



UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E ENGENHARIAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS E MEIO AMBIENTE

JÉSSICA CAROLINE BEZERRA VALE

**ADEQUAÇÃO DA RAMPA PRINCIPAL NA MINA CORGÃO DA EMPRESA  
CALTINS CALCÁRIO TOCANTINS LTDA**

Marabá

2014

JÉSSICA CAROLINE BEZERRA VALE

ADEQUAÇÃO DA RAMPA PRINCIPAL NA MINA CORGÃO DA EMPRESA CALTINS  
CALCÁRIO TOCANTINS LTDA

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de Engenharia de  
Minas e Meio Ambiente na Universidade  
Federal do Sul e Sudeste do Pará –  
UNIFESSPA, em cumprimento às  
exigências para obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia de Minas e Meio  
Ambiente.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Manoel F. Nunes

Marabá

2014

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

**(Biblioteca Josineide Tavares, Marabá-PA)**

---

Vale, Jéssica Caroline Bezerra.

Adequação da rampa principal na Mina Corgão da empresa Caltins Calcário Tocantins LTDA/ Jéssica Caroline Bezerra Vale; Orientador, Manoel F. Nunes. – 2014.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia de Minas e Meio ambiente, 2014.

1. Mineração – Normas técnicas. 2. Segurança do trabalho. 3. Vias de acesso I. Título.

CDD - 22 ed.: 622.8

---

JÉSSICA CAROLINE BEZERRA VALE

ADEQUAÇÃO DA RAMPA PRINCIPAL NA MINA CORGÃO DA EMPRESA CALTINS  
CALCÁRIO TOCANTINS LTDA

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de Engenharia de  
Minas e Meio Ambiente na Universidade  
Federal do Sul e Sudeste do Pará –  
UNIFESSPA, em cumprimento às  
exigências para obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia de Minas e Meio  
Ambiente.

Data de aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Conceito: \_\_\_\_\_

Banca Examinadora:

---

Prof Manoel Ferreira Nunes  
Engenheiro de Minas  
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

---

Prof Denilson da Silva Costa  
Doutor em Engenharia Metalúrgica e de Minas  
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

---

Prof Raulim de Oliveira Galvão  
Engenheiro de Minas  
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

A tia Raimunda (*in memoriam*).

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me permitir chegar a este momento, mantendo-me firme durante o caminho; por me mostrar que tudo tem seu tempo e que tudo sempre vai dar certo, de um jeito ou de outro.

Ao meu Anjo da Guarda, pela proteção inabalável.

A minha mãe, Zélia: você sempre será minha maior referência de brilhantismo, dedicação, garra e força de vontade. Obrigada por me orientar a buscar nos meus passos o rastro dos seus.

Ao meu pai, Chico, por me demonstrar todos os dias, que sempre devemos ser mais fortes do que aqueles que duvidam de nós, provando que eles estão errados.

A minha irmã, Samantha, por todos os conselhos, ajudas, gargalhadas e broncas. Obrigada pela certeza de fidelidade. Obrigada por ser a melhor do mundo.

A Luninha, por alegrar meus dias com simples abanadas de rabo e muitas fungadas nos ouvidos.

Às amigas de longe: Joyce Farias, por ser minha alma gêmea; Valéria Assunção, pelos abraços mais reconfortantes do mundo;Thaynara Tavares, por ser a única preta da minha vida que, por pensar tão igual a mim, me entende só com uma palavra;Layane Mota, pelos conselhos mais certos; Iara Silveira, pelas conversas mais sinceras e divertidas que tenho; Samira Silveira, por ser a companhia mais relaxante que existe; Marcela Magalhães, por me dedicar um amor tão gigante que chega a ser maior do que eu mereço; e AnnyÁdylla, pela melhor aventura dos últimos tempos. Meninas, muito obrigada por não me deixarem desanimar ao longo da jornada fora de casa, pelo apoio nas certezas e nas besteiras e por sempre me mostrarem a maravilha que é voltar pra Imperatriz. Amo vocês.

Aos amigos de perto, Aldo Leite, Lorena Pereira e Paula Sanz, por compartilharem comigo os momentos de alegria e tristeza, saúde e doença, pobreza e riqueza nos últimos 5 anos na nossa querida Marabá. Que permaneça assim até que a morte nos separe.

Ao meu namorado, Rinos: vida, obrigada por tanto carinho, amor, dedicação e paciência sem limite. Você foi peça fundamental para a conclusão deste trabalho.

Aos amigos da turma 2008 e aos meus queridos e amados vizinhos!

Aos colegas da turma 2009 que fundamentalmente contribuíram para meu crescimento.

Aos professores da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, por todo conhecimento.

À Empresa Caltins Calcário Tocantins LTDA por oportunizar o estágio, a execução deste trabalho e sobretudo, pelo crescimento profissional.

## RESUMO

Esta pesquisa trata sobre a Rampa Principal da Cava Leste da Mina Corgão na empresa Caltins Calcário Tocantins Ltda. Apresenta a problemática de reduzir o número de horas paradas do britador primário por “falta de alimentação” no alimentador vibratório, que impede a produção do equipamento gerando perdas nos processos de beneficiamento subsequentes. Esse estudo se propõe adequar o greide da Rampa Principal aos padrões determinados na literatura para melhor eficiência do tráfego na via e também implantar as prerrogativas de Saúde e Segurança no Trabalho baseadas na Norma Regulamentadora 22 e na Norma Regulamentadora da Mineração 13. Para tanto se utilizou da revisão bibliográfica na fundamentação do tema, assim como, pesquisa de campo no levantamento de dados. Isso feito procedeu-se a coleta de dados sobre a rampa, bem como a análise dos mesmos. De acordo com a investigação realizada, pode-se concluir que a adequação do greide da Rampa Principal a 8%, proporcionou aumento em média de 19,11% na produtividade dos caminhões rodoviários usados para o transporte. Faz-se uma ressalva quanto ao tráfego dos caminhões quando carregados, pois seus tempos neste quesito representam em média 41% do tempo total. Visto que é a etapa que mais influencia no tempo de ciclo total, o ganho de 26,33% foi bastante significativo para o aumento de produtividade no transporte.

Palavras-chave: Vias de Acesso. Rampas. Greides de rampas.

## **ABSTRACT**

This research deals with the Main Ramp of the east cave of Corgão Mine at the company Caltins Calcário Tocantins Ltda. It presents the problem of reducing the number of downtime of the primary crusher for "lack of power" in vibratory feeder, which prevents the production of equipment generatins losses in the process of subsequent processing. This study aims to tailor the Main Ramp greide on the standards set forth in the literature to improve efficiency of traffic on the road and also deploy the prerogatives of Health and Safety at Work-based Regulatory Norm 22 and in Regulatory Norm of Mining 13. For that, it was used for both the literature review on the grounds of the theme, as well as field research in data. That done, we proceeded to collect data on the ramp as well as analysis. According to the investigation, it can be concluded that the adequacy of Main Ramp greide to 8%, provided an increase of 19.11% on average in the productivity of road trucks used for transportation. It is a caveat regarding the traffic of trucks when loaded because their time, in this regard, represent on average 41% of total time. Since it is the step that most influences the total cycle time, the gain of 26.33% was quite significant for the increase of productivity in the transportation.

Keywords: Access roads. Ramps. Ramps grades.

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Tempos de Ciclos dos Caminhões.....	43
Gráfico 2 - Tempos de Ciclo dos Caminhões após modificações.....	48
Gráfico 3 - Comparativo de tempos de Ciclo dos Caminhões. ....	49

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Distância de parada. ....	14
Figura 2 - Visibilidade nas curvas horizontais. ....	16
Figura 3 - Visibilidade nas curvas verticais. ....	17
Figura 4 - Linha de visada em curva horizontal. ....	17
Figura 5 - Linha de visada em curva horizontal. ....	18
Figura 6 - Configurações geométricas indicando diferentes condições de segurança. ....	19
Figura 7 - Raio de Curvatura <i>versus</i> velocidade. ....	20
Figura 8 - CS = curva superior; SC = seção circular; TS = Seção Transversal. Esquema de superelevação. ....	21
Figura 9 - Definição de Greide. ....	22
Figura 10 - Variação da distância de transporte em função do greide. ....	24
Figura 11 - Formas de dimensionamento da drenagem. ....	25
Figura 12 - Largura de uma pista de rolamento. ....	26
Figura 13 - Leira de segurança lateral. ....	28
Figura 14 - Ciclo de caminhões. ....	31
Figura 15 - Município de Bandeirantes do Tocantins - TO. ....	32
Figura 16 - Localização da empresa Caltins em relação ao Município de Bandeirantes do Tocantins. ....	33
Figura 17 - Trajeto de Palmas à Caltins em Bandeirantes do Tocantins. ....	34
Figura 18 - Planejamento Parcial de Lavra - Caltins, cava Leste e nível 202/ 194. ....	38
Figura 19 - Planta com localização de setores. ....	39
Figura 20 - Perfis inicial e ideal da Rampa Principal. ....	43
Fotografia 1 - Modelo dos caminhões rodoviários utilizados. ....	40
Fotografia 2 - Rampa Principal vista de cima. ....	41
Fotografia 3 - Processos do Plano de Fogo. A) Furos demarcados. B) Nivelamento topográfico dos furos. ....	45
Fotografia 4 - Rampa após detonação. ....	46
Fotografia 5 - Camadas de estruturas. A) Camada sub-leito. B) Camada de base. C) Camada de revestimento. ....	47
Fotografia 6 - Redutor de velocidade no início da Rampa. ....	50
Fotografia 7 - Placa de sinalização na entrada da mina. ....	50
Fotografia 8 - Leira de proteção com 1,40 metro de altura. ....	51
Fotografia 9 - Rampa de Acesso Principal Finalizada, vista de cima. ....	52
Fotografia 10 - Demarcadores de limite externo de bancada, espaçados em 15 metros. ....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Superelevação de acordo com o raio de curvatura e velocidade.....	22
Tabela 2 - Conversão em unidades para greides de rampa.....	23
Tabela 3 - Tipos de rampas.....	29
Tabela 4 - Média dos tempos de ciclos dos caminhões (em minutos). ....	42
Tabela 5 - Média dos tempos de ciclos dos caminhões (em minutos), após modificações.....	48

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>13</b>
2.1 VIAS DE ACESSO NA MINERAÇÃO .....	13
2.2 PARÂMETROS GEOMÉTRICOS DAS VIAS DE ACESSO .....	13
2.2.1 Distância de parada .....	14
2.2.2 Distância de visibilidade .....	16
2.2.3 Raio de curvatura .....	19
2.2.4 Superelevação.....	21
2.2.5 Greide .....	22
2.2.6 Drenagem .....	24
2.3 SEGURANÇA DOS ACESSOS .....	25
2.3.1 Largura dos acessos.....	26
2.3.2 Leiras de segurança .....	27
2.4 RAMPAS.....	28
2.5 EQUIPAMENTOS DE TRANSPORTE.....	30
2.5.1 Transporte por caminhões .....	30
<b>3. APRESENTAÇÃO DO CENÁRIO .....</b>	<b>32</b>
3.1 LOCAL DA PESQUISA .....	32
3.2 ACESSO.....	34
3.3 PROCESSO PRODUTIVO.....	34
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>37</b>
4.1 RAMPA DE ACESSO PRINCIPAL: ESTUDO DE CASO.....	38
4.1.1 Levantamento de dados .....	40
4.1.2 Adequação da Rampa.....	44
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>48</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXO A - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DE CALCÁRIO DA EMPRESA CALTINS CALCÁRIO TOCANTINS LTDA.....</b>	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que os acessos e rampas em minas a céu aberto influenciam, principalmente, no desenvolvimento das operações de transporte de minério *Run of Mine* (ROM). Assim sendo, estes devem ser projetados de forma que suas características atendam aos parâmetros geométricos, operacionais e de segurança.

A Mina Corgão é a mina a céu aberto da empresa Caltins Calcário Tocantins LTDA, do Grupo J. Demito, que tem como produto principal o calcário dolomítico e como produto secundário brita siderúrgica e para construção civil. Está localizada em Bandeirantes do Tocantins, no estado do Tocantins.

O controle de produção da empresa emite relatórios que expressam os motivos de paradas dos equipamentos no circuito de beneficiamento do calcário dolomítico. Um dos mais recorrentes dentre estes foi a falta de material no alimentador do britador primário. Por essa justificativa, iniciou-se um estudo para encontrar soluções para a devida problemática, pois a falta de matéria prima gera perda de tempo e produção.

Observando-se as vias de acesso da mina, percebeu-se que a Rampa Principal da Cava Leste, apresentava cotas e larguras variadas, e também falta de alguns parâmetros referentes à Segurança e Saúde Ocupacional. Frente ao fato, o objetivo do trabalho é aperfeiçoar a Rampa de acesso Principal da Cava Leste, para melhorar o desempenho da frota dos caminhões na via, buscando adequar o greide da rampa aos padrões determinados na literatura para melhor eficiência do tráfego na via e implantar as prerrogativas de Saúde e Segurança no Trabalho baseadas na Norma Regulamentadora nº 22 e na Norma Regulamentadora da Mineração nº 13.

