

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS,
METALÚRGICA E MATERIAIS**

RODRIGO CÉSAR DE OLIVEIRA LISBÔA

**INFLUÊNCIA DOS TEMPOS FIXOS NA PRODUTIVIDADE
DA FROTA DE TRANSPORTE**

Porto Alegre

2019

RODRIGO CÉSAR DE OLIVEIRA LISBÔA

**INFLUÊNCIA DOS TEMPOS FIXOS NA PRODUTIVIDADE
DA FROTA DE TRANSPORTE**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Materiais e Metalúrgica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Orientador: Prof. Dr. Jair Carlos Koppe

Porto Alegre

2019

RODRIGO CÉSAR DE OLIVEIRA LISBÔA

**INFLUÊNCIA DOS TEMPOS FIXOS NA PRODUTIVIDADE
DA FROTA DE TRANSPORTE**

Esta dissertação foi analisada e julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Minerais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Titular Jair Carlos Koppe

Prof. Titular Afonso Reguly – Coordenador do PPGE3M

Aprovado em: _____ / _____ / _____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. André Cesar Zingano - PPGE3M/UFRGS

Prof. Dr. Jorge Dariano Gavronski - DEMIN/UFRGS

Prof. Dr. Júlio César de Souza – DEMIMAS/UFPE

Dedico este trabalho a minha esposa Junia e a meus filhos Eduardo e Izabela, pelo constante apoio, por todas as oportunidades dadas e pelo amor que lhes tenho.

AGRADECIMENTOS

À minha querida família, em especial à minha esposa e filhos, pelo incondicional e tão necessário apoio emocional.

Ao meu pai, também Engenheiro de Minas, que sempre foi um exemplo de profissional, vibrante apaixonado pela vocação.

Ao Prof. Dr. Jair Carlos Koppe, pela oportunidade de aprendizado e paciência e todo apoio na realização desta dissertação.

Ao Dr. Altair Klippel, pela co-orientação e auxílio na elaboração da tese e influência no trabalho realizado.

À VALE S.A. pela cooperação conjunta no desenvolvimento desta pesquisa, em especial a Flávio Coimbra e equipe de Engenharia Operação de Mina (Periquito – Itabira/MG).

Aos colegas de curso, pela amizade, compreensão e colaboração.

A todas as pessoas que, de alguma forma, auxiliaram na conclusão deste trabalho.

RESUMO

Para cumprir a meta e diretrizes de movimentação de minério e estéril com os equipamentos disponíveis, a operação da mina segue orientação do setor de planejamento de lavra de curto, médio e de longo prazo. Essa orientação é função da quantidade e qualidade do minério a ser lavrado para cumprir a programação de produção, e da quantidade de estéril que necessariamente tem de ser removida em cada região da mina, para liberação do minério a ser lavrado na sequência.

Para atender e viabilizar a produção nas diferentes frentes de lavra em uma mina, é necessário e fundamental que as frotas de equipamentos de carga e transporte sejam alocadas ao longo da extensão da mina, estando dependente de sua disponibilidade e utilização física, produtividade horária, número de equipamentos e da compatibilidade entre os equipamentos de carga e de transporte.

De uma forma geral, os caminhões realizam ciclos de carregamento e basculamento, partindo do ponto de carga até o ponto de descarga e retorno ao ponto de carregamento. O tempo de ciclo das unidades de transporte é formado pelos tempos fixos e variáveis.

O tempo de deslocamento do caminhão, tanto cheio quanto vazio, depende, basicamente, da velocidade do caminhão (tempo variável), da distância média de transporte (DMT), distâncias das diferentes frentes de lavra até as britagens primárias e/ou aos depósitos de estéril, fatores que influenciam diretamente nos índices de desempenho dos equipamentos. Os demais elementos que compõem o ciclo do transporte (fila no carregamento, tempo de manobra, tempo de carregamento, fila no basculamento e tempo de basculamento) são chamados de tempos fixos.

O objetivo principal dessa dissertação é introduzir uma metodologia que permita diminuição dos tempos fixos alocados ao ciclo de carga e transporte, melhorando dessa forma o ciclo operacional e a produtividade horária da frota de transporte. O trabalho foi desenvolvido a partir da análise dos tempos fixos nas minas de minério de ferro Itabira (Minas do Meio e Conceição), bem como sua influência na produtividade da frota de transporte, pautando os principais fatores que impactam esta operação.

Estudou-se o grau de influência que cada parcela dos tempos fixos contribui para o aumento da performance e redução de tempo e custo operacional. Foi

estabelecida uma sequência de melhorias operacionais nos processos e procedimentos, bem como no aperfeiçoamento e qualificação dos despachantes e operadores de equipamentos. Os resultados obtidos mostraram ganhos e evolução nas diferentes parcelas dos tempos fixos, de 2015 a 2016.

Palavras-chave: velocidade média, tempos variáveis, (DMT) distância média de transporte, tempos fixos, fila no carregamento, tempo de manobra, tempo de carregamento, fila no basculamento e tempo de basculamento.

SUMMARY

To meet the goal and guidelines for ore and waste movement with available equipment, mine operations follow guidance from the short, medium and long-term mining planning sector. This orientation is a function of the quantity and quality of the ore to be mined to meet the production schedule, and of the amount of waste that must necessarily be removed in each region of the mine to release the ore to be mined in the sequence. In order to meet and make feasible the production in the different mining fronts in a mine, it is necessary and fundamental that the equipment fleets of load and haulage be allocated along the extension of the mine.

Being dependent on their availability and physical use, hourly productivity, number of equipment and compatibility between the load and haulage equipment. In general, the trucks have loading and tipping cycles, starting from the loading point to the point of unloading and returning to the loading point. The cycle time of the transport units is formed by the fixed and variable times.

The cycle time of the truck, both full and empty, depends basically on the speed of the truck (variable time), the average transport distance (DMT), distances from the different mining fronts to primary crushing and / or waste deposits. Factors that directly influence the indices of equipment performance. The other elements that compose the transport cycle (queue at loading, maneuver time, loading time, queue at tipping and tipping time) are called fixed times.

The main objective of this dissertation is to introduce a methodology that allows the reduction of the fixed times allocated to the load and haulage cycle, thus improving the operational cycle and the hourly productivity of the transport fleet. The work was developed from the analysis of the fixed times in the Itabira iron ore mines (Minas do Meio and Conceição), as well as its influence on the productivity of the transport fleet, indicating the main factors that impact this operation.

It was studied the degree of influence that each portion of the fixed times contributes to the increase of the performance and reduction of time and operational cost. A sequence of operational improvements was established in the processes and procedures, as well as in the improvement and qualification of the dispatchers and

equipment operators. The results obtained showed gains and evolution in the different portions of the fixed times, from 2015 to 2016.

