

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PMI-3325

LAVRA DE MINAS: LAVRA A CEU ABERTO

AULA 4 - 2017

Lavra em Bancadas: Rampas e Drenagem

Prof. Giorgio de Tomi



SUMARIO

- Rampas e acessos de mina:
 - Desenho
 - Construção
 - Manutenção



INTRODUÇÃO

- Lavra a céu-aberto:
 - ✓ lavra em bancadas
 - ✓ lavra em tiras
 - ✓ desmonte hidráulico
 - ✓ dragagem
 - ✓ métodos híbridos



DESENHO DE RAMPAS E ACESSOS

Pesquisa em 13 minas a céu aberto no Canadá:

- Aproximadamente **4 km/pit** em rampas e acessos dentro da cava
- Aproximadamente **8 km** de vias e acessos fora da cava
- Caminhões com capacidades entre **35 t e 360 t**
- Gradientes entre **8% e 10%**, com superelevação máxima de **4%**
- Materiais de cascalhamento: **estéril, pedra britada e outros.**
- Defeitos da pista: **buracos, erosão, acúmulo de materiais, e outros.**
- Causas típicas: **precipitação, grande volume de tráfego, baixa compactação**



PROJETO DA RAMPA

- Normalmente, a largura da rampa é de 3 a 4 vezes a largura do maior veículo de transporte utilizado;
- Quando a rampa usa mão-dupla, as curvas tem largura adicional
- O projeto da rampa deve utilizar um valor adequado de superelevação conforme a força centrífuga do maior veículo utilizado.



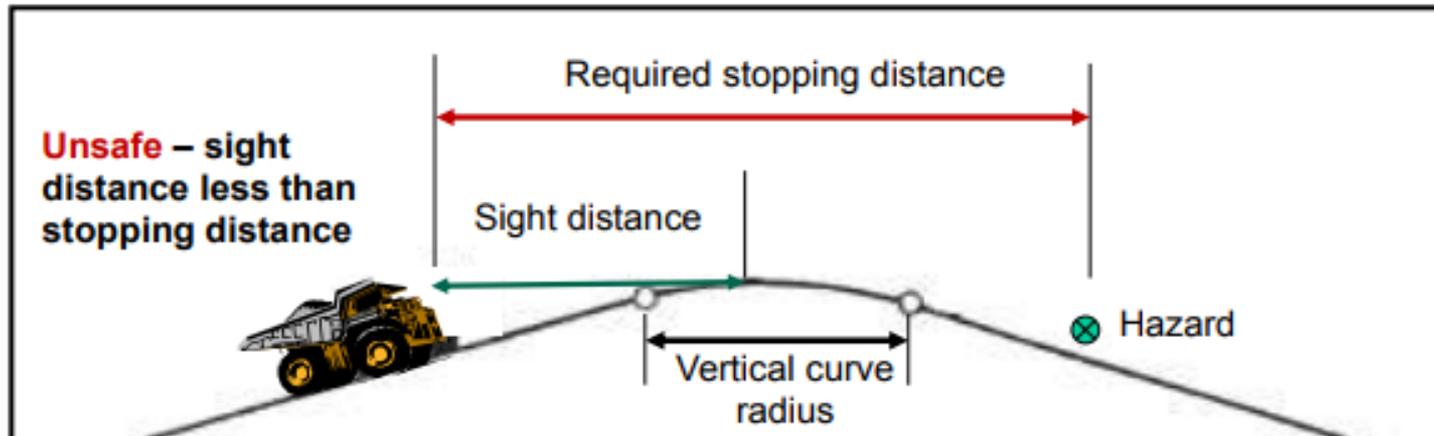
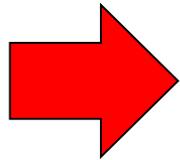


PROJETO DA RAMPA

- Os critérios de projeto para curvas são o angulo-de-visão e distância de parada.
- As curvas devem ser projetadas de forma que o ângulo de visão proporcione uma distância igual ou maior que a distância necessária para parar o caminhão.
- Os gradientes são normalmente iguais ou menores que 8%, sendo que gradientes maiores de 10% somente são utilizados para acessos temporários.