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos, incluindo este capítulo preliminar, no qual é feita a introdução por meio de considerações iniciais. Nos demais, o conteúdo divide-se em: revisão bibliográfica; apresentação do cenário; metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho; os resultados das modificações da Rampa Principal e por fim, as conclusões da pesquisa.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 VIAS DE ACESSO NA MINERAÇÃO

Em lavras de minas em cavas a céu aberto, o transporte de minério é usualmente feito por caminhões que trafegam por acessos entre bancadas em diferentes níveis e por estradas que conduzem a instalações de beneficiamento mineral e pilhas de estoque de produtos intermediários. (SOUSA, 2011)

Na mineração, as estradas geralmente são projetadas e executadas por profissionais da área de planejamento e de operação de mina que consideram parâmetros geométricos e estruturais, tais como inclinação de rampa, largura, raio de curvatura, drenagem e etc. (Oliveira Filho et al., 2010). Porém, considera-se que adequações e adaptações sobre os conceitos de estradas e pavimentos são realizadas, visto que a literatura sobre este assunto é escassa no ramo mineiro. Normalmente busca-se complementos na Engenharia Civil, na Engenharia Rodoviária ou no Departamento Nacional De Infraestrutura de Transportes (DNIT).

A geometria das estradas refere-se ao seu layout e alinhamento. Segundo Tannant e Regensburg (2001), os elementos geométricos de um projeto devem estar de acordo com questões concernentes à segurança e estes, se bem projetados, geram benefícios relacionados a custo, desempenho, e manutenção da estrada. Entre estes elementos, incluem-se a distância de visibilidade e de parada, drenagem, superelevações, largura da pista de rolamento, raio de curvatura, greide e etc.

### 2.2 PARÂMETROS GEOMÉTRICOS DAS VIAS DE ACESSO

Pontes Filho (1998) define projeto geométrico como a correlação entre os elementos físicos de uma estrada e parâmetros operacionais, tais como frenagem, aceleração e características de operação.

Os componentes deste tipo de projeto devem gerar benefícios que contemplem segurança total na operação dos equipamentos, bem como maior produtividade dos

equipamentos de transporte, além de gerar melhores condições de tráfego que evitem custos desnecessários despendidos à manutenção.

### 2.2.1 Distância de parada

Massetti (2011) nos diz que a distância de parada também denominada distância de visibilidade de parada, é o espaço percorrido por um equipamento em uma estrada na velocidade de projeto, desde o momento em que se nota a presença de um obstáculo até a parada completa do equipamento (Figura 1). A distância de parada ( $D_p$ ) é composta pela soma de duas parcelas: distância de percepção e reação ( $D_1$ ) + distância de frenagem ( $D_2$ ).

$D_1$  = distância percorrida pelo equipamento no intervalo de tempo entre o instante em que o motorista vê o obstáculo e o instante em que inicia a frenagem.

$D_2$  = distância percorrida pelo veículo em movimento desacelerado, enquanto o freio estiver acionado, até parar.

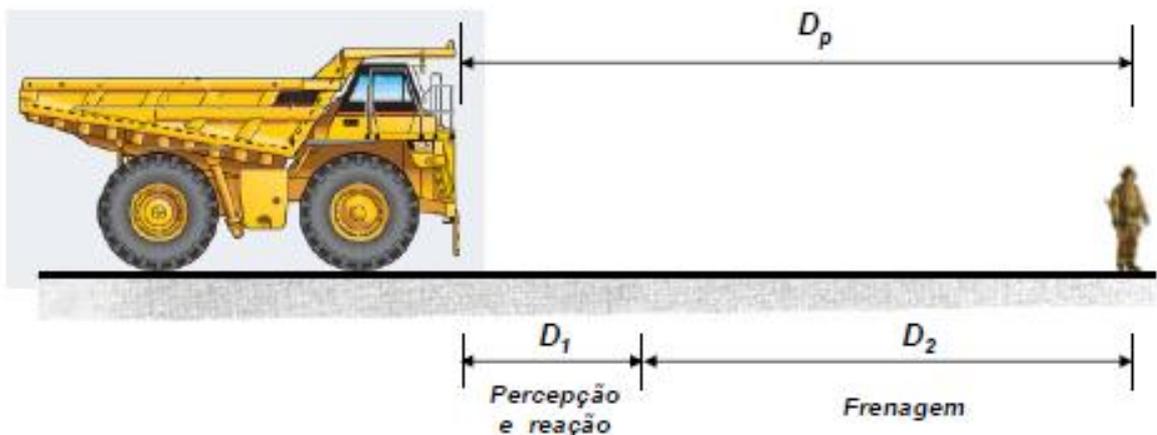


Figura 1 - Distância de parada.

Fonte: Massetti (2011)

Contudo, sabe-se que a resposta dos veículos à frenagem pode variar de acordo com interferências nas condições de superfície da pista de rolamento, desgaste no sistema de freios, tipos de velocidade e mudanças de greide.

Apaut Menezes (2010), para avaliar a distância mínima de parada para diferentes greides e velocidades, Kaufman e Ault (1977) desenvolveram uma fórmula empírica baseado nas limitações de distância proposta pela Society of Automotive Engineers (SAE):

$$SD = \frac{1}{2}gt^2 \sin \theta + V_0t + \left[ \frac{gt \sin \theta + V_0}{2g(U_{min} - \sin \theta)} \right]^2 \quad (1)$$

Onde:

$SD$  = distância de parada (m);

$g$  = aceleração gravitacional (9.81 m/s<sup>2</sup>);

$t$  = tempo decorrido entre a percepção de motorista da necessidade para parar e a ocorrência atual do atrito no contato da roda freada;

$\theta$  = ângulo de descida (graus);

$U_{min}$  = coeficiente de atrito à área de contato de pneu-superfície;

$V_0$  = velocidade inicial do veículo (no tempo de percepção).

O fator  $t$  é realmente composto de dois intervalos de tempo separados,  $t_1$  e  $t_2$ . O componente de tempo  $t_1$  é o tempo decorrido para reação do freio devido a formação de pressão no sistema de freios depois que o pedal do freio estiver acionado para então efetivamente atuar uma força retardando as rodas. Um valor de tempo de reação de freio típico sugerido pela SAE para um caminhão de transporte médio é de 4,5s. O tempo de reação de freio pode ser mais alto para grandes caminhões que estão atualmente em uso.

O segundo componente de  $t$ , chamando de  $t_2$ , é tempo de reação de motorista. Ou seja, é o tempo entre a percepção do motorista de um perigo e o momento de quando o pé dele começa a acionar o pedal do freio. Um valor geralmente considerado de  $t_2$  é 1,5s.

O fator  $U_{min}$  é o resultado da seguinte expressão:

$$U_{min} = \frac{V^2}{2gS} \quad (2)$$

Onde:

$V$  = velocidade de teste SAE de 8,94 m/s (32,2 km/h);

$g$  = 9,81m/s<sup>2</sup>;

$S$  = distância de parada computada subtraindo (8,94 x  $t_1$ ) da distância de parada recomendada pela SAE.

Afirmas a demais, Kaufman e Ault (1977) que as fórmulas citadas só podem ser usadas como fonte norteadora quando o layout dos acessos estiver ainda na fase de planejamento. O ideal seria consultar os fabricantes dos equipamentos que circularão pelo acesso para obter as definições sobre segurança dos acessos.

### 2.2.2 Distância de visibilidade

De acordo com Massetti (2011), distância de visibilidade é a extensão da área periférica visível ao operador/motorista. Quanto melhores as condições gerais de visibilidade, mais segura será a estrada. Portanto, o projeto de uma estrada deve contemplar soluções de percurso que gerem espaços com boa visibilidade.

Em geral a distância de visibilidade deve atender às seguintes finalidades:

a) Fornecimento de dados para marcação de banquetas de visibilidade dos cortes em curva, conforme mostrado na Figura 2.

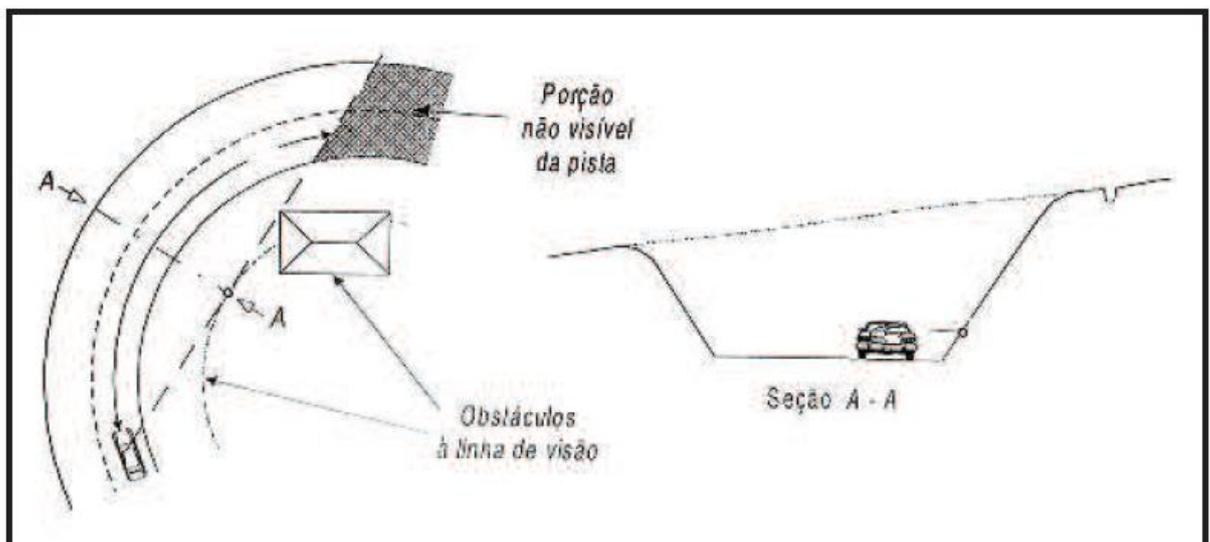


Figura 2 - Visibilidade nas curvas horizontais.  
Fonte: Oliveira Filho et al (2009)

b) Fornecimento de dados para o cálculo do comprimento da curva de concordância vertical convexa das rodovias, como mostrado na Figura 3.

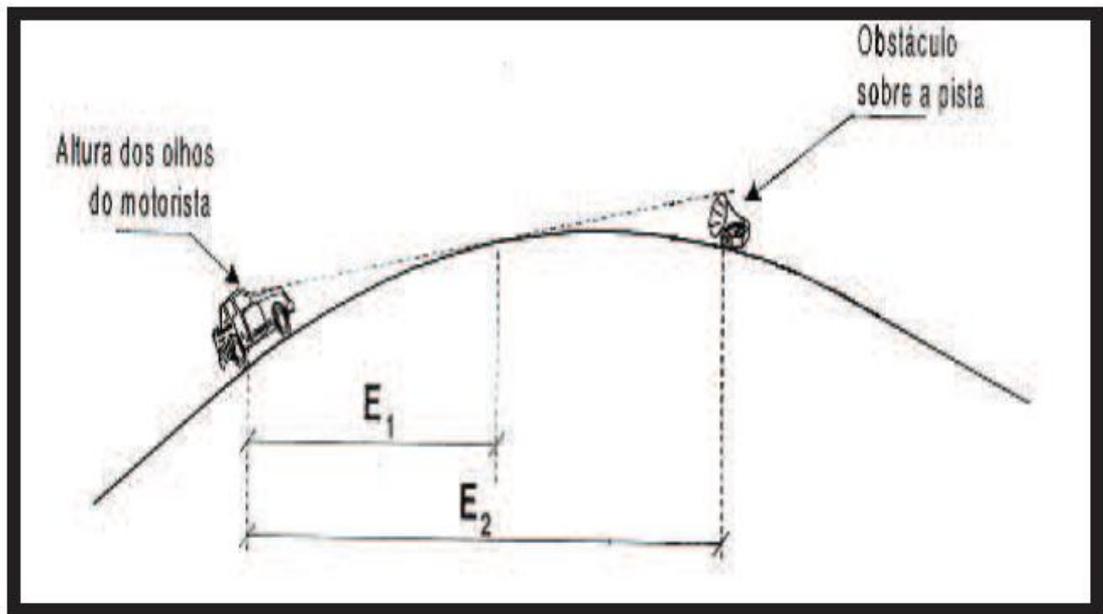


Figura 3 - Visibilidade nas curvas verticais.  
Fonte: Oliveira Filho et al (2009)

c) Fornecimento de dados para sinalização das rodovias.

Os tipos de curva são parâmetros bastante relevantes na determinação da geometria adequada à visibilidade. As curvas verticais devem proporcionar transições suaves com mudanças de altitudes e prover ampla distância de visão para a distância de parada exigida à velocidade operacional. As curvas horizontais devem estabelecer ampla visão à distância, mesmo que implique redução do talude na parte interna da curva. As figuras 4 e 5 representam tais situações.