Keywords: average speed, variable times, (DMT) average transport distance, fixed times, queue at loading, maneuver time, loading time, queue at tipping and tipping time.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - FLUXOGRAMA DOS TRABALHOS A SEREM DESENVOLVIDOS NA DISSERTAÇÃO	19
FIGURA 2. LOCALIZAÇÃO DO COMPLEXO ITABIRA	21
FIGURA 3 – MINA DE CONCEIÇÃO	22
FIGURA 4 - MINAS DO MEIO	22
FIGURA 5 – COMPLEXO ITABIRA	23
FIGURA 6 - MAPA GEOLÓGICO DO DISTRITO FERRÍFERO DE ITABIRA	24
FIGURA 7 – OPERAÇÕES UNITÁRIAS LAVRA	26
FIGURA 8- PERFURATRIZ ROTOPERCUSSIVA SANDIVK	27
FIGURA 9 – PERFURATRIZ DTH ATLAS COPCO	27
FIGURA 10 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UMA MALHA DE PERFURAÇÃO	28
FIGURA 11. CONFIGURAÇÃO DE UMA BANCADA	31
FIGURA 12 – CARREGAMENTO PÁ MECÂNICA	32
FIGURA 13 – CARREGAMENTO ESCAVADEIRA	32
FIGURA 14. ESCAVADEIRA HIDRÁULICA	33
FIGURA 15. ESCAVADEIRA À CABO	33
FIGURA 16. PÁ MECÂNICA 994 E CAMINHÃO FORA DE ESTRADA	35
FIGURA 17- ASPERSÃO COM TANQUE DE IRRIGAÇÃO	37
FIGURA 18 – CICLO PRODUTIVO TRANSPORTE	40
FIGURA 19 – REGRA 10 x 10 x 20	43
FIGURA 20 - DISTRIBUIÇÃO DA CARGA FRONTAL	43
FIGURA 21 - DISTRIBUIÇÃO DA CARGA TRASEIRA	44
FIGURA 22 - DISTRIBUIÇÃO DA CARGA LATERAL	44
FIGURA 23 - DISTRIBUIÇÃO DE PESO BRUTO	45
FIGURA 24 –DISTÂNCIA MÉDIA DE TRANSPORTE	46
FIGURA 25- LARGURA MÍNIMA DE ACESSO	49
FIGURA 26 - INCLINAÇÃO DE RAMPA	52
FIGURA 27 - INCLINAÇÃO DE RAMPA COM GRADE CONSTANTE	53
FIGURA 28 - CONFIGURAÇÕES GEOMÉTRICAS DIFERENTES CONDIÇÕES DE SEGURANÇA	54
FIGURA 29- SISTEMA DE DRENAGEM DE ACESSOS	56
FIGURA 30 - DISTRIBUIÇÃO DOS TEMPOS FIXOS	57
FIGURA 31- PRAÇA DE CARREGAMENTO	59
FIGURA 32 – GRANULOMETRIA DO DESMONTE E INFLUÊNCIAS NO CARREGAMENTO	61
FIGURA 33– PENETRAÇÃO CAÇAMBA PÁ MECÂNICA EM MATERIAL DESMONTADO	62
FIGURA 34 - ÂNGULO DE GIRO EQUIPAMENTO DE CARGA	64
FIGURA 35 - CARREGAMENTO DA ESQUERDA PARA DIREITA – ESCAVADEIRA HIDRÁULICA	65
FIGURA 36 – FILA DE ESPERA NO EQUIPAMENTO DE CARGA	69
FIGURA 37 - POSICIONAMENTO DO CAMINHÃO	71
FIGURA 38 - MANOBRA E POSICIONAMENTO CAMINHÃO - ESCAVADEIRA A CABO	72
FIGURA 39 - CARREGAMENTO DOS DOIS LADOS DO EQUIPAMENTO DE CARGA	73
FIGURA 40 – FILA NO PONTO DE BASCULAMENTO	73
FIGURA 41 – TEMPO DE BASCULAMENTO	74
FIGURA 42 – FATORES CHAVES NA PRODUTIVIDADE EQUIPAMENTO	81
FIGURA 43- INDICADORES DE AVALIAÇÃO RANKING SUPERVISÃO	83
FIGURA 44 - INDICADORES DE AVALIAÇÃO RANKING DESPACHANTES	83
FIGURA 45 – INDICADORES PARA AVALIAÇÃO OPERADORES	86
FIGURA 46- RESULTADO DA AVALIAÇÃO OPERADOR - TRANSPORTE	87
FIGURA 47 - RESULTADO DA AVALIAÇÃO OPERADOR - CARREGAMENTO	88
FIGURA 48 - ESTADOS RAZÕES DE CATEGORIAS DAS LOCAÇÕES	90

FIGURA 49 - MODELO DE ATENDIMENTO COLABORATIVO -----	92
FIGURA 50 - PRÉ-MANOBRA -----	101
FIGURA 51 - ADIANTAMENTO DE MANOBRA-----	101
FIGURA 52 - REFERÊNCIA NO CARREGAMENTO -----	103
FIGURA 53 - CARREGAMENTO 2 LADOS-----	104
FIGURA 54 - DISTÂNCIA ENTRE PÁ CARREGADEIRA PARA CARREGAMENTO SEQUENCIAL -----	105
FIGURA 55 – BASCULAMENTO EM BANCO 5 METROS-----	107

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - PERCENTUAIS DOS FATORES QUE IMPACTAM A PRODUTIVIDADE DE EQUIPAMENTOS-----	38
GRÁFICO 2 - % DE IMPACTO NAS PARCELAS PRODUTIVIDADE HORÁRIA -----	41
GRÁFICO 3- % DE IMPACTO NAS PARCELAS PRODUTIVIDADE HORÁRIA-----	42
GRÁFICO 4 - LARGURA MÍNIMA DE ACESSO-----	50
GRÁFICO 5 – RELAÇÃO RAIOS DE CURVATURA X VELOCIDADE DA CURVA -----	52
GRÁFICO 6- DISTRIBUIÇÃO TEMPOS FIXOS PELA SAZONALIDADE ANUAL-----	78
GRÁFICO 7 - EVOLUÇÃO DAS CURVAS MENSIS RANKING MINAS DO MEIO 2016-----	85
GRÁFICO 8 - DISTRIBUIÇÃO DA PERFORMANCE OPERADOR -----	95
GRÁFICO 9 –RELAÇÃO TEMPO DE CARREGAMENTO X NÚMERO DE CARREGAMENTO-----	96
GRÁFICO 10 - EVOLUÇÃO TEMPO DE CARREGAMENTO - OPERADOR ESCAVADEIRA-----	96
GRÁFICO 11 - EVOLUÇÃO CARGA MÉDIA - OPERADOR ESCAVADEIRA-----	97
GRÁFICO 12 - EVOLUÇÃO DO TEMPO DE CARREGAMENTO-----	98
GRÁFICO 13 - EVOLUÇÃO DO TEMPO FILA ESCAVADEIRA-----	100
GRÁFICO 14 - EVOLUÇÃO TEMPO DE MANOBRA – OPERADOR TRANSPORTE -----	105
GRÁFICO 15 - EVOLUÇÃO DO TEMPO DE FILA BÁSCULO -----	108
GRÁFICO 16 - EVOLUÇÃO TEMPO DE BASCULAMENTO – OPERADOR TRANSPORTE-----	109
GRÁFICO 17 - EVOLUÇÃO TEMPO FILA ESCAVADEIRA X FAIXAS DE CARGA MÉDIA -----	110
GRÁFICO 18 - EVOLUÇÃO CARGA MÉDIA X FAIXA CARGA MÉDIA-----	111
GRÁFICO 19 - GANHOS EM 2015-----	112
GRÁFICO 20 - EVOLUÇÃO MENSAL DOS GANHOS EM 2015 X REFERÊNCIA 2014-----	112
GRÁFICO 21 - GANHOS EM 2016-----	113
GRÁFICO 22 - EVOLUÇÃO MENSAL DOS GANHOS EM 2016-----	113
GRÁFICO 23 - EVOLUÇÃO DOS TEMPOS FIXOS 2015 E 2016-----	114
GRÁFICO 24 – GANHOS DOS TEMPOS FIXOS POR MINA -----	116
GRÁFICO 25 - GANHOS DOS TEMPOS FIXOS MINA CONCEIÇÃO POR TURMA-----	116
GRÁFICO 26 - GANHOS DOS TEMPOS FIXOS MINAS DO MEIO POR TURMA -----	116
GRÁFICO 27 - EVOLUÇÃO DOS TEMPOS FIXOS 2015 E 2016 E RESPECTIVAS PARCELAS DE INFLUENCIA -----	117
GRÁFICO 28 - GANHOS EM HORAS E MOVIMENTAÇÃO TOTAL COM A REDUÇÃO DOS TEMPOS FIXOS -----	118
GRÁFICO 29 - GANHOS EM HORAS TOTAIS COM A REDUÇÃO DAS PARCELAS DOS TEMPOS FIXOS -----	118
GRÁFICO 30 - GANHOS EM MOVIMENTAÇÃO TOTAL COM A REDUÇÃO DAS PARCELAS DOS TEMPOS FIXOS-----	119
GRÁFICO 31 - GANHOS DA VELOCIDADE MÉDIA POR MINA-----	119
GRÁFICO 32 - MANUTENÇÃO DA CARGA MÉDIA POR MINA -----	120
GRÁFICO 33 – EVOLUÇÃO DOS RESULTADOS APÓS FINALIZAÇÃO DO MESTRADO -----	120

