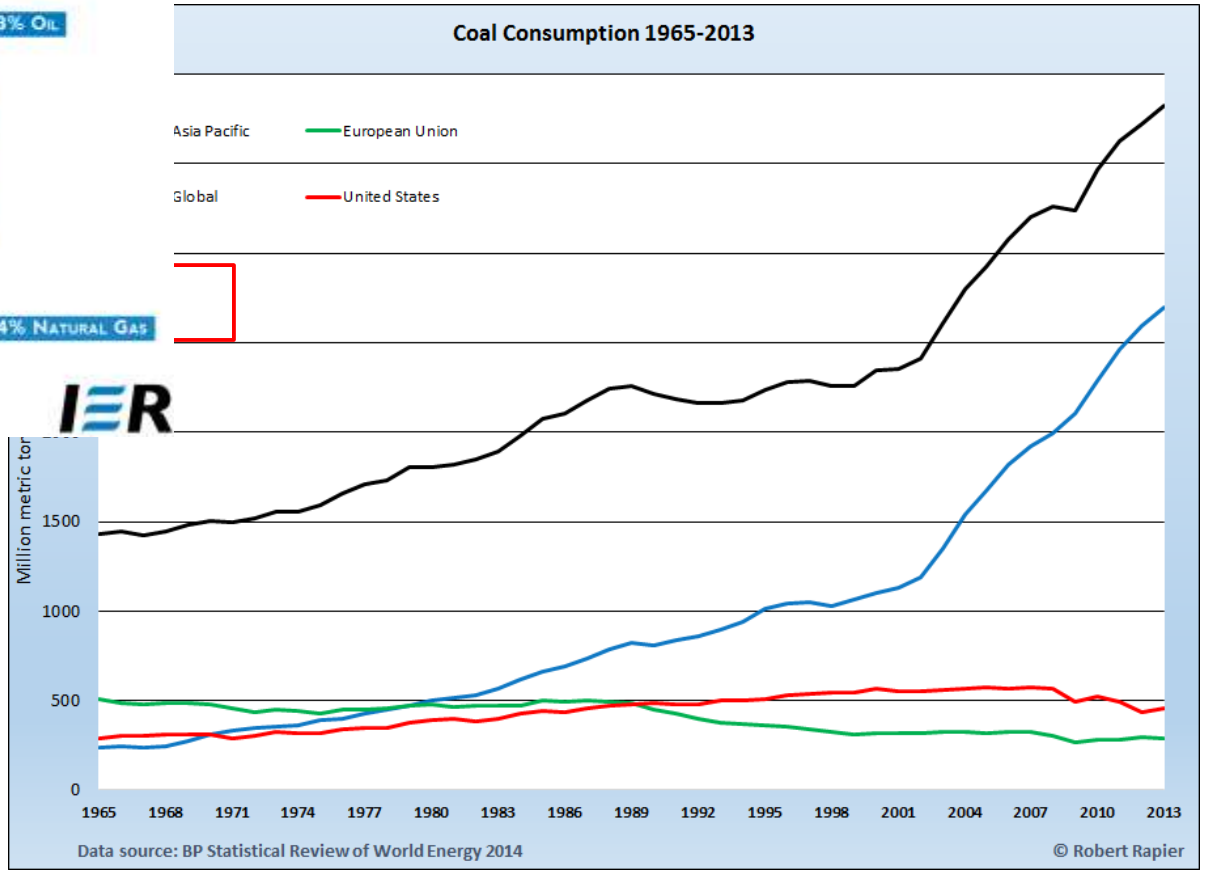
energia	%
petróleo	42,0
gás natural	8,8
carvão vapor	1,2
carvão metalúrgico	0,1
U_3O_8	0,7
total de não renováveis	52,7
hidráulica	14,5
lenha	14,2
bagaço de cana	15,5
outras	3,2
total de renováveis	47,3