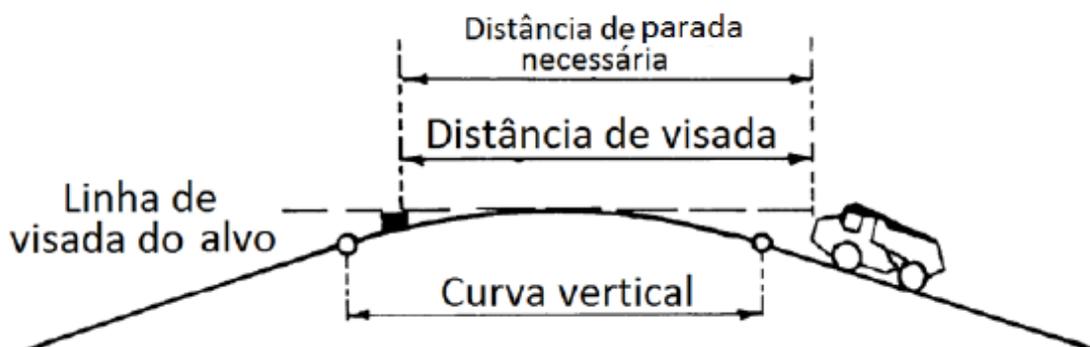


Figura 4 - Linha de visada em curva horizontal.  
Fonte: Kaufman e Ault (1997)



Figura 5 - Linha de visada em curva horizontal.  
Fonte: Kaufman e Ault (1997)

Considerando o que diz Tannant e Resensburg (2001) sobre o tópico, é recomendável o uso das expressões abaixo detalhadas.

Para  $S$  maior que  $L$ :

$$L = \frac{2S - 200 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})}{A} \quad (3)$$

Para  $S$  menor que  $L$ :

$$L = \frac{AS^2}{100 (\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})} \quad (4)$$

Onde:

$L$  = Comprimento de curva vertical (m);

$S$  = Distância de parada alcançada pelo caminhão (m);

$A$  = Diferença algébrica dos greides (%);

$h_1$  = Altura do olho de motorista acima do chão (m);

$h_2$  = Altura de objeto sobre superfície do acesso (m).

A Figura 6 mostra uma representação esquemática de duas condições inseguras que são eliminadas pelo ajuste de parâmetros geométricos da estrada. No cenário 1 o raio de curvatura pronunciado da curva horizontal faz com que a visibilidade do equipamento fique restrita e o equipamento não pode parar a tempo de evitar a colisão com o obstáculo, ou seja,

a distância de visibilidade ( $DV$ ) é menor do que a distância de parada ( $DP$ ). No cenário 2 essa condição é corrigida, permitindo que a  $DV$  seja igual à  $DP$ . Situação equivalente ocorre no cenário 3, cuja visibilidade é comprometida pela curva vertical. O problema é sanado pela extensão da curva vertical, visualizada no cenário 4 (MASSETTI, 2011).

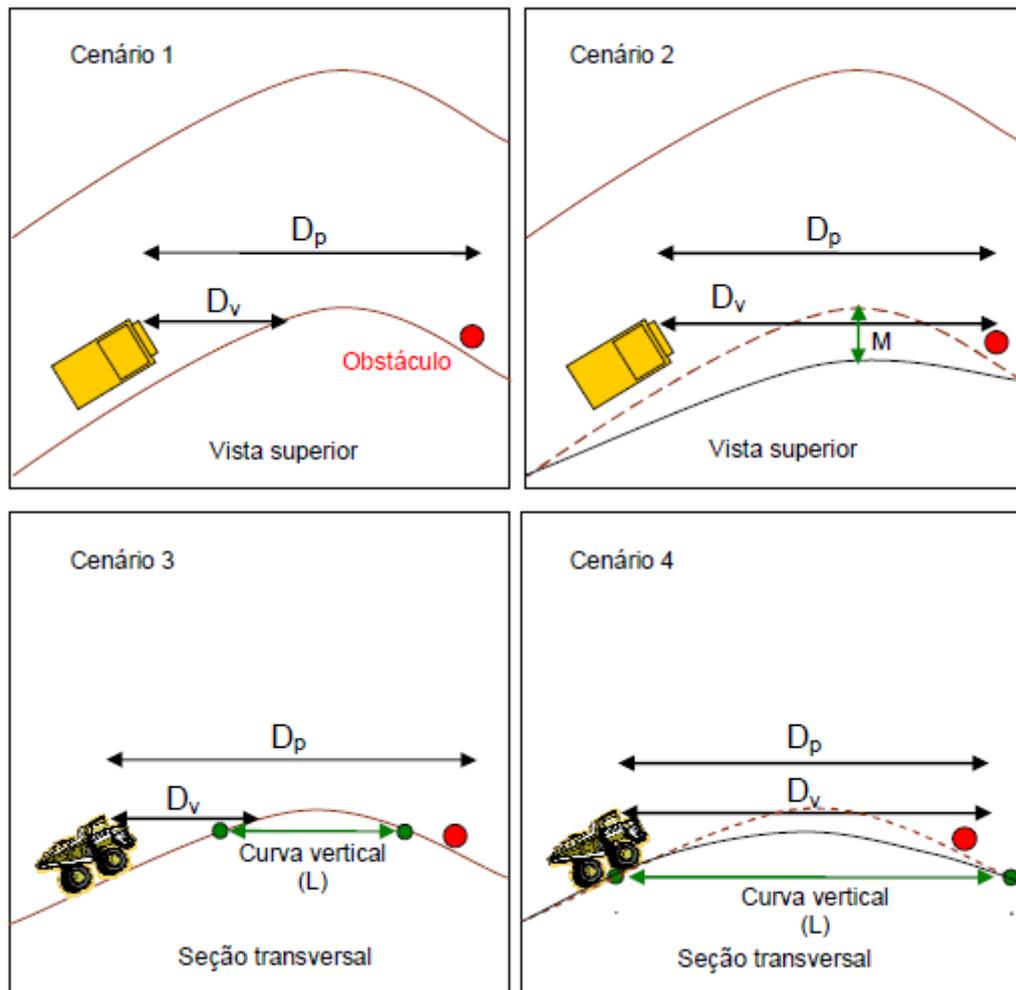


Figura 6 - Configurações geométricas indicando diferentes condições de segurança.  
Fonte: Mod. Thompson e Visser (2008)

### 2.2.3 Raio de curvatura

Costa Filho (2011) diz que O cálculo do raio de curvatura mínimo pode ser feito pela fórmula a seguir

$$R = \frac{v_0^2}{123 (e + f_{min})} \quad (5)$$

Onde:

$v^2_0$  = velocidade do veículo (km/h);

$e$  = superelevação aplicada (m/m de largura de estrada);

$f_{\min}$  = coeficiente de atrito entre os pneus e a superfície da estrada, normalmente considerado 0,3 (adimensional).

Para a projeção de curvas deve ser considerado o maior raio possível, pois esta condição proporciona maior velocidade e segurança. Mudanças no raio de curvatura devem ser evitadas, pois estas criam situações de risco.

Para proporcionar segurança em curvas com superelevação, um raio de 250 m é suficiente e em curvas sem superelevação, um raio de 400 m é o mais indicado. A Figura 7 apresenta a relação raio de curvatura x velocidade.

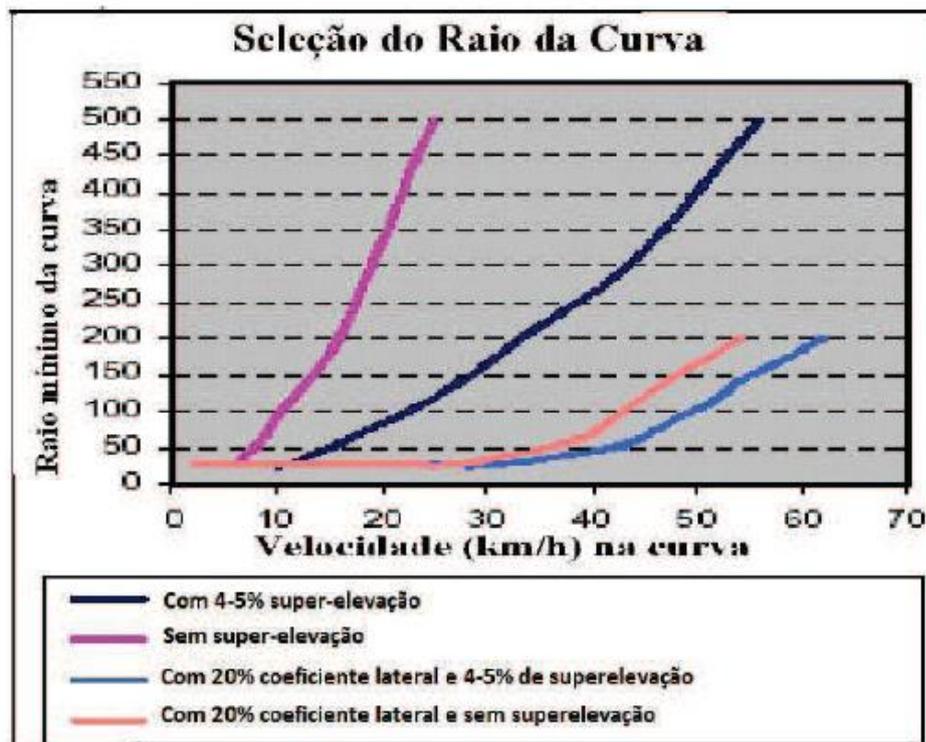


Figura 7 - Raio de Curvatura versus velocidade.

Fonte: Visser (2008)

## 2.2.4 Superelevação

Costa Filho (2011) afirma que superelevação é a inclinação transversal das pistas nas curvas, feitas com o objetivo de permitir o tráfego com segurança nas curvas e de criar uma componente de peso do veículo na direção do sentido da curva, que somada à força de atrito, produzirá a força centrípeta. Esta inclinação deve ser no máximo 5%, pois superelevações altas podem provocar o deslizamento do caminhão.

A figura 8 apresenta um esquema de superelevação.

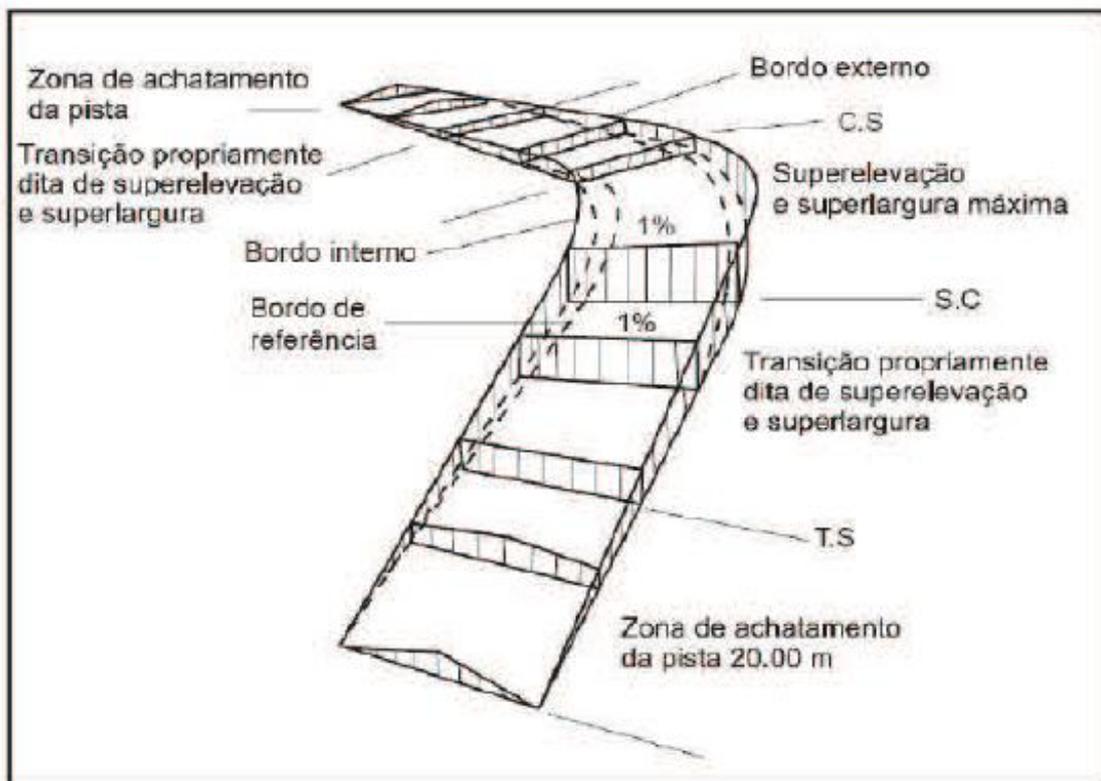


Figura 8 - CS = curva superior; SC = seção circular; TS = Seção Transversal. Esquema de superelevação.