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - PARCELA DAS VARIÁVEIS PRODUTIVIDADE HORÁRIA – PENALIZAÇÃO 10%-----	42
TABELA 2 - SUPERELEVÇÃO DE ACORDO COM O RAI0 DE CURVATURA E A VELOCIDADE -----	50
TABELA 3 - COMBINAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE CARGA X TRANSPORTE -----	58
TABELA 4 - DISTRIBUIÇÃO TEMPOS FIXOS NO PERÍODO 2009/2014 -----	76
TABELA 5 - DISTRIBUIÇÃO TEMPOS FIXOS PERÍODO DE CHUVA -----	77
TABELA 6 - DISTRIBUIÇÃO TEMPOS FIXOS PERÍODO SECO -----	77
TABELA 7 - DISTRIBUIÇÃO TEMPOS FIXOS PERÍODO DE INTERMEDIÁRIO-----	78
TABELA 8: RESULTADO MENSAL DO SUPERVISOR LETRA A - 2016-----	84
TABELA 9: RESULTADO RANKING SUPERVISORES MINAS DO MEIO 2016-----	85
TABELA 10 - MATRIZ DE INTEGRIDADE DE DADOS-----	99

LISTA DE ABREVIATURAS

DMT – distância média de transporte

Prod - Produtividade

Distcheio – distância cheio

Distvazio – distância vazio

C. Média – Carga Média

A – afastamento (m)

E – espaçamento (m)

NA – nível de água

HE – Hematita

IT – Itabirito

ICD – Indicadores controle desempenho

FPS - Ferramenta de penetração do solo

REM – Relação estéril minério

STOL – “Forçar o equipamento além de sua capacidade”

ROM – “Run of Mine”

PTO – “Tomada de Força”

PH – Produtividade Horária

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO	14
1.2 MOTIVAÇÃO	16
1.3 OBJETIVO	17
1.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4 METODOLOGIA	18
1.5 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	20
CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	21
2.1 LOCALIZAÇÃO	21
2.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS	23
2.3 OPERAÇÕES UNITÁRIAS	24
2.3.1 Perfuração	26
2.3.3 Carregamento	31
2.3.3.1 Escavadeiras	33
2.3.4 Transporte	35
2.3.5 Equipamentos Auxiliares	36
CAPÍTULO 3 - PRINCIPAIS VARIÁVEIS DE CÁLCULO DA PRODUTIVIDADE HORÁRIA	38
3.1 PRODUTIVIDADE HORÁRIA DA FROTA DE TRANSPORTE	38
3.1.1 <i>Influência da Carga Média na Produtividade do Transporte</i>	42
3.1.2 <i>Influência da DMT na Produtividade do Transporte</i>	45
3.1.3 <i>Influência da Velocidade Média na Produtividade Transporte</i>	47
3.1.4 <i>Influência dos Tempos Fixos na Produtividade de Transporte</i>	56
4.1 ANÁLISE E DISCUSSÃO DO BANCO DE DADOS	75
CAPÍTULO 5 DESENVOLVIMENTO DAS AÇÕES IMPLEMENTADAS E RESULTADOS OBTIDOS	79
5.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DAS AÇÕES IMPLEMENTADAS	79
5.1.1 <i>Correção e adequações no acessos e praças operacionais</i>	81
5.1.2 <i>Ranking Supervisores - Despachantes e Indicadores Performance Operadores</i>	82
5.1.3 <i>Alocação dos tempos e Ciclo de Carga e Transporte</i>	88
5.2 <i>Desenvolvimento das ações implementadas no tempo de carregamento.</i>	92
5.3 <i>Desenvolvimento das ações implementadas no tempo de fila escavadeira</i>	98
5.4 <i>Desenvolvimento das ações implementadas no tempo de manobra</i>	100
5.5 <i>Desenvolvimento das ações implementadas no tempo fila de básculo</i>	106
5.6 <i>Desenvolvimento das ações implementadas no tempo básculo</i>	108
5.7 <i>Ações implementadas excesso de carga acima de 274 t</i>	109
5.8 <i>Resultados obtidos nos tempos fixos</i>	111
CAPÍTULO 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	121
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123

1 Introdução

Diversos aspectos inseridos nas atividades operacionais de mineração influenciam na produtividade dos equipamentos de perfuração, carregamento, transporte e terraplenagem. Porém, considerando a contínua redução dos preços das *commodities* minerais no mercado global, associada à crise econômica e à redução nas vendas de matérias-primas, tornam cada vez mais importantes a maximização do lucro e aumento de margem, focando no aumento da produtividade.

Características intrínsecas vinculadas às estruturas de mina como largura e drenagem dos acessos, inclinação das rampas, raio de curvatura adequado, fator de rolamento, bem como detalhes vinculados ao processo operacional, como o posicionamento do caminhão nas praças de carregamento, o tempo nas trocas de turno e abastecimento dos equipamentos, velocidade e carga média dos caminhões, dentre muitos outros, são aspectos operacionais que necessitam de constante preocupação e disciplina por parte dos gestores.

Mudanças, melhorias e ajustes às estruturas e aos processos operacionais, resultam em uma mina mais produtiva e eficiente, capaz de gerar bons resultados, otimizando ativos e recursos humanos.

Na mineração, assim como nas mais diversas atividades industriais, o custo operacional final está associado ao conjunto de atividades necessárias para o desenvolvimento do produto que será vendido. Os custos, em sua grande maioria, são gerados pela execução dos processos dentro do empreendimento, e suas vantagens surgem na execução desses processos de forma mais eficiente, seguindo os padrões estatísticos internacionais.

Do mesmo modo, a diferenciação surge tanto da escolha dos processos produtivos como da forma como são executados. Os processos produtivos são os fatores-chave da vantagem competitiva. Logo, a vantagem ou desvantagem competitiva de uma organização resulta da sua gestão e controle destes processos.

Hoje, a regra de sobrevivência para as empresas de mineração é a redução dos custos operacionais associada ao aumento da produtividade das atividades. Desta forma, o detalhamento e controle do desempenho de atividade por atividade, ficaram mais evidentes na gestão das rotinas.