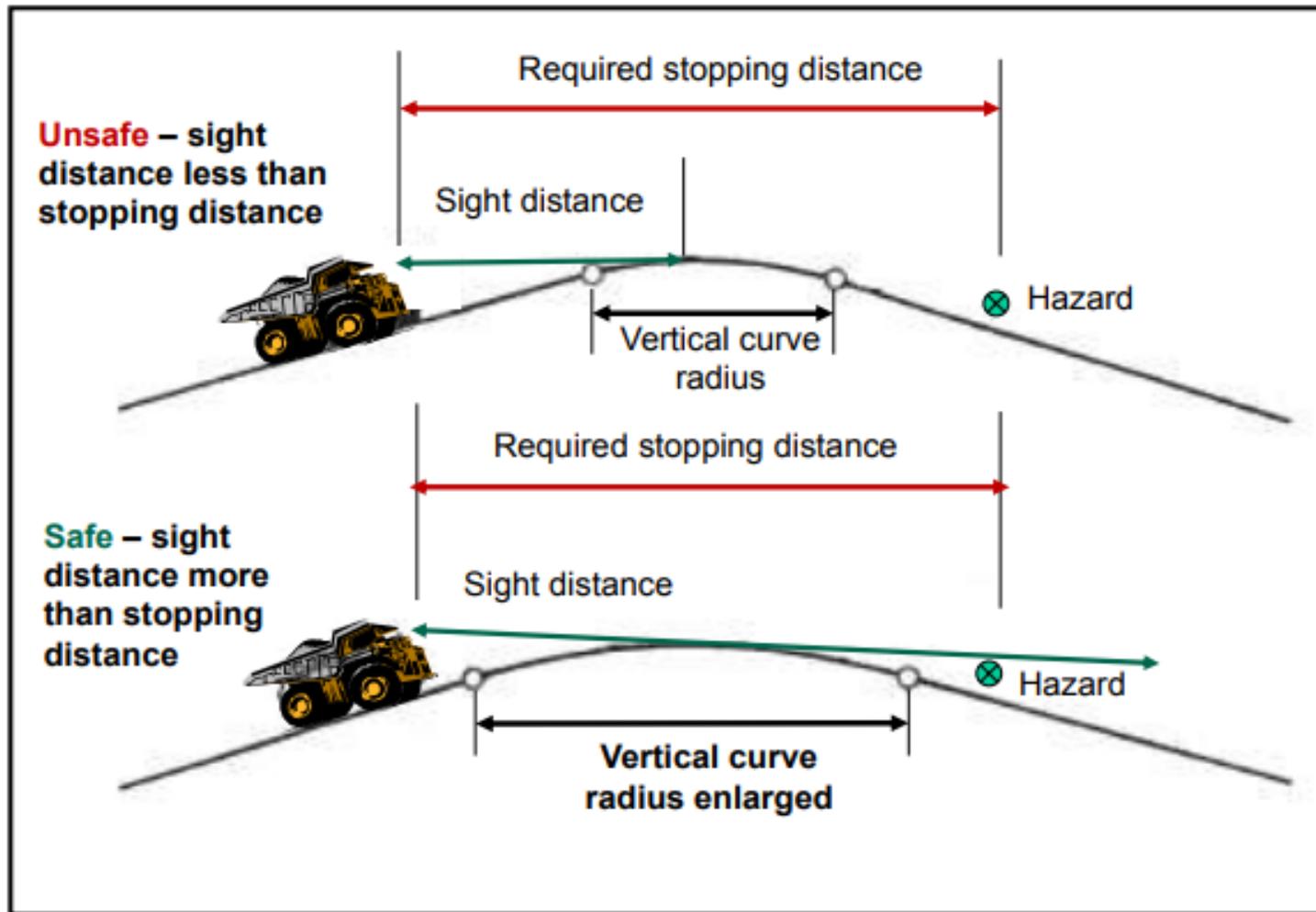


PROJETO DA RAMPA



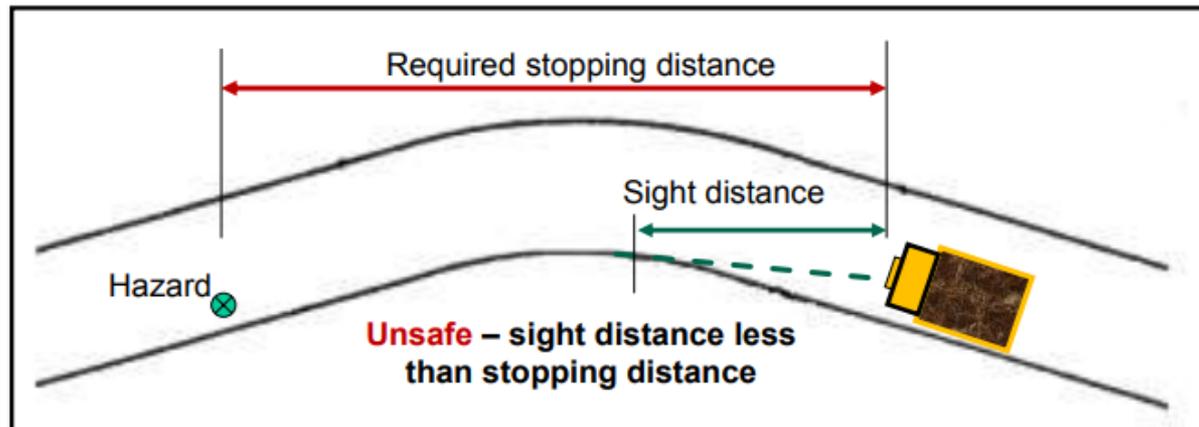
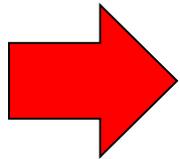