Fonte: Manual DNIT (2006)

Para determinação da superelevação, são considerados o raio da curva e a velocidade do veículo. A tabela 1 apresenta tal relação.

Tabela 1 - Superelevação de acordo com o raio de curvatura e velocidade.

Velocidade e superelevação (m/m largura da estrada)									
Raio de Curvatura (m)	15 km/h	20 km/h	25 km/h	30 km/h	35 km/h	40 km/h	45 km/h	50 km/h	55km/h
50	0,040	0,060	0,080						
75	0,030	0,050	0,070	0,090					
100	0,025	0,040	0,060	0,075	0,100				
150	0,020	0,030	0,040	0,050	0,070	0,100			
200	0,020	0,020	0,030	0,035	0,050	0,070	0,090	0,110	
300	0,020	0,020	0,020	0,025	0,030	0,040	0,060	0,070	0,085
400	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060

Fonte: Oliveira Filho et al (2010)

### 2.2.5 Greide

Greide, também conhecido por gradiente, é a inclinação vertical da via em relação à sua horizontal, podendo ser dado em graus, como demonstrado na figura 9 ou em porcentagem.

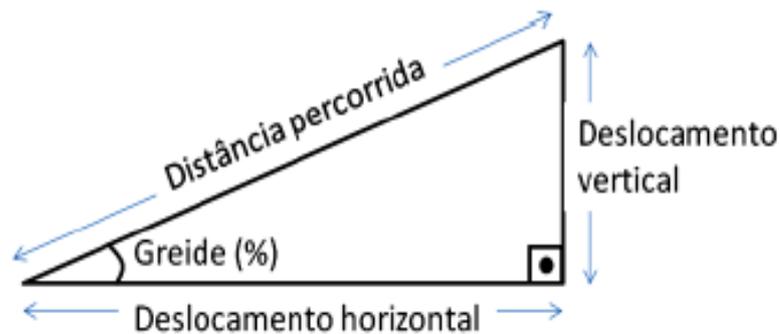


Figura 9 - Definição de Greide.

Fonte: Menezes (2010)

A equação que define o greide em porcentagem é:

$$\text{Greide (\%)} = \frac{D_V}{D_H} \times 100 \quad (6)$$

Onde:

$D_V$  = distância vertical;

$D_H$  = distância horizontal.

A conversão para graus é dada por:

$$\text{Greide}(\%) = 100 * \text{tg}\alpha \quad (7)$$

Onde:

$\alpha$  = ângulo entre a superfície da estrada e o plano horizontal (graus), considerando-se a distância horizontal igual a 100 metros.

A tabela 2 mostra a conversão entre grau e percentual e vice-versa.

Tabela 2 - Conversão em unidades para greides de rampa.

Greide rampa (graus)	Greide rampa (%)	Greide rampa (graus)	Greide rampa (%)
0,6	1	1,7	1
1,1	2	3,5	2
1,7	3	5,2	3
2,3	4	7,0	4
2,9	5	8,7	5
3,4	6	10,5	6
4,0	7	12,3	7
4,6	8	14,1	8
5,1	9	15,8	9
5,7	10	17,6	10
6,3	11	19,4	11
6,8	12	21,3	12
7,4	13	23,1	13
8,0	14	24,9	14
8,5	15	26,8	15
9,1	16	28,7	16
9,6	17	30,6	17
10,2	18	32,5	18
10,8	19	34,4	19
11,3	20	36,4	20
11,9	21	38,4	21
12,4	22	40,4	22
13,0	23	42,4	23
13,5	24	44,5	24
14,0	25	46,6	25

Fonte: Massetti (2011)

A distância de transporte no greide varia com o deslocamento vertical necessário. Por exemplo, para percorrer 100 m verticalmente, um caminhão tem que viajar 2 km horizontalmente em um greide de 5% ou 1 km em um greide de 10%, como pode ser observado na Figura 10 (Menezes, 2010).

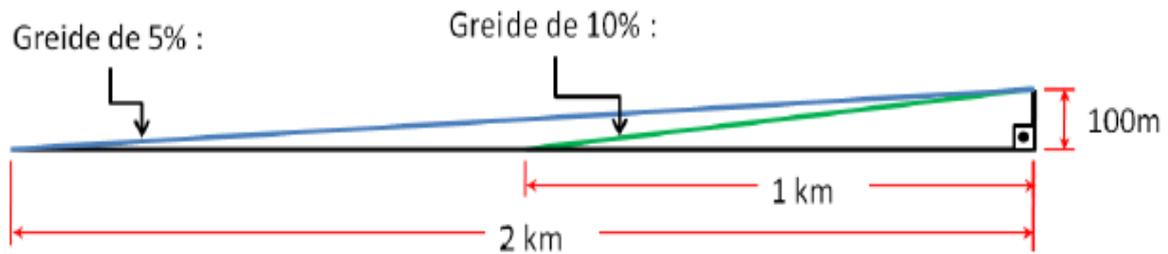


Figura 10 - Variação da distância de transporte em função do greide.  
Fonte: Menezes (2010)

Para determinar as porcentagens máximas dos greides, deve-se levar em consideração a sua regularidade e constância, evitando-se variações em pequenos intervalos, bem como a produtividade dos caminhões e a distância segura de parada.

Via de regra, o greide máximo para rampas contínuas, limita-se entre 8 a 15% (4,6 a 8,5°). Todavia, considera-se greide ótimo para a maioria situações como sendo 8%, ou até 12% para caminhões auxiliares menores. Também é fator relevante para otimização do greide, o tempo de ciclo dos caminhões, visto que esse pode ser considerado um indicador direto da produtividade, já que greides irregulares provocam altos esforços no câmbio de transmissão e diminuição da velocidade dos equipamentos de transporte (ATKINSON, 1992).

### 2.2.6 Drenagem

Para a drenagem dos acessos, vale ressaltar o bom direcionamento das mesmas para que não se acumulem nas vias. Desta forma, criar um caimento central da pista para ambas as extremidades (abaulamento transversal) ou propiciar uma inclinação na pista a partir do canto para a extremidade ou vice versa, são opções básicas para uma drenagem eficiente. Em qualquer situação, é importante construir canaletas nos pontos extremos do direcionamento da água, como demonstrado na figura 11 (MASSETTI, 2011).

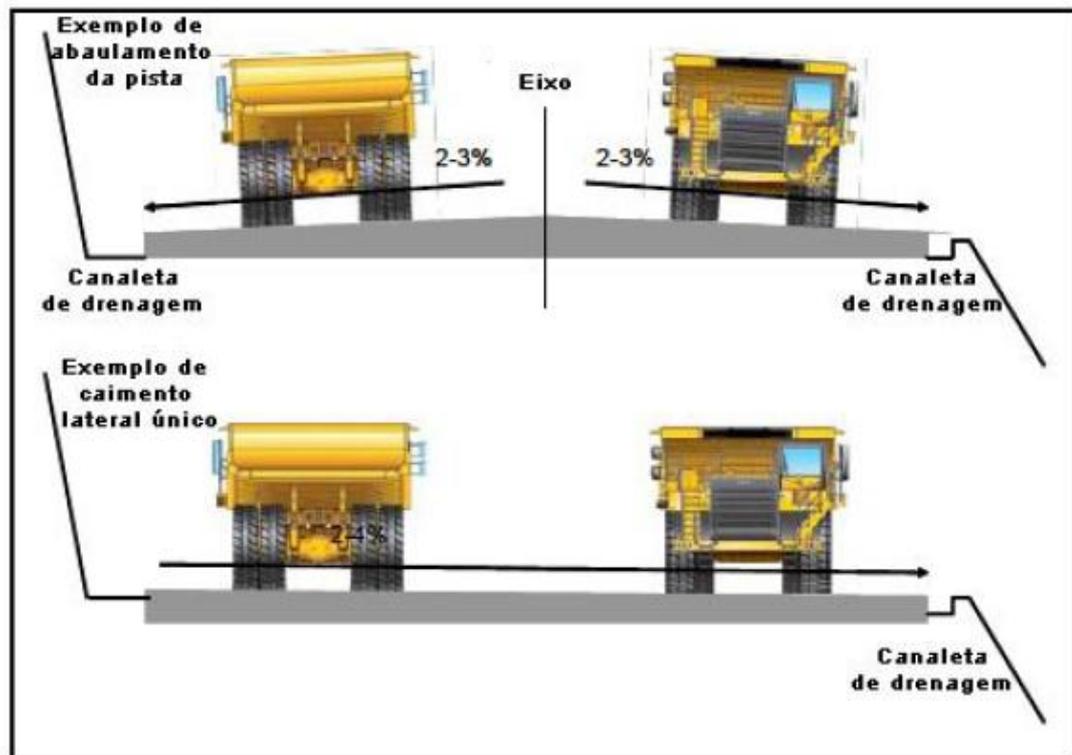


Figura 11 - Formas de dimensionamento da drenagem.  
 Fonte: Mod. Thompson e Visser (2008)

Em estradas bem construídas com cascalho ou rochas britadas, uma inclinação de aproximadamente 2% é ideal, nos casos em que a geometria da cava permita. Considerações especiais devem ser feitas na determinação das inclinações máxima e mínima. Inclinações menores são aplicáveis a superfícies de estradas compactadas que podem rapidamente dissipar a água sem que esta seja percolada para o interior da pista. Em situações nas quais a pista é relativamente irregular, inclinações maiores são indicadas. Neste caso há rápido escoamento da água e redução da ocorrência de poças e camadas saturadas na fundação, que poderiam enfraquecer a estabilidade das pistas, como afirma Massetti (2011).

### 2.3 SEGURANÇA DOS ACESSOS

O Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) estabelece as Normas Regulamentadoras (NR) relativas à segurança e medicina do trabalho. Dentre as 36 normas existentes, a NR – 22 é a que situa a Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração. Ademais, existem as Normas Regulamentadoras da Mineração (NRM), cujos objetivos são semelhantes

aos das NR de compatibilizar o planejamento e o desenvolvimento da atividade mineira com a saúde e segurança do trabalhador.

A NRM 13 (Circulação e transporte de pessoas e materiais) considera os mesmos parâmetros da NR – 22 e estabelece que toda mina deve possuir plano de trânsito que estabeleça regras de preferência de movimentação e distâncias entre máquinas, equipamentos e veículos sempre compatíveis com a segurança. Tal NRM também situa a largura dos acessos e a altura das leiras de segurança.

### 2.3.1 Largura dos acessos

A largura dos acessos e seções curvas deve ser adequada a permitir manobra segura dos veículos, a manter a continuidade da pista além da instalação dos equipamentos auxiliares, como os elementos de drenagem. Como descrito na NRM 13, a largura mínima das vias de trânsito deve ser duas vezes maior que a largura do maior veículo utilizado, no caso de pistas simples, e três vezes maior, no caso de pistas duplas. (Figura 12)

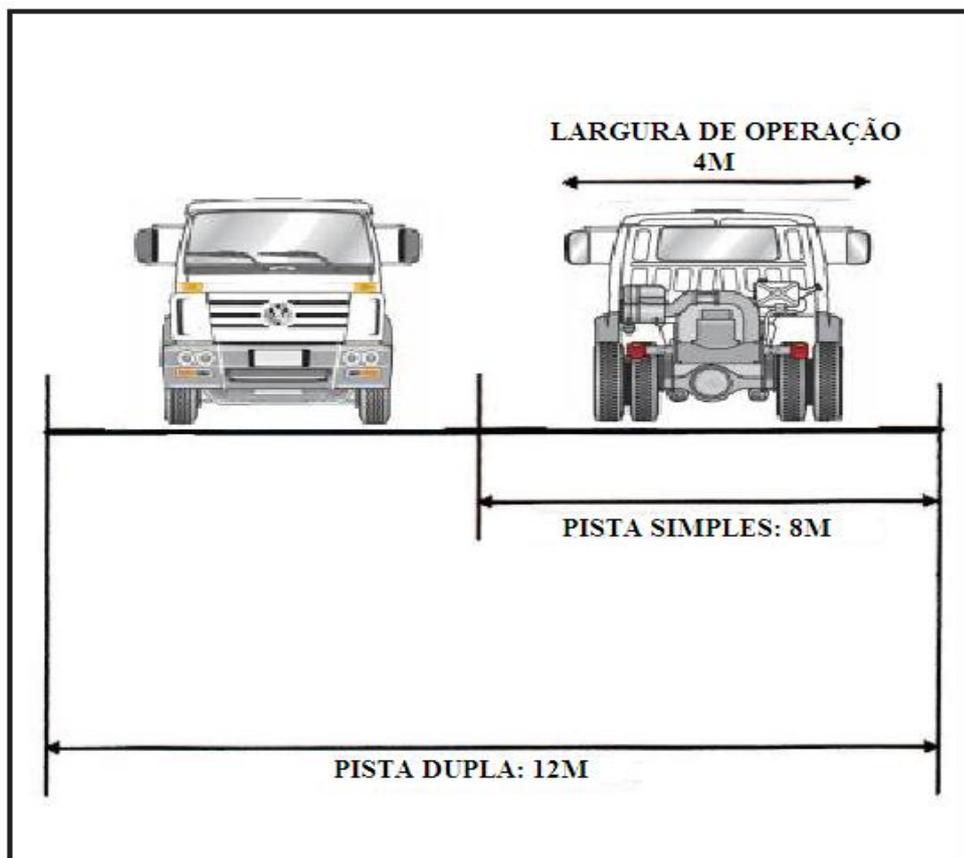


Figura 12 - Largura de uma pista de rolamento.  
Fonte: Autoria própria.