Em geral, a viabilidade técnico-econômica de um empreendimento de mineração, bem como sua saúde operacional, exige que sejam implementadas

constantemente mudanças e melhorias nos processos. Ou seja, setores com resultados sustentáveis e melhorias na sua produtividade são setores mais eficientes, com melhor utilização de seus recursos e ativos e que atingem melhores resultados, tendo assim maiores probabilidades de sucesso.

Na distribuição dos gastos e custos operacionais dentro das operações unitárias que compreendem os processos de perfuração, desmonte, carregamento, transporte e infraestrutura de mina, o transporte representa cerca de 45% na distribuição deste rateio, fazendo com que todo e qualquer ganho na produtividade da frota de transporte seja uma grande oportunidade de redução de custo e ou aumento de produção.

Atualmente, nas minas de Itabira, a produtividade da frota de transporte é influenciada por 38% de participação da carga média, 30% dos tempos variáveis na velocidade cheia e vazio, 19% na DMT (distância média de transporte) e os últimos 13% nos tempos fixos que compõem o ciclo do transporte (fila no carregamento, tempo de manobra, tempo de carregamento, fila no basculamento, e tempo de basculamento). Não menos importante, os tempos fixos merecem atenção daqueles que trabalham na gestão dos processos de carregamento e transporte na operação de mina.

Dentro da perspectiva de redução de desperdícios e melhora na gestão dos processos, os quais podem aumentar a produtividade das atividades e ou reduzir os custos, os tempos fixos são o foco deste estudo. Outra razão pela escolha do estudo concentrar na gestão e otimização desses tempos é o grande número de trabalhos desenvolvidos e publicados direcionados à carga média e velocidade média da frota de transporte e a DMT ser uma variável relacionada à elaboração dos planos de lavra. A carência de trabalhos publicados e relacionados ao tempo fixo representa uma grande oportunidade de desenvolvimento e amadurecimento desta matéria perante estes outros indicadores.

Assim, para que se possa determinar a real influência dos tempos fixos na produtividade horária da frota de transporte, é fundamental analisar perdas nos tempos e ciclos realizados pelos equipamentos de carga e transporte, melhorar e otimizar processos e atividades, bem como reciclar, treinar, controlar os operadores e suas respectivas atividades.

1.1 Contextualização do Estudo

A eficiência operacional significa criar e aplicar procedimentos e melhorias que gerem resultados melhores e sustentáveis, com qualidade e custos operacionais competitivos. Uma das formas de otimização dos processos produtivos é estudar e analisar tempos inseridos e intrínsecos dentro das operações. A partir da otimização dos tempos de execução em cada atividade, dentro de cada operação individual, pode-se tornar o sistema mais eficiente tendo como consequência a redução nos tempos de operação, menor custo de produção e aumento de produtividade. Estas otimizações contribuem com a melhoria dos processos produtivos e aumento da competitividade das unidades operacionais.

É fundamental analisar e ter acompanhamento das atividades individualmente, com levantamento e verificação de tempos de sua realização e avaliação individual da eficiência dessas atividades. Assim, poderá trabalhar na sua otimização, tendo-se como consequência o aumento global na eficiência do processo produtivo utilizado.

De acordo com Çetin (2004), várias melhorias significativas na tecnologia da informação têm levado a indústria da mineração a desenvolver muitos modelos de tomada de decisão para auxiliar na melhor alocação possível dos caminhões em minas a céu aberto. Segundo ele, os sistemas de despacho computadorizados têm se tornado o modo mais comum de operação em muitas minas a céu aberto de larga escala.

O estudo dos tempos fixos pode ter influência na melhoria dos métodos e processos operacionais e condições de trabalho, permitindo análises das atividades, relação homem-máquina e operações em geral. O controle da produção e custos operacionais é essencial na organização de um empreendimento, influenciando os rendimentos, condições de trabalho, e aperfeiçoamento da mão de obra.

Segundo Rodrigues (2006), é reconhecido que a operação de caminhões e equipamentos de carga é um dos itens mais importantes e impactantes no custo da operação como um todo. Assim, a utilização de sistemas de despacho pode maximizar a produtividade e reduzir o custo operacional de operação em uma mina.

O transporte por caminhões é amplamente utilizado na mineração a céu aberto e representa uma grande parcela no custo de operação das empresas. O aumento da profundidade e distância média de transporte nas minas, alto custo de energia/combustível e mão de obra cada vez mais cara, contribuem para o aumento

dos custos na operação da frota de caminhões. Tu e Hucka (1985) afirmam que têm sido observadas grandes melhorias na ordem de 3% a 15% na produtividade do transporte por caminhões nas operações das minas que implementaram sistemas computadorizados de despacho de caminhões, auxiliando no controle e otimização da frota.

De acordo com Çetin (2004), o “*Dispatch*”, sistema de despacho desenvolvido pela Modular Mining System® é um dos mais eficientes sistemas e é utilizado em muitas minas a céu aberto pelo mundo. Este sistema visa maximizar a produtividade com os equipamentos disponíveis, de forma a minimizar as filas de caminhões e ociosidades de equipamentos de carga, além de ajudar a atingir os objetivos de blendagem das operações.

De uma forma geral, os caminhões realizam ciclos de carregamento e basculamento, partindo do ponto de carga até o ponto de descarga e retorno ao ponto de carregamento. O tempo de ciclo das unidades de transporte é formado pelos tempos fixos e variáveis. O tempo de deslocamento do caminhão, tanto cheio quanto vazio, depende, basicamente, da velocidade do caminhão e a distância média de transporte (DMT). O tempo de deslocamento (cheio e vazio) é chamado de tempo variável.

Os demais elementos que compõem o ciclo do transporte (fila no carregamento, manobra, tempo de carregamento, fila no basculamento, tempo de basculamento) são chamados de tempos fixos.

Portanto, a produtividade horária do transporte (Prod) é:

$$Prod = \frac{Carga\ Média}{Tempo\ de\ Ciclo} \quad (1)$$

Onde,

$$Tempo\ de\ Ciclo = \sum Tempos\ Fixos + \sum Tempos\ Variáveis \quad (2)$$

$$\sum Tempos\ Variáveis = \sum \frac{DistCheio + DistVazio}{VelocMedia} \quad (3)$$

$$DistCheio = DistVazio = DMT \quad (4)$$

$$\sum \text{Tempos Fixos} = T_{\text{carregamento}} + T_{\text{tempo fila carregamento}} + T_{\text{tempo manobra}} + T_{\text{tempo fila basculo}} + T_{\text{tempo basculo}} \quad (5)$$

$$\text{Prod} = \frac{\text{Carga Média}}{\sum \text{Tempos Fixos} + \frac{2 * \text{DMT}}{\text{Velocidade Média}}} \quad (6)$$

É importante salientar que pequenas alterações ou melhorias em uma determinada variável dentro de um processo têm a capacidade de alterar todas as demais operações uma vez que a produção é composta por operações interdependentes.

Assim, os tempos fixos têm forte influência nos resultados de aumento de produtividade da frota de transporte, bem como a redução dos custos operacionais, o que torna necessária a medição e verificação dos impactos causados nas outras operações, principalmente aquelas que têm influência direta no carregamento e transporte.

Portanto, para uma correta aferição dos ganhos, em termos de produtividade, e das reduções de gastos em relação a alterações nas estruturas e atividades, há a necessidade de se mensurar e controlar as variáveis que interferem nos tempos fixos.

1.2 Motivação

A busca por competitividade operacional, a concorrência de mercado, exigências dos clientes por qualidade, agilidade e preço, além de alto nível de performance dos executantes, tornam a utilização de ferramentas e controle um diferencial para o alcance dos objetivos estratégicos das empresas.