Exemplos de fluxogramas – carvão



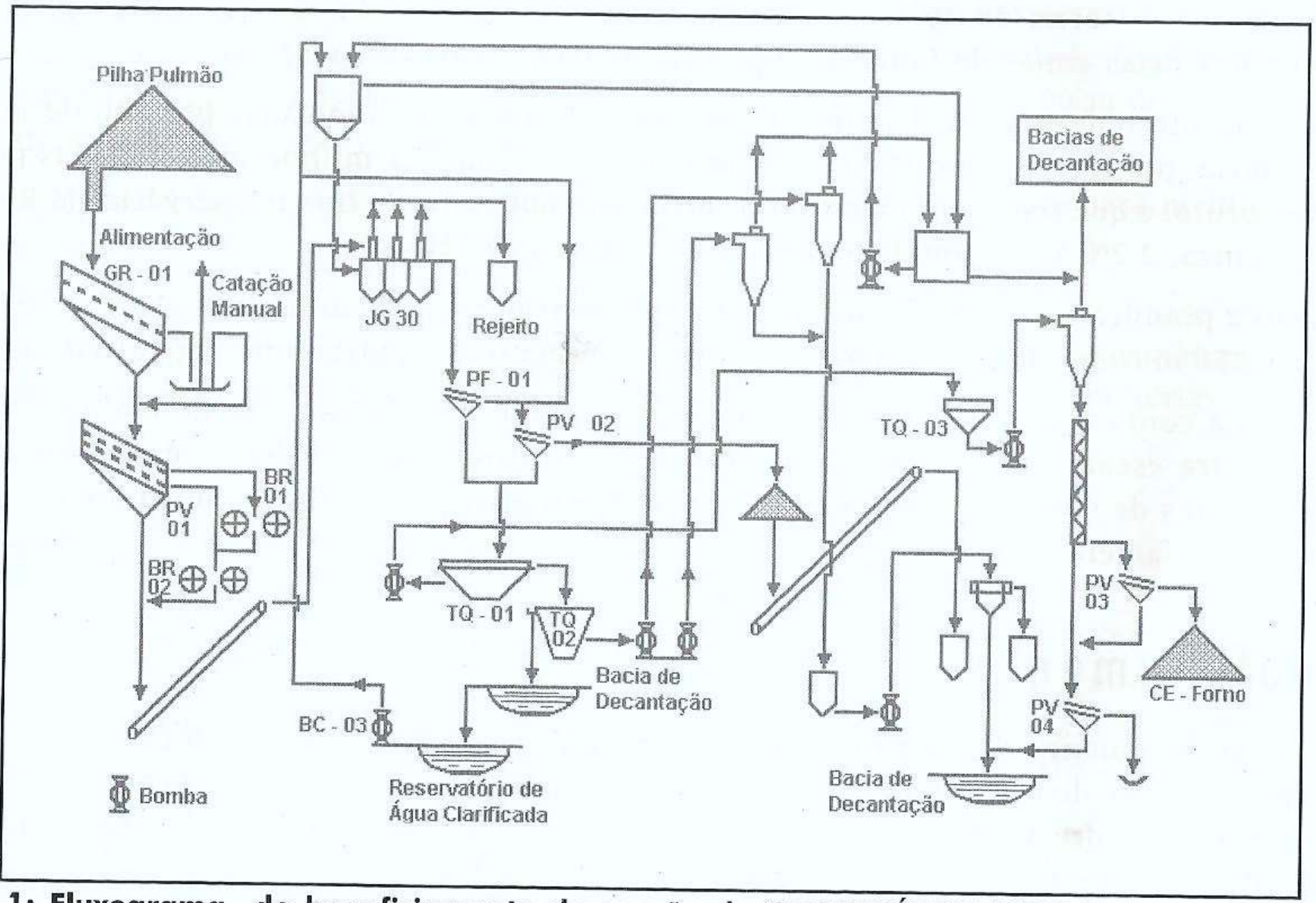
http://instituteforenergyresearch.org/analysis/statistical-review-of-world-energy-2013-viva-la-shale-revolucion/

Mundo



http://www.energytrendsinsider.com/2014/07/30/king-coal-deposed-in-west-but-reigns-in-east/