A NR ainda sinaliza que, quando o plano de lavra ou a natureza das atividades realizadas não permitem a observância deste disposto, deverão ser adotados procedimentos e sinalizações adicionais para garantir o tráfego seguro. Em termos operacionais, estradas muito estreitas podem reduzir drasticamente a vida dos pneus, pois forçam o equipamento a subir nas leiras, provocando desgastes laterais dos pneus, problemas de nivelamento e cortes (MASSETTI, 2011).

### **2.3.2 Leiras de segurança**

Leiras de segurança são elementos indispensáveis no aumento da segurança de trafegabilidade de máquinas e equipamentos que trafegam na mina, já que têm por função, evitar que os veículos que operam na estrada saiam da pista (figura 13). Seguindo as especificações da NR 22 e da NRM 13:

13.6 O transporte em minas a céu aberto deve obedecer aos seguintes requisitos mínimos:

- a) os limites externos das bancadas utilizadas como estradas devem estar demarcados e sinalizados de forma visível durante o dia e à noite;
- b) (...);
- c) nas laterais das bancadas ou estradas onde houver riscos de quedas de veículos devem ser construídas leiras com altura mínima correspondente à metade do diâmetro do maior pneu de veículo que por elas trafegue, sinalizadas para tráfego diurno e noturno, quando houver, e mantidas sempre em condições de uso. (DNPM, 2002)

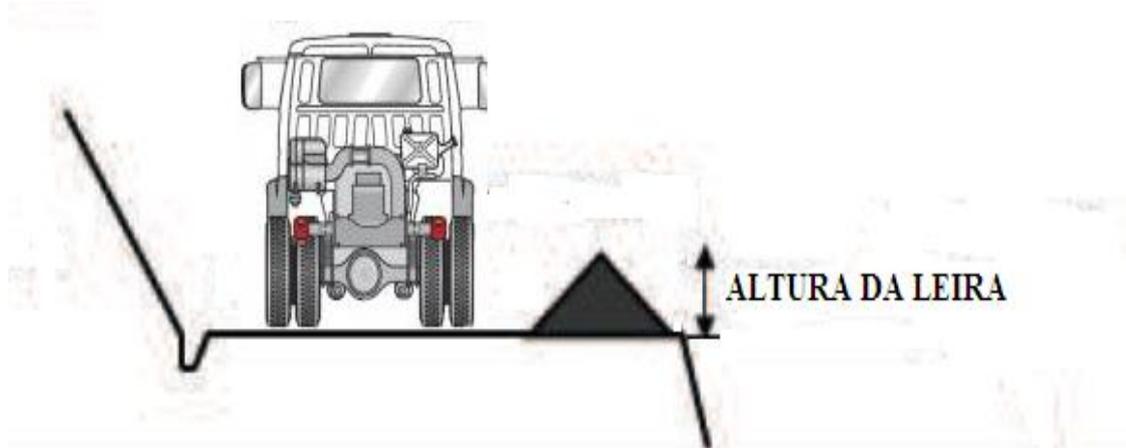


Figura 13 - Leira de segurança lateral.  
Fonte: Autoria própria.

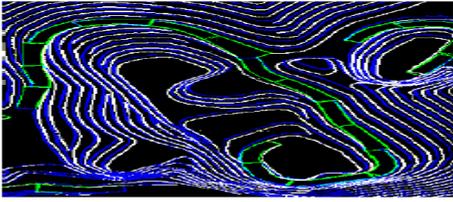
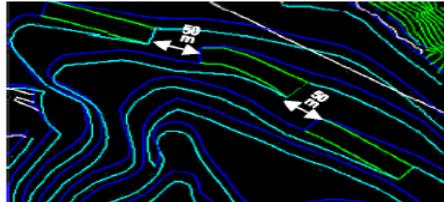
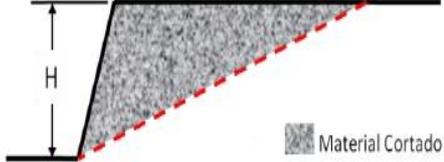
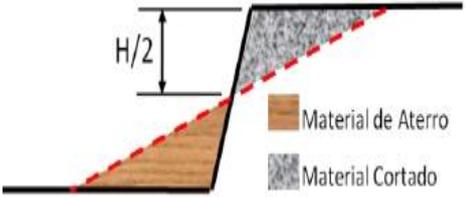
As leiras convencionais possuem formato tipicamente triangular ou trapezoidal e podem ser constituídas pelos diversos materiais existentes na mina, tais como capeamento inconsolidado, minério e estéril. Podem ser também formadas por cascalhos ou fragmentos de rocha de materiais destinados ao revestimento das pistas. A construção das leiras deve seguir as recomendações de rebatimento/acabamento locais para permitir a instalação de sinalização (pontaletes ou placas) ou estruturas de apoio (aspersão) (MASSETTI, 2011).

#### 2.4 RAMPAS

A escolha dos tipos de vias de entrada e saída da mina, considerando as rampas, é preponderante para o bom desempenho da produção, visto que são incrementos básicos que permitem atingir um ou múltiplos pontos ou setores da jazida mineral, além de garantir o escoamento dos minerais desmontados.

Rampas são acessos inclinados entre dois bancos sucessivos, estas têm denominações de acordo com o modo que são concebidas e construídas. As rampas têm diversas classificações que levam em conta o método de execução, sua posição na mina, vida útil, forma e número (MENEZES, 2010). As rampas também podem ser classificadas por tipos, conforme descritos na tabela 3.

Tabela 3 - Tipos de rampas

Tipos de Rampas	Definições	Exemplo
Rampas Contínuas	São rampas sem intervalos entre si, que permitem velocidade constante ao longo do acesso.	 <p>Fonte: (Menezes, 2010)</p>
Rampas Descontínuas	São rampas separadas com intervalos utilizados para entrada e acesso a outros bancos. Não caracteriza velocidade constante durante o percurso.	 <p>Fonte: (Menezes, 2010)</p>
Rampa em Corte	Caracteriza-se por ser construída através da remoção de material do talude vertical, considerando o volume da rampa correspondente ao material cortado.	 <p>Fonte: (Menezes, 2010)</p>
Rampa em Aterro	Não há execução de corte, a rampa é formada por material de aterro que deve ser compactado.	 <p>Fonte: (Menezes, 2010)</p>
Rampa em corte e aterro ou mista	É um híbrido entre a rampa em corte e a rampa em aterro.	 <p>Fonte: (Menezes, 2010)</p>

Fonte: Autoria própria.

## 2.5 EQUIPAMENTOS DE TRANSPORTE

Na mineração, os processos de carregamento e transporte são etapas consideradas fundamentais. O conjunto dessas fases consiste no equipamento de carregamento que é utilizado para carregar o minério fragmentado em uma unidade que o transportará até a instalação de beneficiamento.

### 2.5.1 Transporte por caminhões

O método de transporte por caminhões é o mais utilizado nas minerações ao redor do mundo. (LOPES, 2010). Devido aos altos custos realizados na aquisição e manutenção destes equipamentos é fundamental seu correto dimensionamento e aplicação adequada às condições de trabalho.

A operação dos caminhões consiste na repetição do ciclo de basculamento e carregamento (figura 14). O estudo de tal ciclo é baseado nos tempos e movimentos característicos do transporte, chamados de fixos e variáveis. Os tempos fixos são: tempo de carga, descarga e tempo de manobras – soma de manobras para carregamento e descarga. Já os tempos variáveis são os de transporte carregado e transporte vazio. A distância de transporte está diretamente ligada ao tempo de ciclo por viagem dos caminhões que por consequência reflete a produtividade da frota.

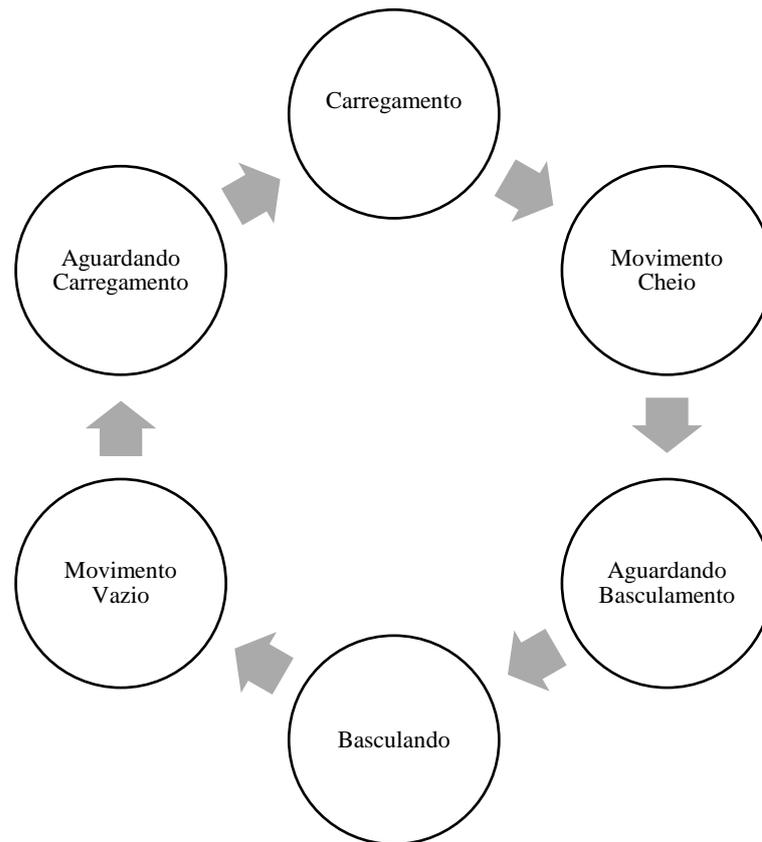


Figura 14 - Ciclo de caminhões.  
Fonte: Silva (2013)

### 3. APRESENTAÇÃO DO CENÁRIO

#### 3.1 LOCAL DA PESQUISA

A empresa Caltins Calcário Tocantins LTDA é parte integrante do Grupo J. Demito e atua no setor de extração e beneficiamento de calcário para fabricação de calcário dolomítico e britas para siderurgia e construção civil a cerca de 14 anos. Localizada na Fazenda Corgão, Zona Rural a 32 km do Município de Bandeirantes do Tocantins – TO (figuras 15 e 16), é detentora dos direitos de lavra constantes na Portaria 864.037, de 2002, do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

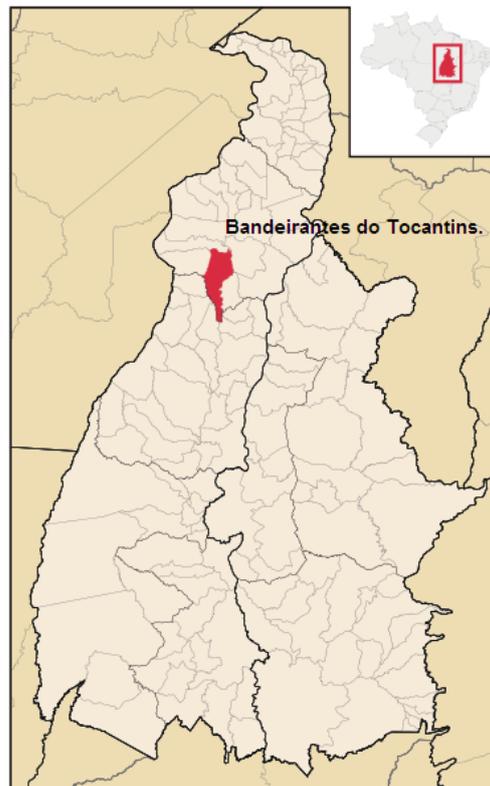


Figura 15 - Município de Bandeirantes do Tocantins - TO.  
Fonte: DNIT (2014)