Visando a constante avaliação do desempenho individual dos operadores, é importante e fundamental estabelecer critérios e metas, definir indicadores operacionais específicos, capazes de comparar a eficiência operacional entre os executantes.

Estes indicadores são utilizados para medir e avaliar o desempenho dos operadores e de sua respectiva equipe, identificando os “gaps” e necessidades que cada um venha a apresentar.

A avaliação de desempenho tem como principal objetivo diagnosticar e analisar o desempenho individual e equipe dos funcionários, promovendo o crescimento pessoal e profissional, bem como melhor desempenho. A análise do desempenho pode ser mensurada, considerando a diferença entre o que é definido, e o que se espera do comportamento do operador com seu desempenho real.

As empresas de modo geral estão investindo cada vez mais em programas de capacitação e formação de profissionais. Em particular, o tempo de formação e desenvolvimento de operadores de equipamentos de mina é muito variável, quando a aptidão, habilidade e, até mesmo, o tipo de equipamento influência de maneira direta na formação de um bom operador. Cada indivíduo tem seu próprio tempo de desenvolvimento e amadurecimento e, com a prática, as habilidades vão se aperfeiçoando.

Antonioli (2003) cita que a necessidade do gerenciamento de desempenho cada vez mais efetivo tem impulsionado as empresas a desenvolverem formas de monitorar e avaliar o seu desempenho.

1.3 Objetivo

Oliveira e Leal Júnior (2009) afirmam que a ferramenta de avaliação de desempenho deve propiciar subsídios que permitam comparar diversas bases de informações e deve refletir o real diagnóstico da situação, possibilitando identificar os pontos fortes da gestão, bem como os pontos fracos merecedores de maior atenção.

Em virtude da dinâmica do mundo de trabalho atual, o sistema homem-máquina sofre o estresse dos ritmos intensos de modificações tecnológicas, mercados competitivos e pressões de diferentes origens no ambiente de trabalho (RASMUSSEN, 1997).

Para o operador de hoje, não basta apenas a operação manual de máquinas, mas também a percepção de sinais e a interpretação dos dados gerados pelas interfaces embarcadas.

Além dos fatores relacionados diretamente ao ser humano, existem fatores organizacionais que têm forte influência no desempenho operacional. De acordo com Rasmussen (1997), as pressões internas e as jornadas de trabalho são fatores capazes de influenciar o desempenho humano no sistema.

Fatores como recursos computacionais e ferramentas de controle podem auxiliar o operador a perceber quando suas ações não estão dentro de uma meta previamente determinada, possibilitando um melhor desenvolvimento individual.

Este trabalho tem como objetivo principal desenvolver metodologia e ferramentas de controle e avaliação operacional da performance dos supervisores, despachantes e operadores por meio da orientação e ajustes individuais, de forma que a tomada de decisão e ajustes dos parâmetros de campo possam ser realizados durante a rotina de trabalho.

1.3.1 Objetivos Específicos

Para atingir os mais diversos objetivos, é preciso conhecer e entender a dinâmica e distribuição dos tempos fixos atuais, os resultados obtidos (produção), bem como os fatores que influenciam direta ou indiretamente as atividades. Sendo assim, pode-se dizer que os estudos são realizados para aumentar a capacidade em horas produtivas (com eficiência normal), reduzindo as horas improdutivas/ociosas.

A relevância do trabalho mostra-se expressiva e direcionada no campo prático, na forma de planejar, agir, verificar e corrigir. Torna-se, dessa forma, sustentação de base prática para o desenvolvimento das atividades e eventuais adaptações nos procedimentos operacionais, estruturas de treinamento e aperfeiçoamento dos operadores de equipamentos.

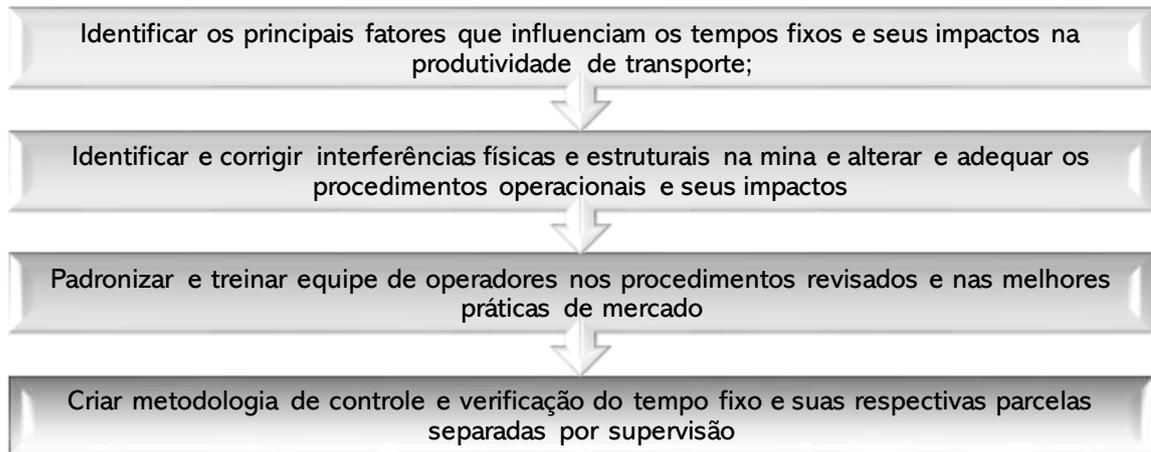
O trabalho também tem relevância de cunho teórico, posto que pretende estabelecer diretrizes e parâmetros técnicos-operacionais para sua aplicação direta no dimensionamento de frota e orçamentos mensais.

1.4 Metodologia

Para que se possam analisar os fatores que influenciam o tempo fixo e seus impactos, todas as informações utilizadas para geração do banco de dados são provenientes da própria área, oriundos do sistema de gerenciamento de informações - Sistema Modular Mining Systems.

A Figura 1 ilustra o fluxo com a sequência dos trabalhos a serem desenvolvidos com a participação do corpo técnico, coordenador do Sistema de Despacho, supervisores e técnicos de mina.

Figura 1 - Fluxograma dos trabalhos a serem desenvolvidos na dissertação



Fote: Vale S.A – Relatório Interno

Na identificação dos fatores que influenciam os tempos fixos e seus respectivos impactos, estudamos e analisando o banco de dados dos últimos 5 anos, validando informações coerentes e expurgando informações incoerentes e enviesadas à realidade operacional das minas Conceição e Minas do Meio. Desta forma, aumentamos a confiabilidade nas análises das informações.

Outro trabalho que teve influência positiva, não só no que se refere aos tempos fixos, mas também nas outras variáveis que compõem a produtividade horária, foram as correções e adequações nas estruturas de mina. Acessos e praças operacionais, sistema de drenagem superficial, adequação no raio de curvatura e inclinação de pista, bem como várias outras atividades corretivas foram executadas ao longo de 3 a 4 meses.

Paralelamente à estas atividades, engenheiros e instrutores de mina em conjunto com operadores mais experientes revisaram os “PRO’s” (Procedimentos Operacionais), com foco em identificar melhorias e simplificação de atividades, sem perder a essência e preocupação com fatores e riscos na segurança das atividades.

Não podemos de deixar de comentar o processo de treinamento dos operadores de carga e transporte, que passaram por avaliações teóricas e práticas para identificação das oportunidades de melhoria e crescimento. Todos os operadores foram treinados e ou reciclados em seus respectivos equipamentos, de forma tangível e transparente, tendo *feedback*’s e devolutivas da curva de desenvolvimento.