PROJETO DA RAMPA



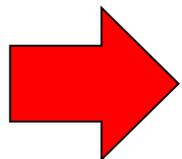
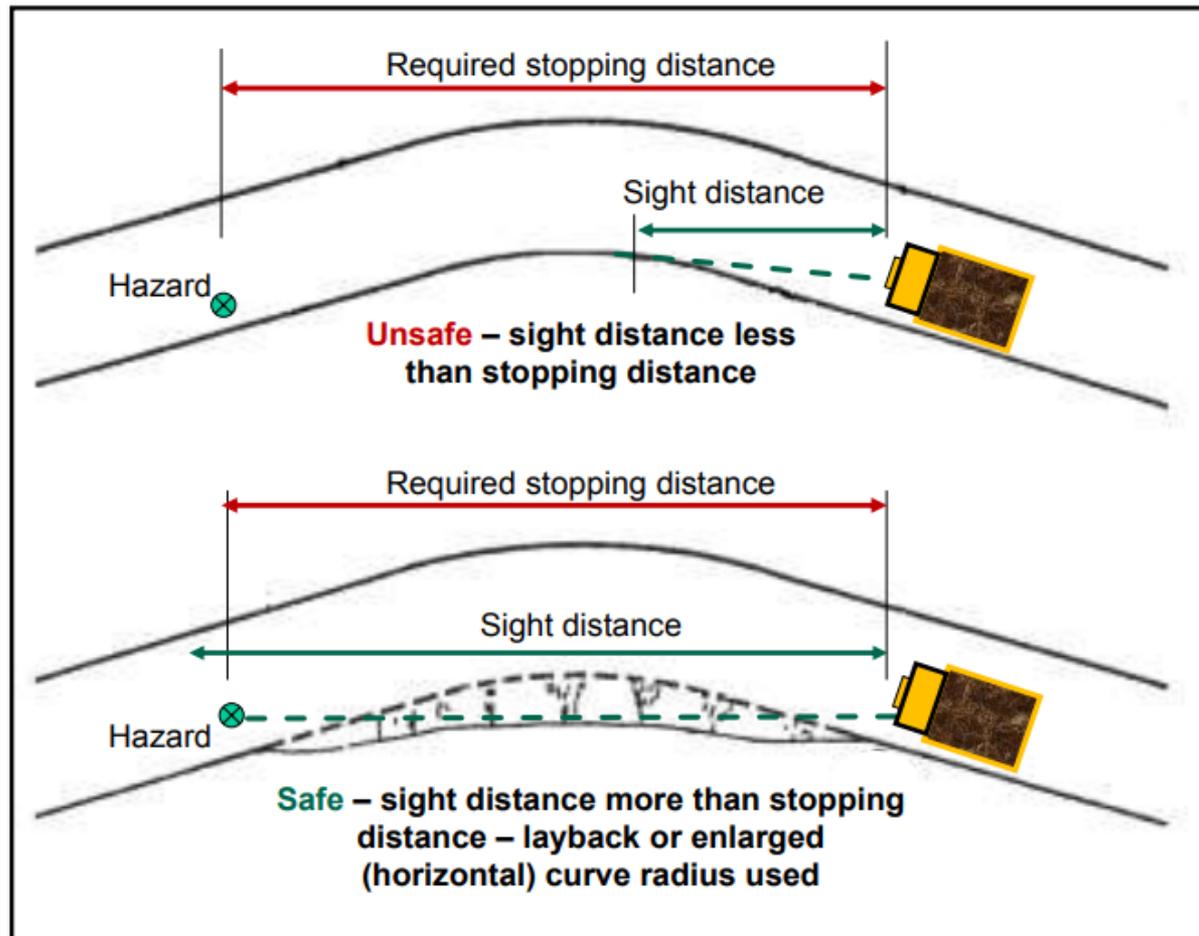