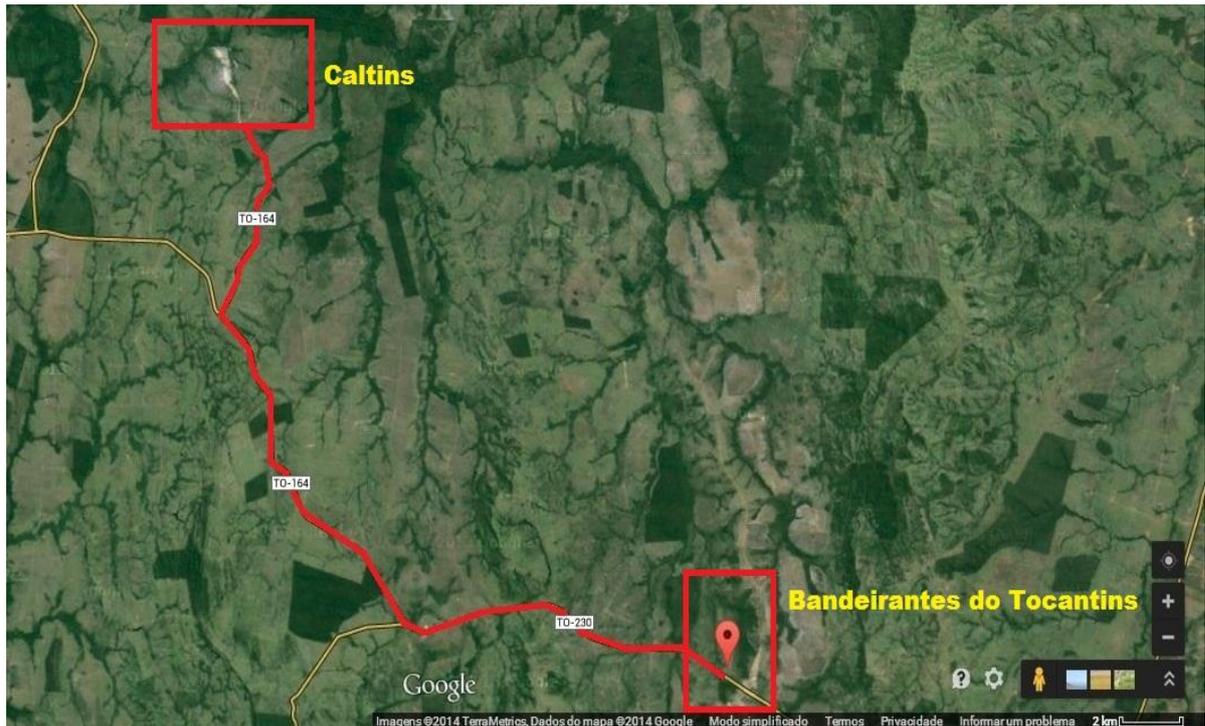


Figura 16 - Localização da empresa Caltins em relação ao Município de Bandeirantes do Tocantins.  
Fonte: Google Maps (2014)

A Caltins tem capacidade instalada de 1,4 milhão de toneladas por ano e gera cerca de 140 empregos diretos e indiretos, além de contribuir no desenvolvimento econômico da região, sempre em conformidade com as legislações ambientais.

O minério de calcário dolomítico comercializado pela Caltins possui 30,65% de Óxido de Cálcio (CaO), 18,05% de Óxido de Magnésio (MgO), 98,97% de Poder de Neutralização (PN), 95,03% de Reatividade e 94,05% de Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT). Sua principal aplicação no setor agrícola por ser considerado um dos mais completos corretivos naturais pela sua composição físico-química.

A geologia local confere-se por ocorrências de rochas calcárias, localizadas no levantamento litológico de superfície, constituídas por afloramentos de rochas Metamórficas a Metassedimentares que têm analogias à formação Pedra de Fogo (Ppf), com coberturas arenosas e conglomerados inconsolidados, representados por coberturas terció-quadernárias (TQA). Também são evidenciadas características da formação Xambioá que é composta por muscovita-biotita-quartzo-xistos e calci-biotita-quartzo-xistos feldspáticos, localmente granitíferos e grafitosos, com lentes de anfibólitos (Carta Geológica CPRM- Folha Araguaína, 2012).



considerando a recuperação em 79% do total de 937.505 toneladas de minério *Run of Mine* (ROM).

As etapas do processo produtivo da Caltins consistem nas operações de decapeamento, perfuração, desmonte, carregamento e transporte, britagem, classificação e moagem. Tais procedimentos são voltados ao total aproveitamento econômico dos maciços rochosos, obtendo-se produtos finais dentro dos padrões granulométricos comercializáveis.

O método de lavra é desenvolvido a céu aberto, em bancadas descendentes com ângulos de talude que variam entre 10° e 15°, com bermas operacionais variando de 15 a 20 metros. Como o material é muito fraturado, as inclinações para perfuração alternam-se entre 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, com diâmetros de 3 polegadas e profundidades que se adequam à necessidade do material existente na bancada. O procedimento é realizado por carretas de perfuração pneumáticas montadas sobre esteiras com sistema próprio de locomoção.

O desmonte é realizado por explosivos de dinamites encartuchadas, ANFO ou emulsão bombeada – proveniente de empresa terceirizada – feito conforme Plano de Fogo determinado a cada local.

O carregamento do minério desmontado é realizado por escavadeiras que abastecem os caminhões rodoviários terceirizados utilizados para o transporte do material da frente de lavra ao alimentador do britador primário. Os caminhões rodoviários são provenientes de cinco transportadoras (Transportadora Pato Branco, Pinheiro, TransPiu, Nova Esperança e J. Rose) e possuem capacidade aproximada de 30 toneladas.

A etapa de britagem tem por finalidade reduzir os tamanhos dos blocos de rocha desmontados para adaptá-los aos processos subsequentes das etapas de beneficiamento. Esse processo se dá em três linhas de produção, sendo duas fixas e uma linha de produção móvel. A linha móvel é exclusivamente para produção de britas (brita 0, brita 1 e pó de brita). As linhas fixas, identificadas para efeito de operacionalização como linhas 1 e 2 fornecem matéria prima a um alimentador vibratório e a um britador de mandíbulas. Em virtude da pesquisa se limitar ao processo de beneficiamento da linha 1, somente esta linha de produção será discriminada.

Os resultados da britagem da Linha 1 são transportados por correias até um separador de tamanhos vibratório, onde está localizado um conjunto de peneiras que produz material descartado chamado de Rejeito.

O material retido nas peneiras segue até a pilha pulmão, que alimentará a britagem secundária. Após a rebritagem feita por britador Cone, o minério cominuído é transportado

também por correia até a Peneira Vibratória Inclinada cujo material retido retorna ao britador secundário. O minério passante já é adequado para a etapa de moagem.

O processo de moagem é composto por três torres que totalizam catorze moinhos de martelo. O calcário em pó passa por umidificador que injeta 12% de umidade para controle de emissão de poeiras ao meio ambiente, e segue por correias transportadoras até o galpão de estocagem (Anexo A).

#### 4. METODOLOGIA

Este estudo cujo título é Estudo da rampa principal da cava leste na mina Corgão da empresa Caltins Calcário Tocantins Ltda, trata-se de um estudo qualitativo.

A expressão “pesquisa qualitativa” assume diferentes significados no campo das ciências sociais. Compreende um conjunto de diferentes técnicas interpretativas que visam descrever e a decodificar os componentes de um sistema complexo de significados. Tem por objetivo traduzir e expressar o sentido dos fenômenos do mundo real; trata-se de reduzir a distância entre indicador e indicado, entre teorias e dados, entre contexto e ação. (MAANEN, 1979, p. 520)

O enfoque dessa pesquisa é de cunho fenomenológico, uma vez que tem como objetivos o estudo das essências. É uma filosofia que substitui as essências na existência e não pensa que se possa compreender o homem e o mundo de outras formas se não a partir da sua “facticidade”.

(...) reconhecer que toda a intuição primordial é uma fonte legítima de conhecimento; que tudo o que se apresenta por si mesmo na intuição deve ser aceito simplesmente como o que se oferece e tal como oferece, ainda que somente dentro dos limites nos quais se apresenta. (DARTIGUES, 1992, p.14)

A fenomenologia se interessa pela interpretação do mundo que é colocado intencionalmente à nossa consciência, por isso a pesquisa exalta o ator, como suas percepções de fenômenos, do observador positivista. Ela ressalta a ideia de “ser o mundo criado pela consciência” e representa ainda uma filosofia que entre outros méritos tem de haver questionado as ideias positivistas, elevando a importância do sujeito no processo de construção do conhecimento.

O atual estudo de um fenômeno voltando-se para o método indutivo da pesquisa, pois partindo dos dados infere-se uma verdade geral, não contida nas partes examinadas. Serão avaliados a partir dos seguintes pontos: Parte do particular para o geral; Observação do fenômeno; Análise quantitativa do fenômeno; Elaboração de hipóteses; Generalização do resultado obtido na experiência.

O pesquisador procurará identificar situações que se desenvolveram naturalmente e trabalhar sobre elas como se estivessem submetido a controle. Os procedimentos, ações realizadas e resultados obtidos, serão descritos adiante.

#### 4.1 RAMPA DE ACESSO PRINCIPAL: ESTUDO DE CASO

Na mina Corgão, atualmente existem duas cavas, a cava Leste e a cava Oeste, conforme figura 18.

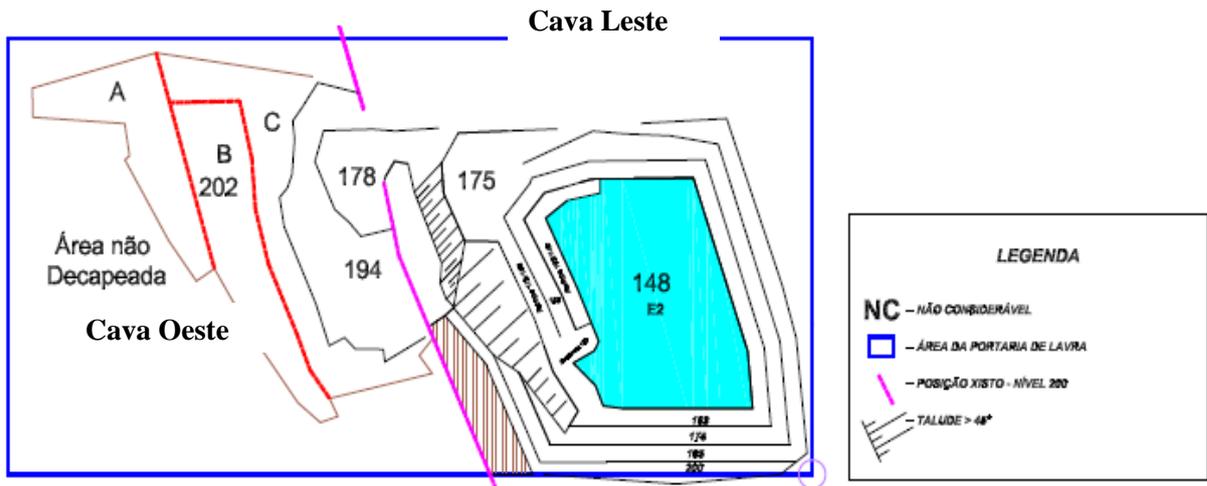


Figura 18 - Planejamento Parcial de Lavra - Caltins, cava Leste e nível 202/ 194.

Fonte: Caltins (2013)

A cava Leste encontra-se alagada por águas de chuva e infiltração provinda do Rio Jenipapo situado a 80 metros de distância e, portanto, está paralisada. A cava Oeste está sendo lavrada e em pleno desenvolvimento. Ponderando-se sobre tais configurações, os acessos da cava Leste não estão em uso e os da cava Oeste ainda são considerados temporários, portanto, enfatizou-se o estudo apenas na Rampa de Acesso Principal, visto que é a única utilizada para acesso a todos os níveis e para o transporte de minério fragmentado da frente de lavra ao beneficiamento. Na figura 19, a Rampa de Acesso Principal está identificada na cor mostarda como 'Entrada da Mina'.

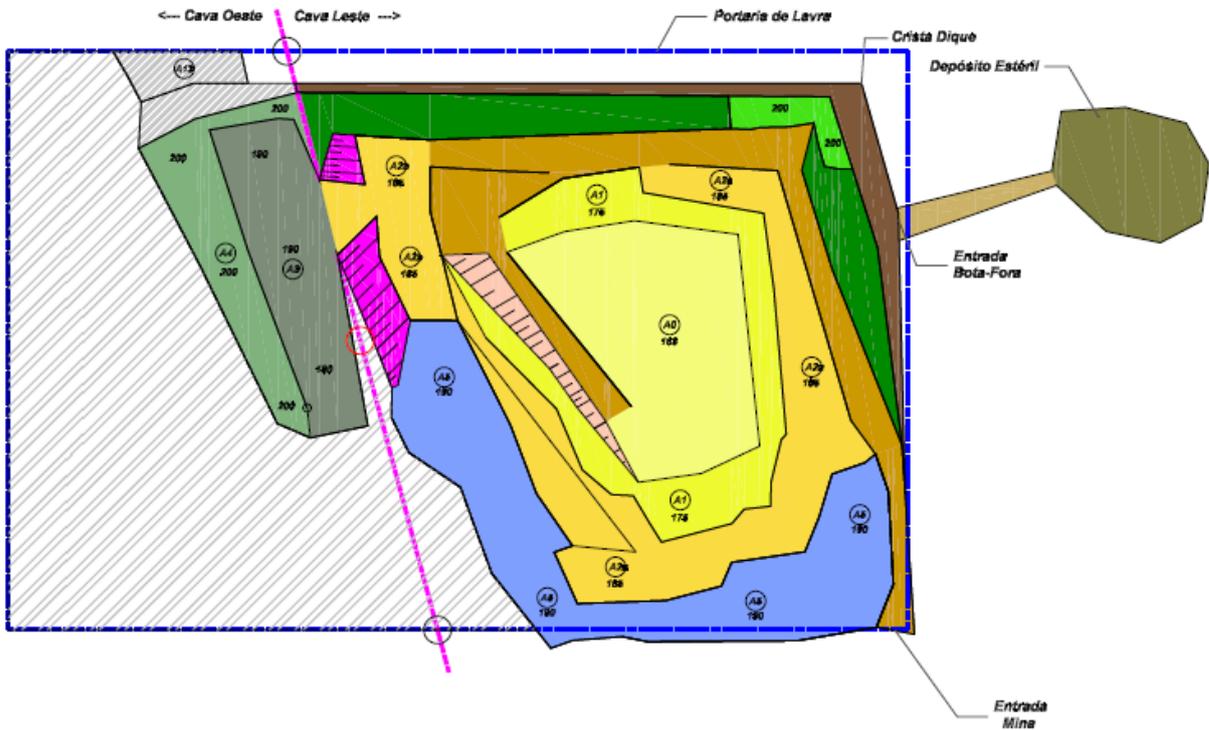


Figura 19 - Planta com localização de setores.  
Fonte: Caltins 2011.