Para criar um link entre todas as atividades desenvolvidos deste trabalho, criamos e desenvolvemos uma metodologia de avaliação, controle e verificação dos

parâmetros operacionais, desde o operador ao supervisor de turma. Esta metodologia, a qual chamo de “*Ranking*” cria e desenvolve disciplina na rotina diária, tanto dos executantes quanto de seus gestores, quantificando e qualificando seus respectivos resultados.

1.5 Organização da Dissertação

Esta dissertação está estruturada em 6 capítulos, incluindo este capítulo preliminar, no qual é feita a introdução por meio de considerações iniciais, apresentação dos objetivos do trabalho e organização da dissertação.

No Capítulo 2 apresentam-se o referencial bibliográfico, localização da área de estudo, geologia regional e uma breve descrição das operações unitárias (perfuração & desmonte e carregamento & transporte, como também equipamentos auxiliares). Também, são apresentados alguns conceitos referentes a produtividade horária e tempos associados à produção mineira.

O Capítulo 3 trata de uma releitura sucinta de alguns aspectos estudados na revisão bibliográfica, com direcionamento das principais variáveis de cálculo da produtividade horária.

No Capítulo 4 são feitas as análises e discussões do banco de dados históricos dos valores de tempo fixo dos anos anteriores, bem como comentários de cada fator na produtividade dos equipamentos de transporte.

No Capítulo 5 são feitas análises dos resultados obtidos mediante trabalhos implementados, bem como análises da influência de cada fator na produtividade dos equipamentos de transporte.

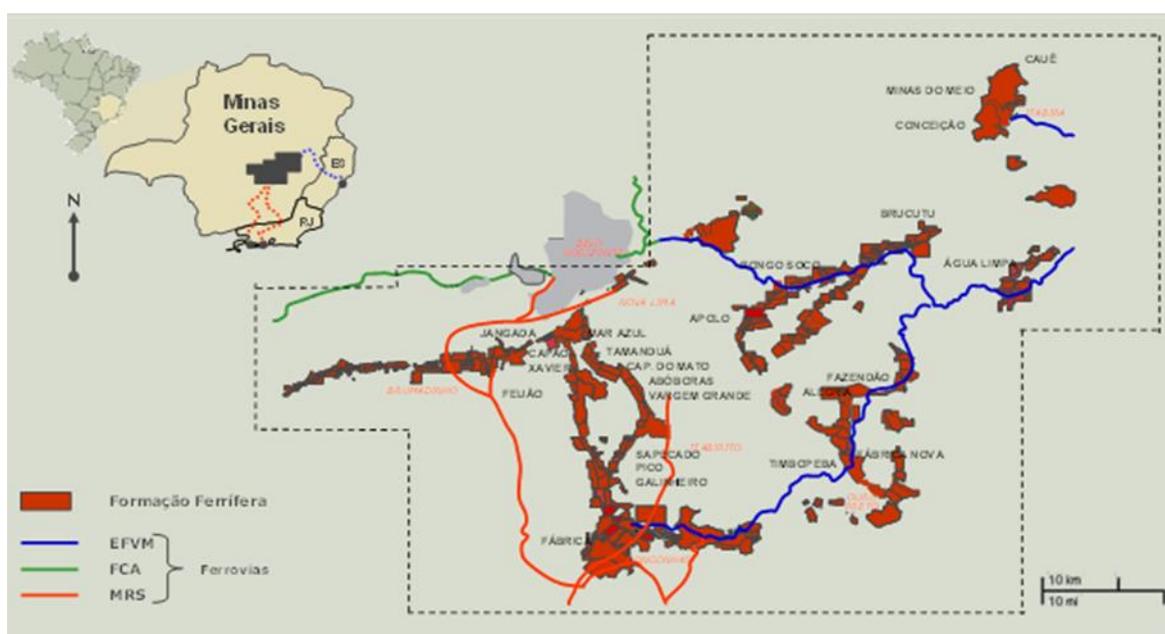
O Capítulo 6 contém as conclusões da dissertação e sugestões e recomendações de trabalhos futuros.

Capítulo 2 – Referencial bibliográfico

2.1 Localização

O Complexo Itabira, pertencente à Vale S.A., iniciou suas atividades em 1942 composto pelas Minas do Cauê, de Conceição e Minas do Meio (Chacrinha, Onça, Periquito e Dois Córregos). Em Itabira, a formação ferrífera integra o Quadrilátero Ferrífero, sendo considerada uma das maiores ocorrências de minério de ferro do mundo.

Figura 2. Localização do Complexo Itabira



Fonte: Vale S.A. – Relatório Interno

No passado, havia denominações diferentes para identificar as várias pequenas minas ou frentes de lavra que existiam entre as duas grandes minas de Cauê e Conceição. Essas pequenas minas recebiam denominações de Chacrinha, Camarinha, Onça, Esmeril, Dois Córregos, Periquito e Corpo D, na sequência da Formação Ferrífera desde Cauê até Conceição.

Com o passar do tempo, aumento da escala de produção e devido à ampliação dessas cavas, estas se uniram, tornando-se hoje uma cava única. A cava resultante da união dessas minas passou então a ser denominada Minas do Meio (Figura 4), em alusão à sua posição entre Cauê e Conceição, simplificação que está em uso atualmente.

Figura 3 – Mina de Conceição



Fonte: Acervo fotografias Vale - 2016

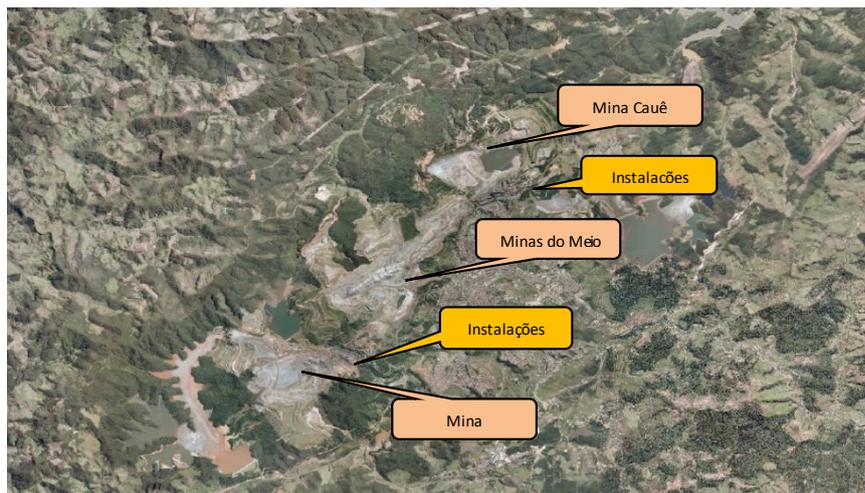
Figura 4 - Minas do Meio



Fonte: Acervo fotografias Vale – 2016

Em síntese, ao final das adaptações em curso, as instalações industriais de Itabira contam com duas plantas de beneficiamento a úmido, uma em Conceição e outra em Cauê, que recebem o minério denominado hematita (HE) e três plantas de concentração, duas em Conceição e uma em Cauê, que são alimentadas com o minério denominado Itabirito (IT). As jazidas, minas, plantas de beneficiamento, instalações de infraestrutura de apoio operacional, barragens para disposição de rejeito, pilhas para disposição de estéril, oficinas mecânicas, postos de abastecimento e almoxarifados, apoio administrativo como escritórios, restaurantes, entre outras, compõem o chamado Complexo Itabira (Figura 5).