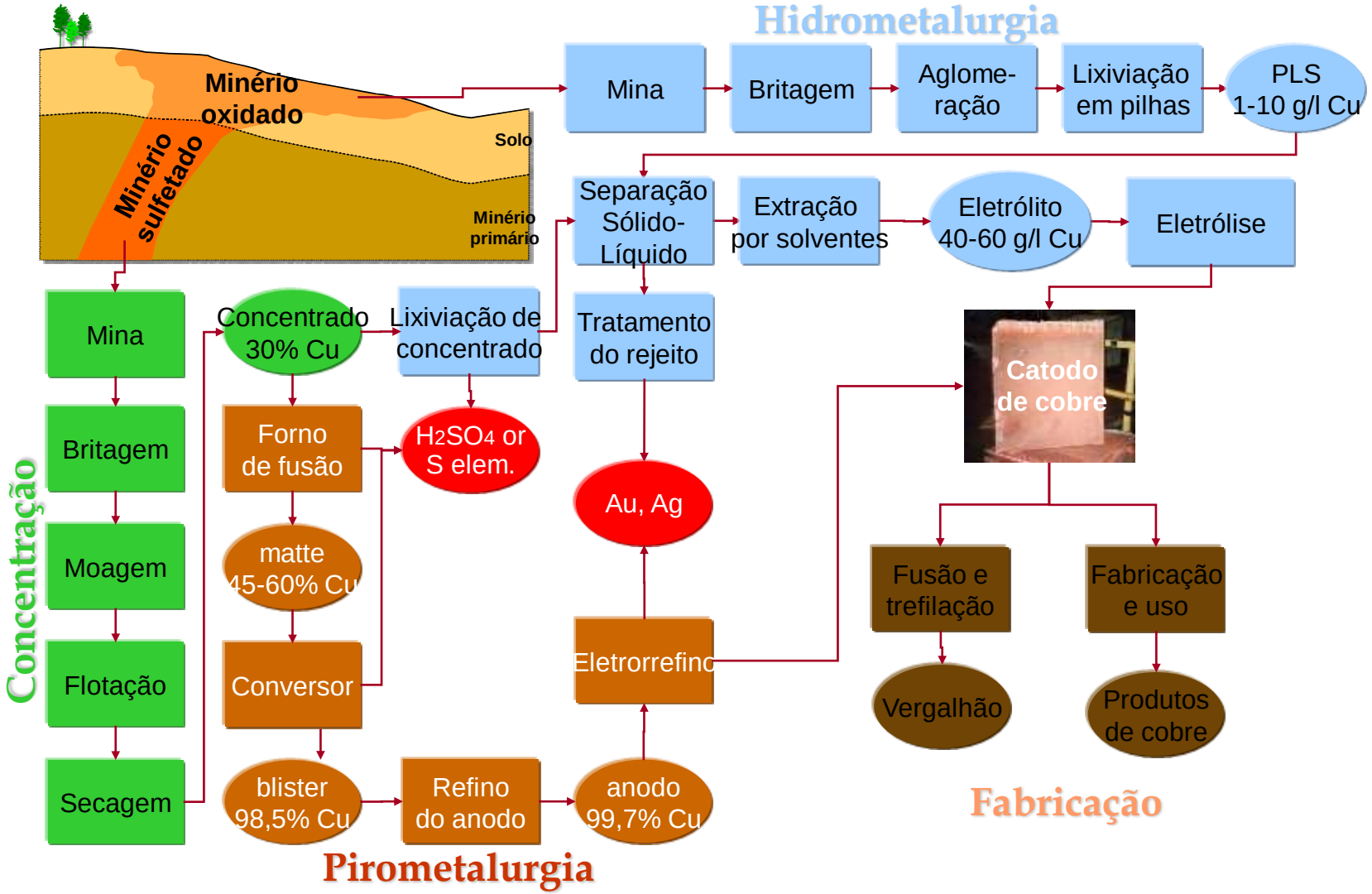
Exemplos de fluxogramas – carvão



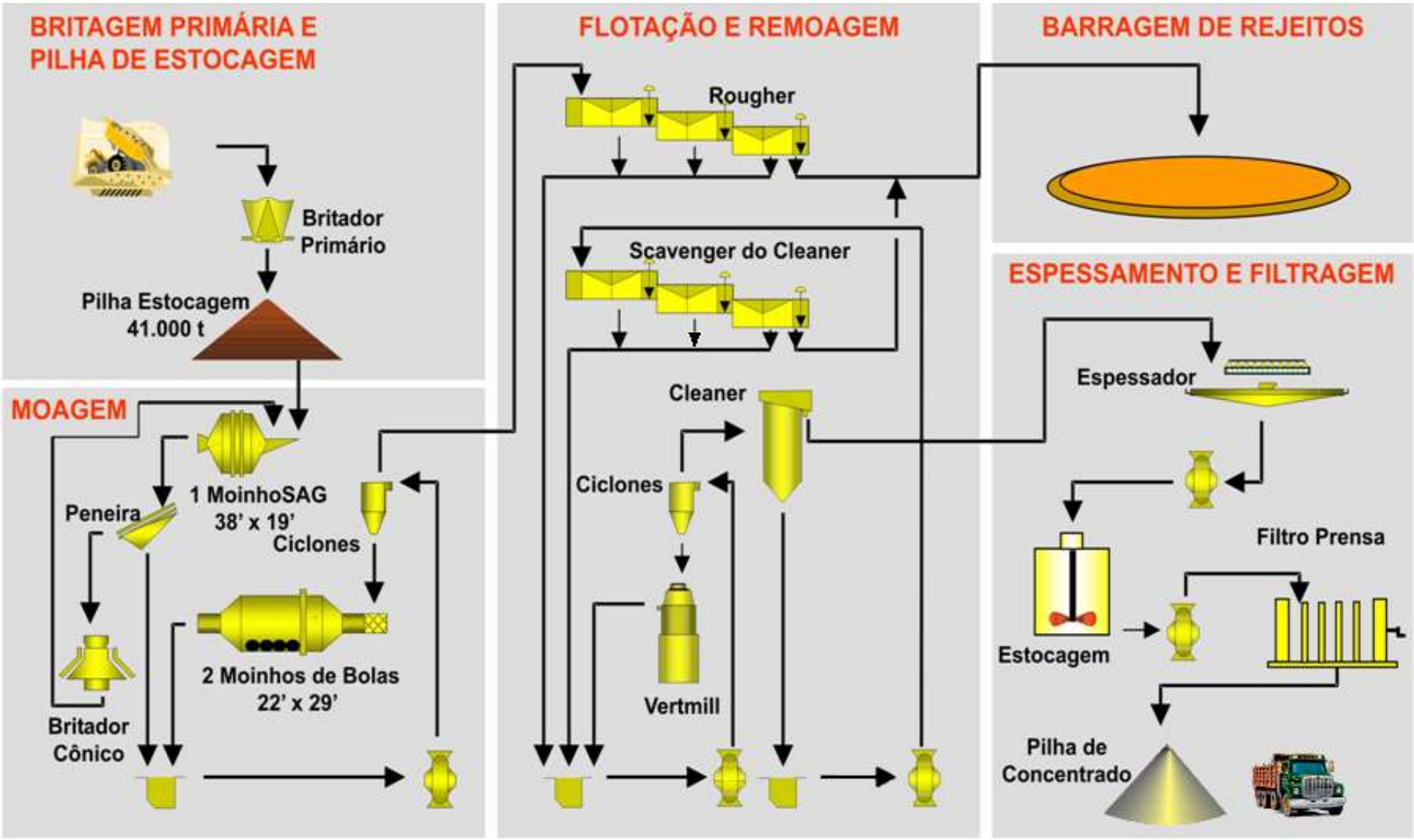
1: Fluxograma de beneficiamento de carvão da CARBONÍFERA METROPOLITANA

Foto: Jochen Peters