Nesse estudo o trajeto considerado foi das frentes de lavra ao alimentador do britador primário da Linha 01, com distância total de 2800 metros.

Em alguns períodos do ano, a produção de calcário dolomítico sofre baixa de produção, em consequência das condições climáticas e da demanda do produto a ser comercializado, como é o caso em estudo.

A frota de transporte da Caltins é composta por oito caminhões rodoviários terceirizados (fotografia 1). Os caminhões trabalham em escalas, variando de acordo com os turnos, com o ritmo de produção de calcário e o tipo de material transportado.

No período do estudo observou-se que três caminhões realizavam o transporte do minério ao alimentador do britador primário, um caminhão realizava o transporte do minério à britagem móvel (Marajoara) e quatro caminhões ficavam no apoio para possíveis eventualidades durante o segundo turno (das 08h00min às 16h20min).



Fotografia 1 - Modelo dos caminhões rodoviários utilizados.  
Fonte: Acervo Pessoal (2014)

#### 4.1.1 Levantamento de dados

Para levantamento dos dados sobre o objeto em estudo, usou-se a fotografia como forma de registro do que foi observado; a variação da largura em diversos pontos, assim como a inclinação, também apresentava dois tipos de altura (fotografia 2). Partindo das observações, passou-se a realizar medições do comprimento da rampa que é de 189,20m, indo da cota 215 a 197 e larguras de 9 a 12 metros, fatos que evidenciam, a necessidade de adequação.



Fotografia 2 - Rampa Principal vista de cima.  
Fonte: Acervo Pessoal (2014)

Medições de nivelamento topográfico foram feitas em cinco pontos ao longo da rampa devidamente identificados, como pontos A= 47,50m; B= 77,1m; C= 121,8m; D=151,76m; E=189,2m. Feitos os cálculos de nivelamento, que constam em arquivos confidenciais da empresa, foi possível traçar o perfil da rampa.

No ponto mais alto “D”, obteve-se greide aproximadamente de 11%, conforme calculado na equação 8.

$$Greide (\%) = \frac{D_V}{D_H} \times 100$$

$$Greide_D(\%) = \frac{16,69}{151,76} \times 100 = 10,99 \quad (8)$$

Apesar do greide obtido estar entre os limites aceitáveis, a rampa não proporcionava bom desempenho dos caminhões, considerando reclamações constantes feitas pelos motoristas de contínuas redução das marchas submetendo os motores dos caminhões a grandes esforços assim como, a falta de segurança provocada pela superelevação, com risco a pequenos deslizamentos em épocas de chuva.

Para determinar o greide apropriado da rampa, como fundamentado por Atkinson (1992) utilizou-se o tempo de ciclo dos caminhões, considerando como tempos fixos os de carregamento e manobras e tempos variáveis os tempo de ida (sentido mina-britador) com os caminhões carregado de minério e o tempo de volta (sentido britador – mina) com os caminhões vazios. Medidos com auxílio de um cronômetro, foram acompanhados de dentro da cabine por três dias, com média de 30 viagens/dia por caminhão. A tabela 4, mostra a média dos tempos obtidos.

Tabela 4 - Média dos tempos de ciclos dos caminhões (em minutos).

	A	B	C
Tempo ida (carregado)	05:26	05:18	05:56
Tempo de manobra	01:00	01:00	01:00
Tempo de carregamento	03:10	03:10	03:10
Tempo de volta (vazio)	03:23	03:36	04:34
Total	12:59	13:03	14:40

Fonte: Autoria Própria

A visualização dos dados ficam em evidência no gráfico 1.

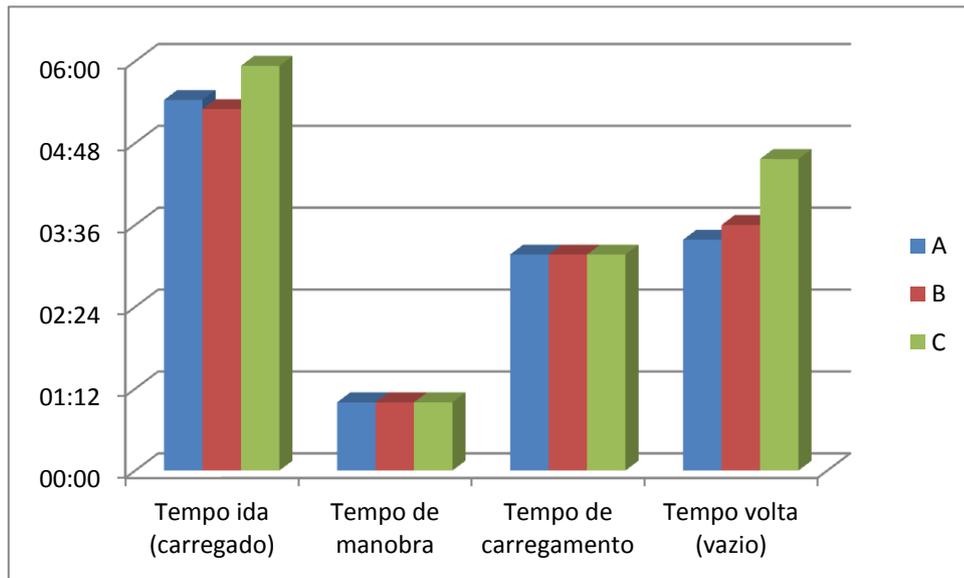


Gráfico 1 - Tempos de Ciclos dos Caminhões.

Fonte: Autoria Própria

Baseando-se nos altos tempos de ida ascendente com os caminhões carregados, determinou-se o greide ideal para 8%. A figura 20 nos mostra o perfil inicial da rampa e o perfil ideal, considerando-se greide de 8%. Após cálculos de verificação, foi identificada a necessidade do acesso ser acrescido em 35,80m, para que a rampa pudesse estar perfeitamente adequada ao tráfego de equipamentos e também atender à medida do novo greide.

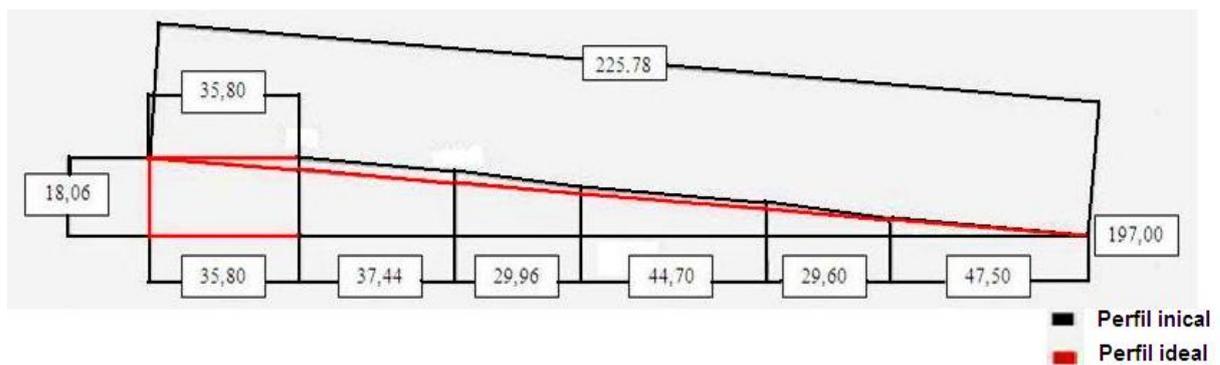


Figura 20 - Perfis inicial e ideal da Rampa Principal.

Fonte: Autoria própria

#### **4.1.1.1 Segurança do acesso**

Sobre a Norma Regulamentadora da Mineração 13 que fornece diretrizes sobre a Circulação e Transporte de Pessoas e Materiais, evidenciou-se a não conformidade com alguns aspectos, sendo estes: falta de plano de trânsito que estabeleça regras de preferência de movimentação e distâncias mínimas de acordo com as condições das pistas de rolamento; falta de placa afixada que configure a velocidade máxima de operação dos equipamentos de transporte; falta de demarcação dos limites externos da estrada e matacos utilizados como leiras na lateral da estrada.

#### **4.1.2 ADEQUAÇÃO DA RAMPA**

Tendo em vista os dados coletados, iniciou-se o processo de mudanças na rampa que foi realizado em etapas. Primeiro, foi projetado o Plano de Fogo com o objetivo de desmontar o material que estava em excesso, para aplicar-lhe o corte necessário para que a rampa pudesse alcançar seu greide ideal. Tal Plano teve as seguintes configurações: 258 furos (fotografia 3.A) com altura média de 3 m e inclinação de 15°; malha estagiada de 2,3 x 3,3; resultando em 5.874,66 m<sup>3</sup> de volume desmontado. A perfuração foi realizada em 3 m por levar em consideração a maior diferença encontrada entre o perfil atual e o perfil ideal da rampa, através do nivelamento topográfico (fotografia 3.B), e a variação entre os furos foi considerada insignificante.



Fotografia 3 - Processos do Plano de Fogo. A) Furos demarcados. B) Nivelamento topográfico dos furos.

Fonte: Acervo Pessoal (2014)

Após o desmonte (fotografia 4), o material de excesso gerou 2760 toneladas para o britador primário e 1400 toneladas de estéril. Do material restante, os de maiores dimensões foram usados como sub-leito, servindo de camada de fundação, visto que é a estrutura que deve apoiar as cargas que vêm do revestimento. Para a camada de base, utilizou-se brita, com a função de distribuir as tensões criadas pelas cargas das rodas atuantes no revestimento. A compactação foi feita pelo peso dos caminhões que trafegaram sobre o material ao longo de dois dias. Por fim, a camada de revestimento foi realizada com o próprio estéril resultante do desmonte do material de excesso da rampa (fotografia 5).



Fotografia 4 - Rampa após detonação.  
Fonte: Acervo Pessoal (2014)



Fotografia 5 - Camadas de estruturas. A) Camada sub-leito. B) Camada de base. C) Camada de revestimento.

Fonte: Acervo Pessoal

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Usando o mesmo instrumento de registro de dados, a tabela 5, gerada de observações e anotações dos ciclos, já demonstra diferença de tempo gasto entre cada ciclo realizado.

Tabela 5 - Média dos tempos de ciclos dos caminhões (em minutos), após modificações.

	A	B	C
Tempo ida (carregado)	03:36	04:18	04:22
Tempo de manobra	01:00	01:00	01:00
Tempo de carregamento	03:10	03:10	03:10
Tempo de volta (vazio)	02:18	02:24	03:29
Total	10:04	10:52	12:01

Fonte: Autoria Própria

Para visualizar melhor as informações, usaremos o gráfico 2.

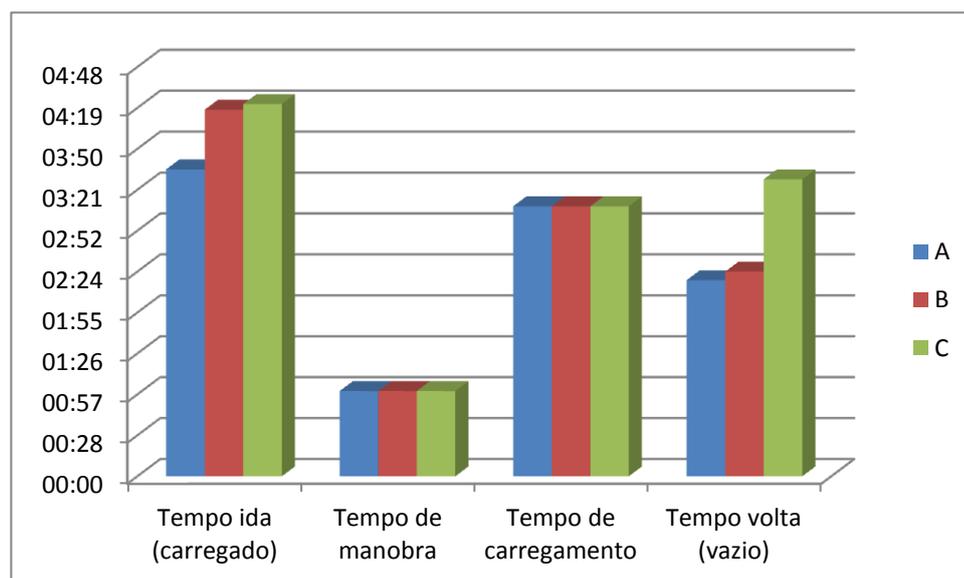


Gráfico 2 - Tempos de Ciclo dos Caminhões após modificações.