Figura 5 – Complexo Itabira



Fonte: PAE – Plano Integrado de Aproveitamento Econômico do Grupamento Mineiro número 143/96, processo 930.641/89

2.2 Aspectos Geológicos

As Minas do Meio, constituídas pelas minas de Chacrinha, Onça, Dois Córregos, Periquito e Corpo D, estão geologicamente situadas na porção nordeste do Quadrilátero Ferrífero, mais especificamente no Distrito Ferrífero de Itabira.

A estrutura principal do Distrito Ferrífero de Itabira é um sinclínório alongado no sentido SW-NE, com aproximadamente 11 km de extensão, cuja aba NW foi redobrada nos sinclinais de Cauê, Dois Córregos e Conceição e nos anticlinais intermediários de Chacrinha e Periquito (Figura 6).

De acordo com os autores Dorr e Barbosa (1963), as formações ferríferas foram originalmente depositadas como sedimentos químicos ou bioquímicos, em um ambiente marinho, sobre uma plataforma continental estável.

As hematitas teriam sido formadas por substituição metassomática hidrotermal de itabiritos silicosos e, em menor extensão, de itabiritos dolomíticos. Estes fluidos estariam relacionados geneticamente ao soerguimento dos corpos de gnaisses graníticos adjacentes.

Os processos de substituição teriam sido efetivos durante os eventos tectono-metamórficos que estruturam todo o Distrito Ferrífero de Itabira.

Essas formações ferríferas se formaram há cerca de 2.5 bilhões de anos atrás e foram intensamente deformadas e metamorizadas em eventos tectônicos posteriores. Desta forma, toda a estruturação geológica da região é resultante de

intensos dobramentos e falhamentos que provocaram repetições estratigráficas, rompimento, espessamento e afinamento de camadas.

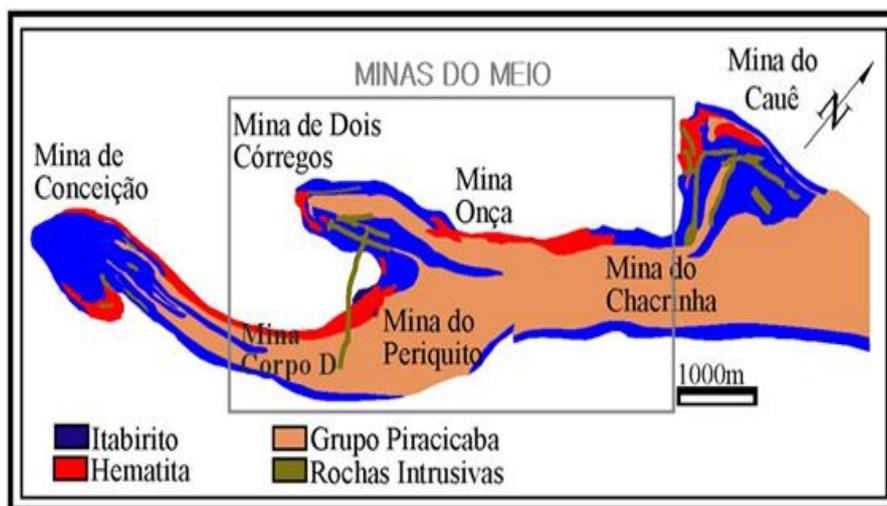
Toda a mineralogia original da formação ferrífera foi também afetada e modificada pelo metamorfismo.

De maneira geral os minérios de ferro de Itabira podem ser divididos em dois tipos principais: itabiritos e hematitas. Os itabiritos são rochas bandadas em que bandas milimétricas a centimétricas ricas em hematita se intercalam com bandas ricas em quartzo, com pequenas quantidades de filossilicatos.

Os itabiritos sofreram forte alteração intempérica supergênica que promoveu a concentração superficial do ferro e transformou os itabiritos em minérios friáveis.

As hematitas são minérios de alto teor e têm sua gênese relacionada a processos hidrotermais antigos, pré a sin-metamórficos, que também provocaram um enriquecimento da formação ferrífera original, gerando corpos de minério com alto teor de ferro.

Figura 6 - Mapa geológico do Distrito Ferrífero de Itabira



Fonte: Vale S.A. – Relatório Interno

2.3 Operações Unitárias

Para uma organização se sobrepôr em relação às concorrentes, ela deve possuir uma ou mais características que a diferencie das demais, tornando-a um referencial para outras. Para alcançar este objetivo, é necessário um esforço contínuo no que se refere a uma análise constante da eficiência operacional, com o objetivo de

obter uma maior produtividade e, conseqüentemente, um custo menor e uma maior competitividade no mercado.

É importante ressaltar que a seleção e escolha dos equipamentos de lavra, das diferentes operações unitárias, devem respeitar regras que atendam a capacidade necessária de produção ao menor custo, mantendo o valor de investimento compatível com a rentabilidade do dinheiro investido no empreendimento mineiro.

A mineração, atividade de extração e processamento mineral, é composta por diversas etapas interligadas entre si. São elas: as operações unitárias de extração (lavra) que consistem em operações de perfuração e desmonte e, por fim, carregamento e transporte.

A lavra tem por objetivo final atender às necessidades da planta de beneficiamento, de acordo com as exigências dessa, de modo a aperfeiçoar o processo.

No entanto, todas as operações, por serem dependentes, devem fornecer “produto” adequado à etapa posterior, de modo que toda a cadeia produtiva seja otimizada, desperdícios sejam reduzidos e, portanto, obtenha-se o menor custo de produção.

O sistema mais econômico seria aquele que utilizasse o menor número de equipamentos de perfuração, carregamento, transporte e auxiliares, mantendo a escala de produção planejada.

Um único equipamento de carga dificilmente garante a continuidade da operação, prejudicando a performance da frota de transporte, da mesma forma que tipos e portes diferentes de equipamentos de transporte, também podem prejudicar a performance da frota de carregamento.

Para obtenção de melhores e eficientes resultados na cadeia produtiva, é essencial realizar uma discriminação e separação entre as operações, focando recursos e técnicas às atividades específicas.

Desta forma, a partir da otimização e execução de cada operação individual no processo de mineração, pode-se tornar o sistema global mais eficiente tendo como consequência menor custo de produção e aumento de produtividade.

Desta forma, ambos contribuem com a melhoria dos processos produtivos e aumento da competitividade das unidades industriais

Seguindo este raciocínio, deve-se avaliar as operações unitárias de lavra (Figura 7), buscando relacionar as operações de modo que a otimização de uma resulte em melhoria do processo de extração como um todo.

Este capítulo trata dos principais aspectos das operações unitárias, perfuração, desmonte, carregamento, transporte e operações auxiliares, situando-os no contexto desse trabalho.

Figura 7 – Operações Unitárias Lavra



Fonte: Vale S.A. – Relatório Interno

2.3.1 Perfuração

É o ato de realizar furos em uma determinada área, de acordo com uma malha pré-estabelecida, em função de diversas variáveis de campo. Esses furos serão carregados com material explosivo, para posterior detonação. A detonação é necessária para converter a rocha em fragmentos menores, para serem transportados ou escavados pelo equipamento disponível.