Exemplos de fluxogramas – cobre



Exemplos de fluxogramas – cobre



Minério sulfetado

As aplicações são só na mineração?

As aplicações são só na mineração?

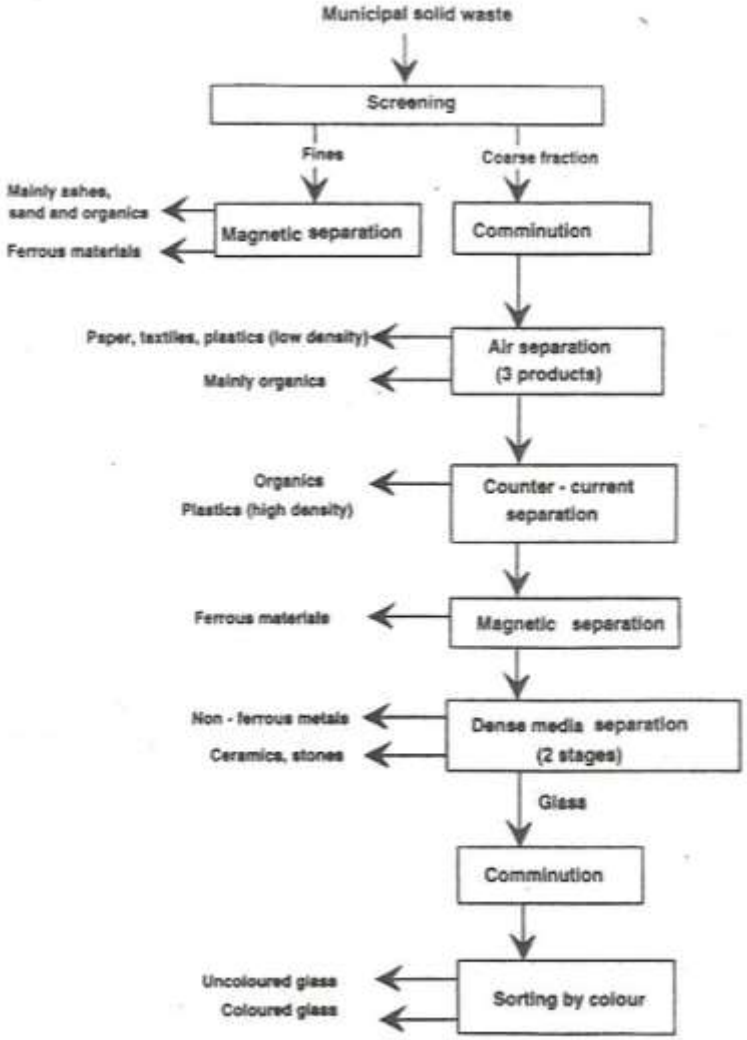
As aplicações são só na mineração?