Fonte: Autoria Própria

Para confronto dos tempos de antes e depois das modificações, considerando apenas os tempos variáveis, usaremos o gráfico 3.

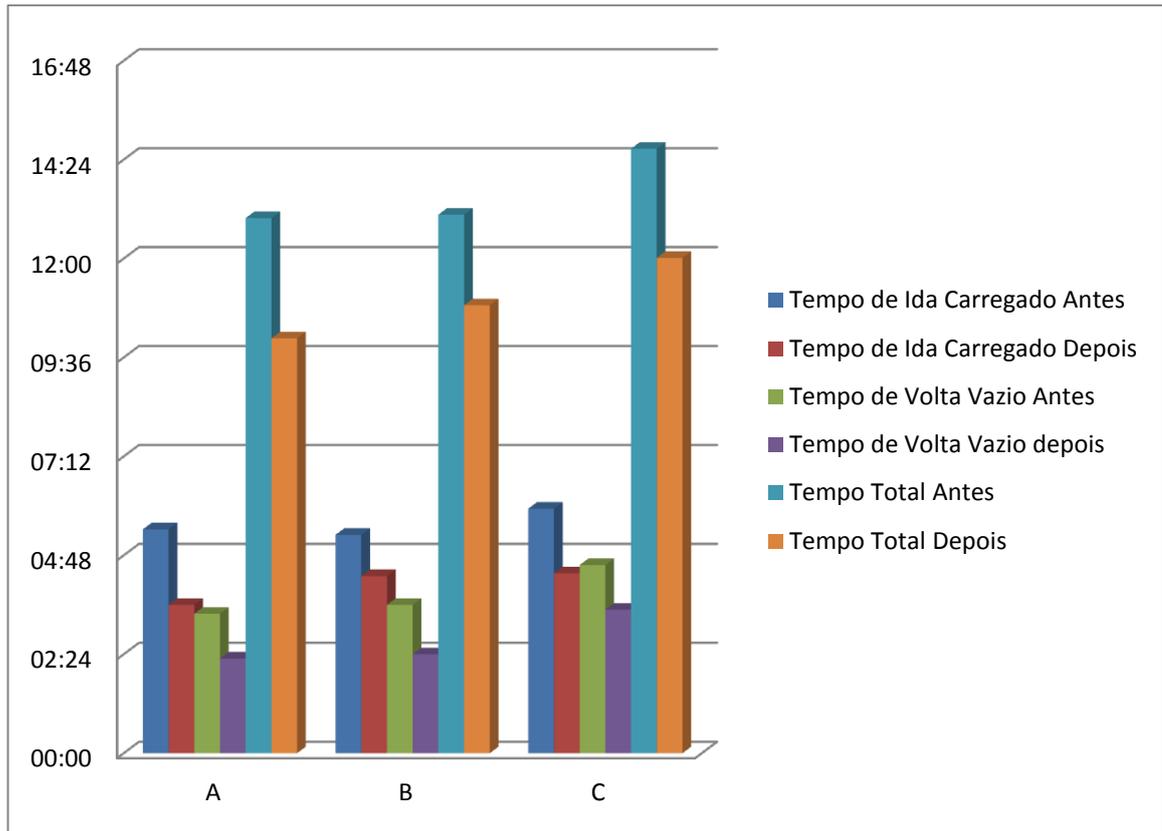


Gráfico 3 - Comparativo de tempos de Ciclo dos Caminhões.

Fonte: Autoria Própria

Fazendo a análise da diferença dos tempos, sobre a ótica dos tempos de ida, percebe-se que o caminhão A melhorou 33,74 % (1 minuto e 50 segundos); o caminhão B melhorou 18,86% (1 minuto) e o caminhão C 26,40% (1 minuto e 34 segundos). Representando ganhos de 26,33% em média. Sobre os tempos de volta, percebe-se que o caminhão A melhorou 32,01% (1 minuto e 05 segundos); o caminhão B melhorou 33,36% (1 minuto e 02 segundos) e o caminhão C 23,72% (1 minuto e 02 segundos). Nos tempos totais, o caminhão A melhorou 22,46 % (2 minutos e 55 segundos); o caminhão B melhorou 16,83% (2 minutos e 39 segundos) e o caminhão C 18,06% (2 minutos e 39 segundos). Percentualmente, os ganhos refletem em 19,11%, em média, de aumento de produtividade dos equipamentos de transporte.

Após finalização da rampa, o acréscimo de 36 metros foi efetivado e o nivelamento topográfico final mostrou perfeita adequação ao greide de 8% estabelecido, não necessitando de mais reparos. Também implementou-se um redutor de velocidade (quebra-molas) (fotografia 6).



Fotografia 6 - Redutor de velocidade no início da Rampa.  
Fonte: Acervo Pessoal

A propósito das diretrizes de Saúde e Segurança do Trabalho, placa delimitando 40 km/h como velocidade máxima permitida aos equipamentos de transporte foi afixada na entrada da Rampa conforme fotografia 7.



Fotografia 7 - Placa de sinalização na entrada da mina.  
Fonte: Acervo Pessoal

Sobre as leiras de proteção, os matacos antes utilizados para tal fim foram retirados, e conforme descrito na NRM, leiras foram criadas, constituídas por material estéril. A altura mínima designada é de 0,87 metros, visto que este valor é a metade do diâmetro da esteira de locomoção das escavadeiras (considerada o equipamento de maior pneu que trafega sobre a rampa). Em razão de reforçar a funcionalidade da leira, uma vez que dois ou mais equipamentos se encontram em determinados momentos, a mesma foi construída com 1,40 metros de altura (fotografia 8).



Fotografia 8 - Leira de proteção com 1,40 metro de altura.  
Fonte: Acervo Pessoal

A via de acesso ficou com largura de 12 metros (fotografia 9), figurada como simples, de mão única. Em alguns pontos, ocorrem encontros de caminhões, fato aceitável porque o fluxo não oferece riscos, já que a distância de visada permite que o caminhão vazio dê a preferência ao carregado.



Fotografia 9 - Rampa de Acesso Principal Finalizada, vista de cima.  
Fonte: Acervo Pessoal.

A demarcação de limite externo da estrada foi feita com o uso de estacas de madeira integradas de fitas refletivas, fixadas na parte superior da leira, espaçadas em 15 metros. (Fotografia 10)



Fotografia 10 - Demarcadores de limite externo de bancada, espaçados em 15 metros.  
Fonte: Acervo Pessoal

## 6. CONCLUSÃO

De acordo com as análises realizadas, pode-se concluir que a adequação do greide da Rampa Principal a 8%, proporcionou aumento da produtividade dos caminhões rodoviários usados para o transporte, em média, 19,11%. Faz-se uma ressalva quanto ao tráfego dos caminhões quando carregados, visto que seus tempos neste quesito representam, em média 41% do tempo total. Ou seja, é o tempo que mais influencia no tempo de ciclo total, e vê-se que melhoraram em 26,33%.

O aumento da produtividade no setor de transporte reduziu as horas paradas por “falta de alimentação” no alimentador do britador primário da Linha 1 em 2%, que em termos de quantidade produzida, representou aumento de 770,72 toneladas por turno. Para reduzir ainda mais as paradas do britador por este motivo, faz-se necessário um estudo mais aprofundado sobre todas as vertentes que o concernem, posto que a “falta de alimentação” também está atribuída a questões relacionadas com os equipamentos de carregamento ou problemas com o desmonte de rochas.

A correção e implantação dos requisitos de Saúde e Segurança do Trabalho foram de grande valia, uma vez que adequaram a mina às Normas Regulamentadoras além de proporcionar condições de trabalho perfeitamente seguras aos operadores.

Ademais, vale ressaltar que as mudanças na Rampa Principal trouxeram benefícios comuns a todos os equipamentos que por ali trafegam, pois com condições de tráfego melhoradas, evita-se custos desnecessários despendidos à manutenção dos mesmos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Atkinson, T. **Design and Layout of Haul Roads**. In: H. L. Hartman, & H. L. Hartman (Ed.), *SME Mining Engineering Handbook* (2ª ed., Vol. I, pp. 1334-1342). Littleton, Chicago, Estados Unidos da América: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc, 1992.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 22 – Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2004. Disponível em: < <http://portal.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-22.htm> >. Acesso em: 20 mai.2014.

COSTA FILHO, W. D. **Proposta de tecnologias construtivas de sistema viário aplicado a minerações de ferro**. Dissertação (Mestrado em Geotecnia de Pavimentos) - Universidade Federal de Ouro Preto, 165 f., Ouro Preto, 2011.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). **Carta Geológica: Araguaina** - Tocantins. Brasília, 2012. Disponível em:<[http://www.cprm.gov.br/arquivos/pdf/araguaina/araguaina\\_ctgeologica.pdf](http://www.cprm.gov.br/arquivos/pdf/araguaina/araguaina_ctgeologica.pdf)>. Acesso em: 05 mai. 2014.

DARTIGUES, A. **O que é fenomenologia?** São Paulo: Moraes, 1992.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Base Cartográfica: Tocantins. Mapas.** Brasília, 2014. Disponível em:<<http://www.dnit.gov.br/menu/dpp/mapas/mapas/TO.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2014.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - Manual de Pavimentação. 3ª. Ed., Departamento Nacional de Infra-Estrutura de transportes, Publicação IPR 719, 274p., 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). NRM 13 – Circulação e Transporte de Pessoas. Sumário Mineral 2002, vol. 31. Disponível em: < [http://http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/nrm\\_13.htm](http://http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/nrm_13.htm)>. Acesso em: 20 mai.2014.

GOOGLE MAPS, 2014. Disponível em: <<https://maps.google.com.br/maps>>. Acesso em: 20 mai. 2014.

KAUFMAN, W. and AULT, J. C. (1977). **Design of surface mine haulage roads – A Manual**. Information Circular 8758, U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, 68 p., Washington.

LOPES, Jose R., **Viabilização Técnica E Econômica Da Lavra Contínua De Ferro Com O Uso De Sistema De Britagem Móvel “In Pit” Auto Propelido**. Ouro Preto: UFOP, 2010. 105 p.

MAANEN, John, Van. Reclaiming qualitative methods for organizational research: a preface, In *Administrative Science Quarterly*, vol. 24, nº. 4, December 1979a pp. 520-126

MASSETTI, L. (Coord.). **Manual de Estradas de Mina**. Convênio VALE/UFOP, 2011.

MENEZES, A. S. **Construção de Acessos e Rampas em Minas a Céu Aberto Estudo de Caso: Mineração Buritirama**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Minas e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Pará, Campus de Marabá, Marabá, 2010.

OLIVEIRA FILHO, W. L. de; FERNANDES, G.; SOUSA, L. M. L. S. de; COSTA FILHO, W. D.; RODRIGUES, C. A. F.; VAN HAM, G. H. J. **Relatório de Inventário de Estradas de Acesso de Mina**. Relatório interno. Convênio Vale UFOP, 12 p., Ouro Preto, 2010.  
Pontes Filho, G. **Estradas de rodagem: projeto geométrico**. BIDIM, 432 p., São Carlos, 2008.

SILVA, A. L. M. **Análise de viabilidade da implantação de dois cenários de transporte na mineração Onça Puma – VALE S. A., Ourilandia do Norte, Pará**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Minas e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Pará, Campus de Marabá, Marabá, 2013.

SOUSA, L. M. L. **Estudos de dimensionamento estrutural de estradas de mina a céu aberto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Universidade Federal de Ouro Preto, 200 f., Ouro Preto, 2011.

TANNANT, D. D. and REGENSBURG, B. **Guidelines for mine haul road design**. University of Alberta: School of Mining and Petroleum Engineering. Department of Civil and Environmental Engineering, 108 p., Canada, 2001.

THOMPSON, R. J. and VISSER, A. T. **Mine haul design, construction and maintenance management**. In: short course offered on 13 and 14 November 2008, Belo Horizonte.

VISSER, A. T. - **Mine Road Design, Construction and Maintenance Management**. Belo Horizonte, 2008.

# ANEXO

## ANEXO A - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DE CALCÁRIO DA EMPRESA CALTINS CALCÁRIO TOCANTINS LTDA