PROJETO DA RAMPA





PROJETO DA RAMPA





PROJETO DA RAMPA

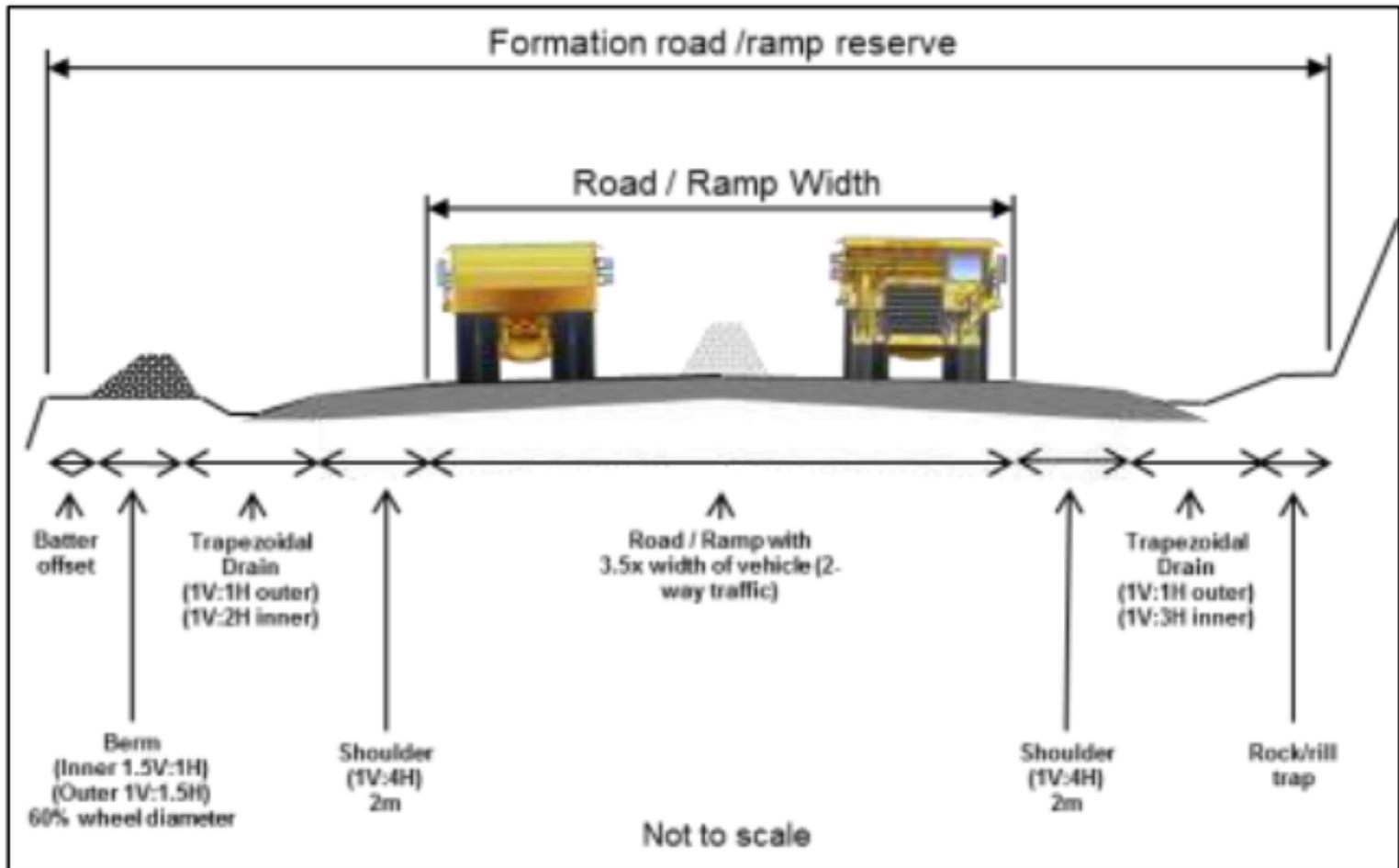
- Regras práticas para o projeto de rampas:
 - Evitar curvas no topo ou na base de colinas e morros;
 - Projetar cruzamentos prioritariamente em partes planas das vias (ou pelo menos em retas);
 - Utilizar a razão de até 1:25 (4%) para acessos nos bancos, para facilitar a drenagem;
 - Os raios das curvas deve ser sempre maior do que o raio mínimo de curvatura dos equipamentos que utilizam as vias.