As aplicações são só na mineração?

As aplicações são só na mineração?

Será que é possível usar os conceitos de beneficiamento de minérios para resolver esses problemas???

Processamento de lixo doméstico



fonte: Hoberg, 1993 FIG 14 - The Aachen process for treating household refuse.

Perfil do lixo produzido nas grandes cidades brasileiras:

1. 39%: papel e papelão
2. 16%: metais ferrosos
3. 15%: vidro
4. 8%: rejeito
5. 7%: plástico filme
6. 2%: embalagens longa vida
7. 1%: alumínio

Fonte: ambiente brasil

- http://www.youtube.com/watch?v=VqXQOqa1XcM

Reciclagem de carros

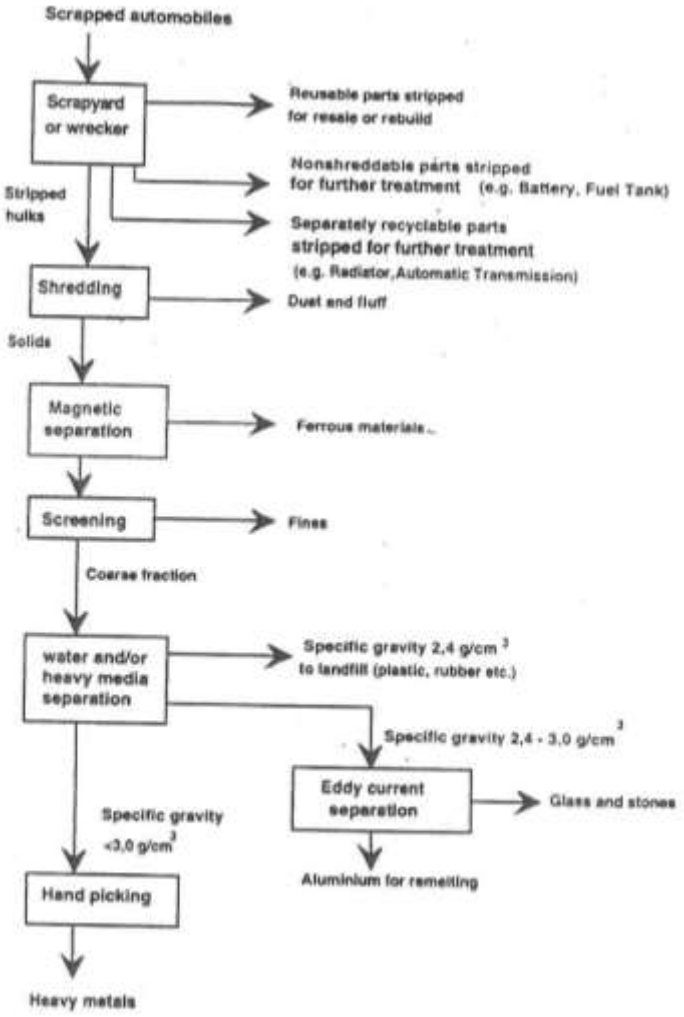


FIG 15 - The process of recycling of scrapped cars.

http://www.youtube.com/watch?v=ipgpwwBB9G0

fonte: Hoberg, 1993

Reciclagem de pneus

http://www.youtube.com/watch?v=29TFF07Ubkw

Reciclagem de lixo eletrônico

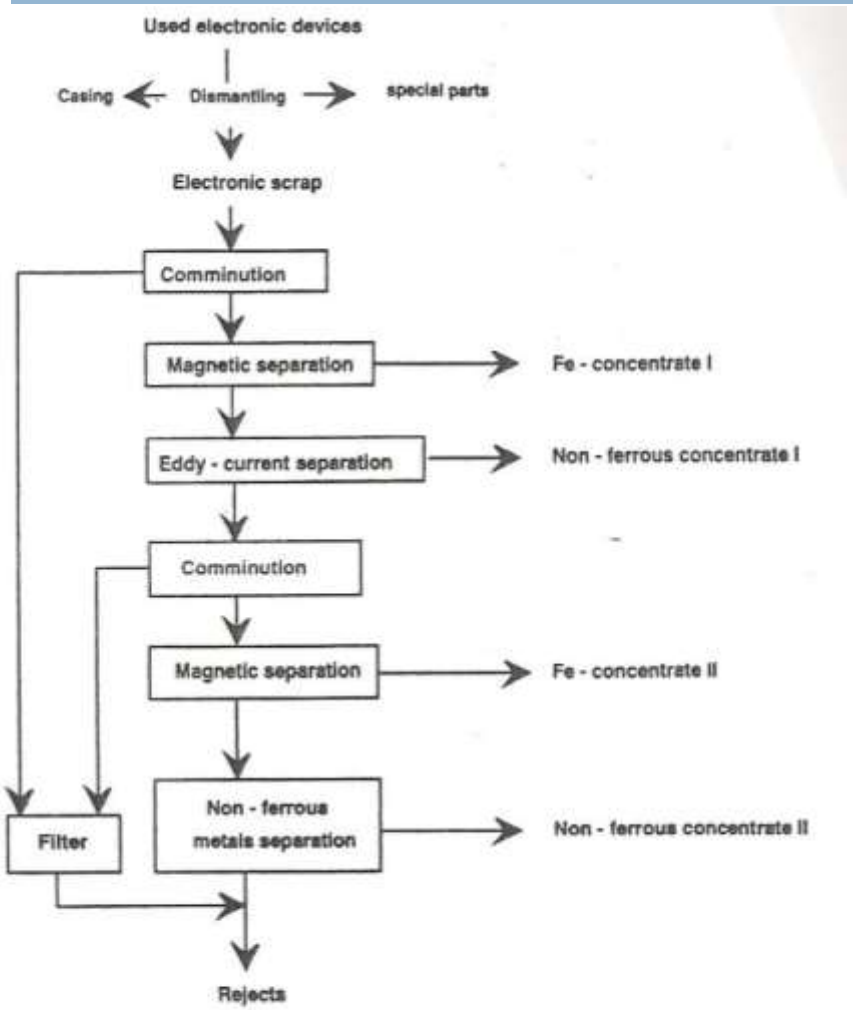


FIG 17 - Simplified flowsheet of the process of electronic scrap recycling.