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PMI 3325 – Lavra a Céu Aberto

PROJETO DA RAMPA





MANUTENÇÃO DE RAMPAS E ACESSOS

- A evolução dos equipamentos de transporte (caminhões fora-de-estrada) introduziu melhores sistemas de freagem e de controle de direção.
- Isso permite que os caminhões trafeguem com segurança a velocidades maiores.
- O projeto e a manutenção das rampas e acessos da mina devem levar em conta essa evolução.
- Com o crescimento dos caminhões, as rampas devem ser projetadas com larguras maiores, significando investimentos maiores e custos de manutenção de rampas mais altos.
- Esses investimentos e custos operacionais mais altos devem ser convertidos em maior produtividade para a operação.



MANUTENÇÃO DE RAMPAS E ACESSOS

- O custo de manutenção de rampas e acessos é um dos principais componentes de custo na operação de transporte.
- A manutenção das rampas e acesso tem impacto direto nos custos de manutenção dos caminhões, assim como no custo de propriedade e no custo operacional da frota da mina.
- Por exemplo, um programa adequado de manutenção das rampas e acessos da mina pode representar a diminuição de consumo de diesel, menor desgaste de pneus e maior produtividade da frota.



MANUTENÇÃO DE RAMPAS E ACESSOS

- A tendência atual (do ponto de vista de governança corporativa & gestão) dos principais grupos internacionais de mineração é priorizar o desempenho operacional da frota através da implantação de melhores práticas de operação, manutenção e tecnologia de automação para as rampas e acessos.
- A retífica de motores de caminhões de minas pode custar até R\$150k , enquanto a retífica da transmissão pode custar até R\$ 100k, e isso justifica os investimentos e custos operacionais para manutenção das rampas e acessos.



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PMI 3325 – Lavra a Céu Aberto

MANUTENÇÃO DE RAMPAS E ACESSOS





ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PMI 3325 – Lavra a Céu Aberto

MANUTENÇÃO DE RAMPAS E ACESSOS





MANUTENÇÃO DE RAMPAS E ACESSOS

- Um programa adequado de manutenção de rampas e acessos, com controle e estabilização de poeira pode reduzir os custos de reparo e manutenção da frota.
- O investimento para adquirir um caminhão de 220 t pode chegar a R\$ 5mi, com outros R\$ 4mi em custos de reparo e manutenção ao longo de sua vida útil.
- Segundo fornecedores internacionais, um programa de manutenção de rampas e acessos pode economizar até 15% dos custos de manutenção de cada caminhão.
- Esses valor pode aumentar se forem contabilizados os benefícios sobre o valor residual do equipamento e outros relacionados com a utilização maior do equipamento.



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PMI 3325 – Lavra a Céu Aberto

MANUTENÇÃO DE RAMPAS E ACESSOS





ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PMI 3325 – Lavra a Céu Aberto

MANUTENÇÃO DE RAMPAS E ACESSOS





MANUTENÇÃO DE RAMPAS E ACESSOS

- Exemplos de benefícios da manutenção de rampas e acessos da mina:
 - Redução nos custos de manutenção de caminhões
 - Redução na demanda de reparos nas rampas e acessos
 - Menores custos de propriedade e operacionais da frota
 - Maior produtividade e utilização

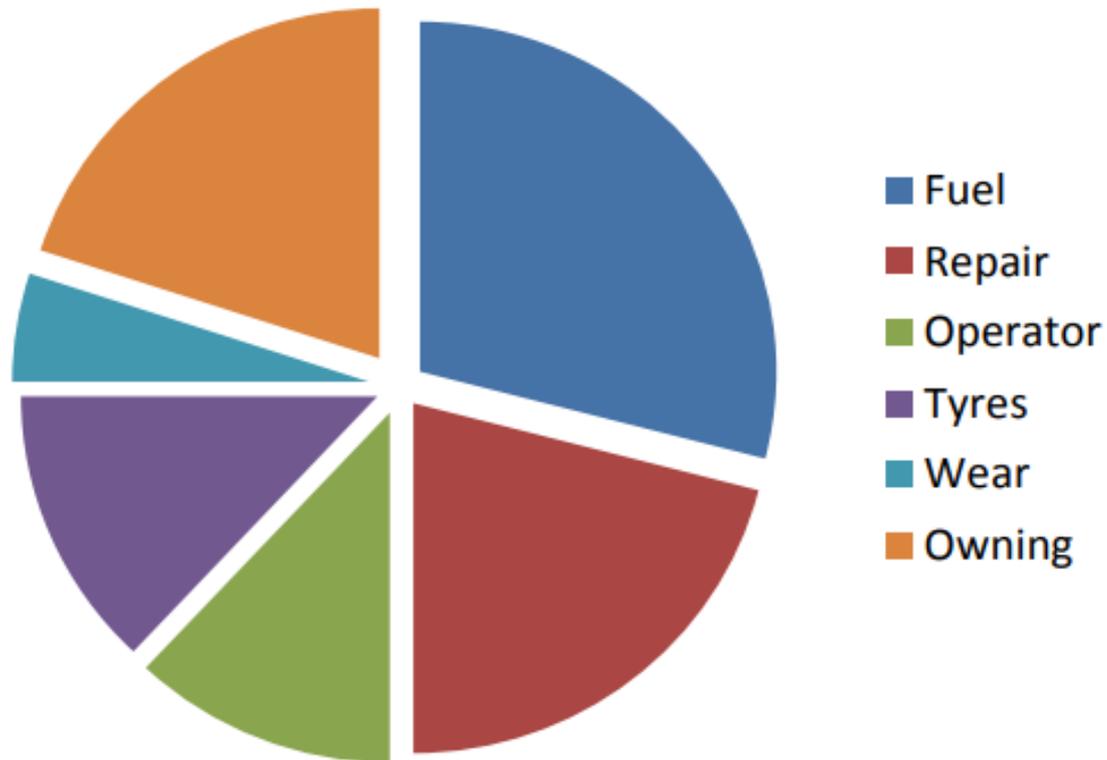


ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PMI 3325 – Lavra a Céu Aberto

MANUTENÇÃO DE RAMPAS E ACESSOS

Truck Operating Costs
Open pit mining 250kt/day 500m depth





REVISÃO E DISCUSSÃO

- Qual a largura ideal de uma rampa de mina?
- A manutenção das rampas da mina pode interferir na produtividade da operação? Porque?
- Quem é o responsável pela manutenção das rampas?



Referências

- KAUFMAN W.W. and AULT, J.C (2001). Design of Surface Mine Haulage Roads - A Manual. UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, BUREAU OF MINES Information Circular 8758
- SOTO VILCA, C. Y., & TARAZONA YABAR, N. (2016). Diseño, validación e implementación de una aplicación de acarreo en minería superficial.
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/7151>
- TANNANT, D.D. and REGENSBURG, B. (2001). Guidelines for mine haul road design. School of Mining and Petroleum Engineering. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Alberta, 2001
- THOMPSON, R. (2012). Principles of Mine Haul Road Design and Construction. Personal Notes.