fonte: Hoberg, 1993

http://www.youtube.com/watch?v=w5varrki7gc&feature=related

Reciclagem de baterias

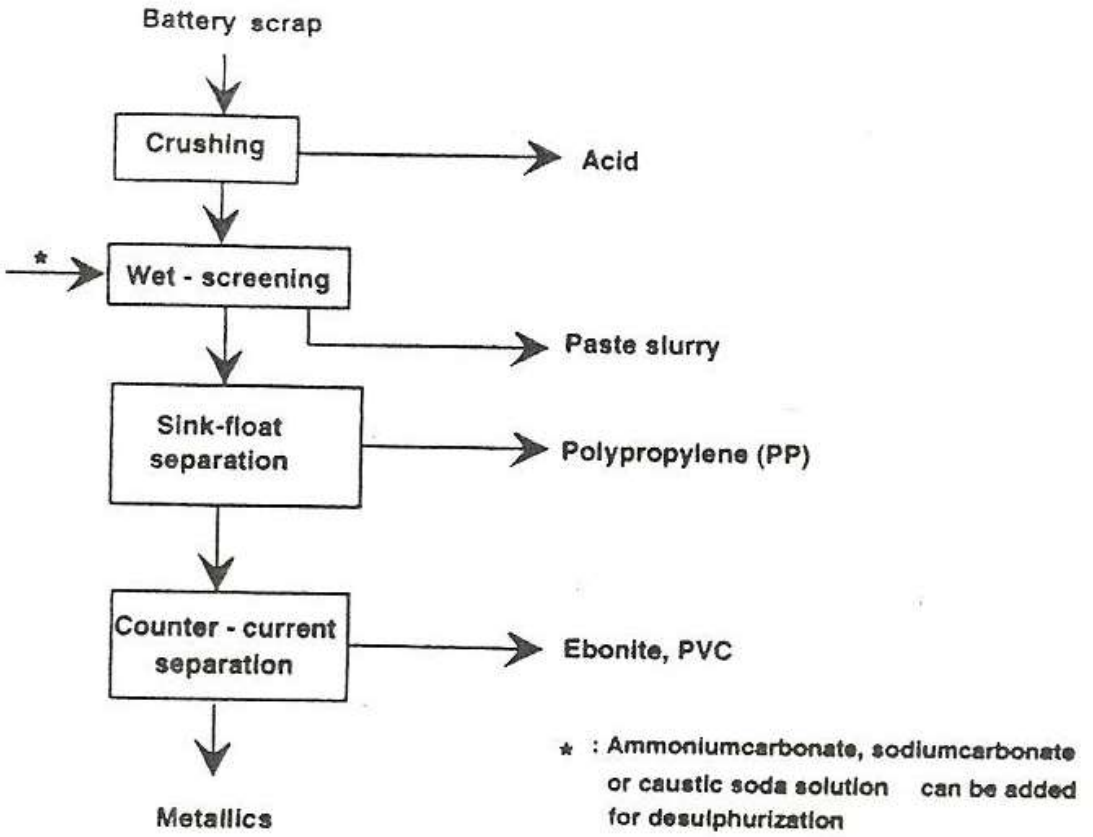
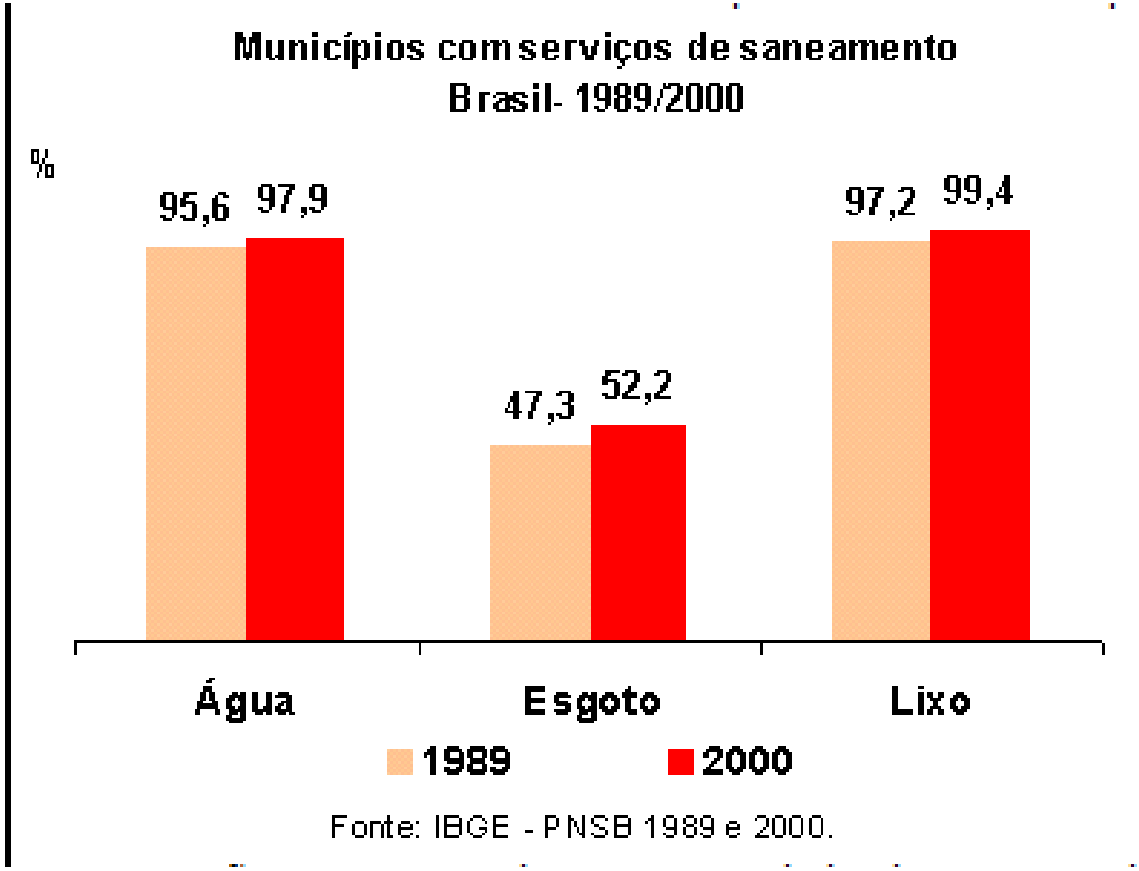


FIG 18 - Simplified flowsheet for recycling of battery scrap.

fonte: Hoberg, 1993

Tratamento de esgotos



http://www.youtube.com/watch?v=UteJqfmnxZU

Descontaminação de solos

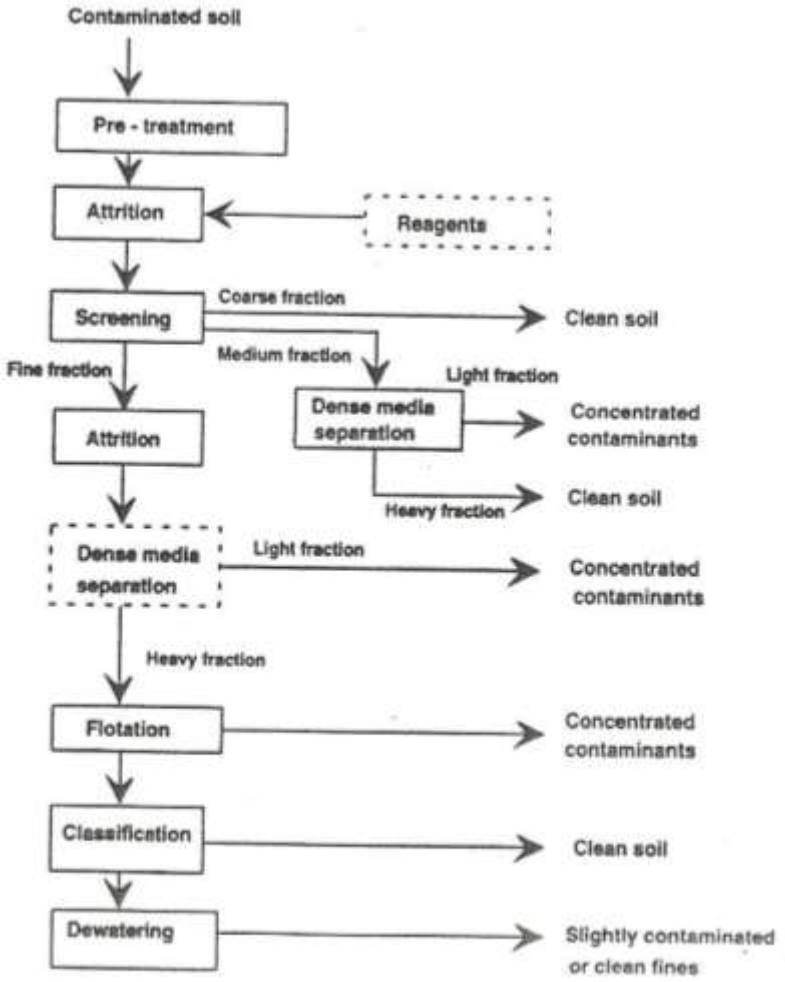


FIG 19 - Simplified flowsheet of soil decontamination.

fonte: Hoberg, 1993

Reciclagem de resíduos de construção civil

http://vimeo.com/11091114

REFERÊNCIAS:

- Chaves, A.P. The profile of the brazilian mining professional.
- HOBERG, H. **Applications of mineral processing in waste treatment and scrap recycling**. In: INTERNATIONAL MINERAL PROCESSING CONGRESS, 18th, 1993, Sydney. Proceedings. Sydney: IMPC, 1993. p..
- NAKAO, O. **Estratégias de educação, preparação e formação docente para o ensino da engenharia**. Palestra sobre ensino de engenharia. Poços de Caldas: Universidade Federal de Alfenas, 2011.
- United States. Department of Energy. Impacts: Industrial technologies Program: Summary of results fo CY 2008 – Boosting the productivity and competitiveness of U.S. Industry. 2010. Disponível em: <http://www1.eere.energy.gov/industry/about/pdfs/impacts2008_intro.pdf >. Acesso em: 01 out. 2011.
- Imagens google images e do autor.