A perfuração das rochas pode ser feita de diversas maneiras, mas, na maioria das minerações, é usada a perfuração mecânica executada pelas perfuratrizes (Figuras 8 e 9). Estas perfuratrizes são classificadas em função da maneira como perfuram o material, podendo ser:

- (a) Método rotativo: a penetração na rocha é promovida pelo movimento de rotação contínua da broca, que trabalha sob a ação de uma pressão constante.
- (b) Método percussivo: a penetração na rocha é promovida pelo movimento de percussão (impacto) da broca. No intervalo entre duas percussões sucessivas, ocorre também a rotação da broca em um pequeno arco de círculo.
- (c) Método roto-percussivo: a penetração na rocha é promovida pelos movimentos de percussão (impacto) e rotação contínua da broca.

Figura 8- Perfuratriz Rotopercussiva Sandvik



Figura 9 – Perfuratriz DTH Atlas Copco



Fonte: Acervo fotografias Vale – 2016

Fonte: Acervo fotografias Vale – 2016

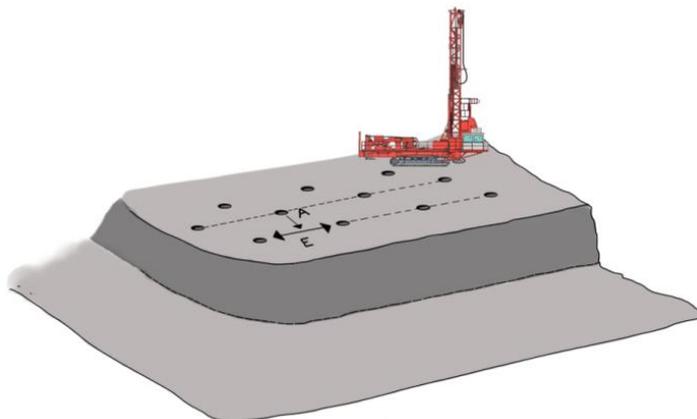
De um modo geral, a perfuração primária é realizada por meio de perfuratrizes rotativas, tipo 1190E, que realizam furos com diâmetro de 9 7/8” a 10 5/8”, ou tipo MD6420 que perfura com diâmetro de 9 1/2” a 9 7/8”. São elas as responsáveis pela perfuração e desmonte em grande escala, suprimindo a frota de carregamento e transporte.

Na perfuração secundária, o diâmetro do furo das perfuratrizes Roc L8 é de 5 3/4” e das perfuratrizes Roc D7 é de 3” ou 4”. São elas as responsáveis pela perfuração em blocos, repés e alguns acertos de banco.

A malha de Perfuração (Figura 10) é composta basicamente por dois elementos, o afastamento entre linhas e o espaçamento entre furos.

O afastamento (A) é a distância da crista da bancada a ser detonada até a primeira linha de furos. Esta distância é mantida entre as demais linhas de furos. O espaçamento (E) é a distância entre os furos de uma mesma linha.

Figura 10 - Representação esquemática de uma malha de perfuração



A= Afastamento E= Espaçamento

Fonte: Vale S.A. – Relatório Interno

2.3.1.2 Desmonte com Explosivos e Plano de Fogo

A fragmentação do minério e estéril é o principal objetivo do processo de desmonte, não podendo influenciar na performance das atividades de carregamento e transporte e nas operações de cominuição.

Desta forma, é desejável obter uma fragmentação onde não haja excesso de material fino ou de matações (blocos de grande diâmetro), bem como é importante que o plano de fogo seja avaliado antes de cada desmonte, de acordo com as características geológicas do material a ser desmontado.

A operação de carregamento é muito influenciada pela eficiência e eficácia das atividades de perfuração e desmonte. Ou seja, um plano de fogo bem elaborado que considere todos os aspectos práticos e teóricos, aumenta a probabilidade de fragmentação coerente e compatível com os equipamentos de carga, bem como no processo de cominuição.

É possível comparar a performance de cada processo individualmente e estabelecer os ganhos na cadeia produtiva, isto é, um maior gasto no processo de perfuração e desmonte, conseqüentemente, pode aumentar a produtividade dos processos de carregamento e transporte.

Essa análise irá exigir que os custos de cada componente de lavra sejam verificados, o que inclui um estudo de custos de perfuração, desmonte, carregamento, transporte e britagem (Sharma, 2010).

Caso a fragmentação de rochas se encontre muito distante da ideal, o desempenho dos equipamentos e das operações poderão ser afetados.

Enquanto os custos de perfuração e desmonte possuem curva decrescente, ou seja, têm seus custos reduzidos com o aumento do tamanho dos fragmentos, as operações de carregamento e transporte apresentam um comportamento oposto, isto é, têm seus custos aumentados.

É fundamental encontrar o equilíbrio do custo entre os processos de perfuração&desmonte e carregamento&transporte, onde o primeiro reflexo positivo seja mensurado com a fragmentação ideal.

Sendo a base para o correto procedimento de desmonte de rocha com uso de explosivos na mineração, o plano de fogo traz as informações necessárias para melhor executar esta tarefa.

As variáveis que devem ser consideradas na elaboração de um plano de fogo dependem do método de lavra e capacidade da britagem e dos equipamentos utilizados, das condições geológicas (tipo de rocha, fraturas, descontinuidades, etc), condições ambientais (áreas urbanas, presença de grutas e cavernas, áreas de preservação, etc.), explosivos e acessórios disponíveis.

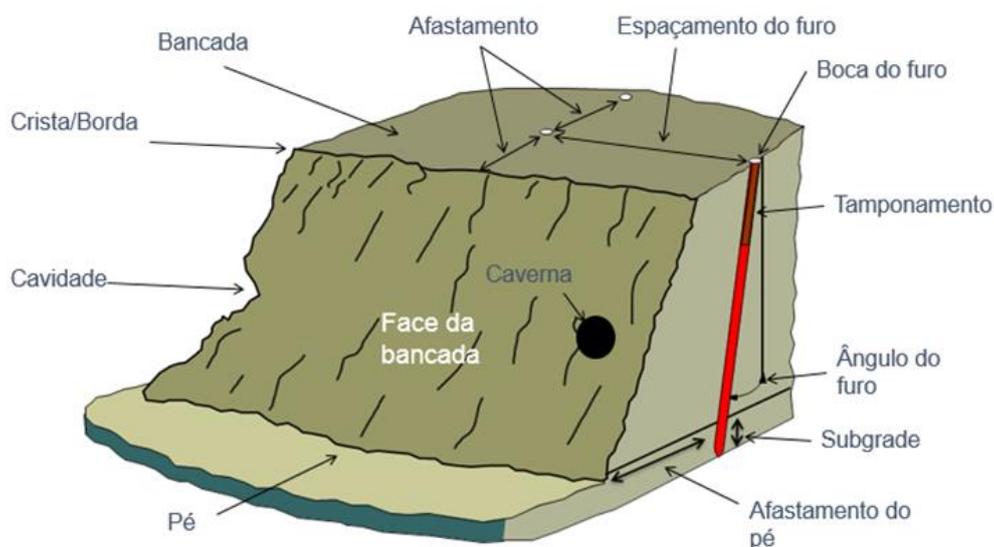
O plano de fogo define os parâmetros para realizar o desmonte de uma determinada massa de material com utilização de explosivos, considerando a qualidade e o custo do desmonte, bem como os aspectos sociais e ambientais na área de influência.

Tais parâmetros são:

- ✓ Diâmetro do furo: diâmetros maiores proporcionam redução do custo, porém acarretam aumento na razão de carga. Desta forma, devem ser consideradas as características do maciço para determiná-la.
- ✓ Malha de perfuração: podem ocorrer múltiplas possibilidades de malha para valores iguais de carga e sua relação com os demais elementos do plano de fogo. A experiência do responsável pela elaboração do plano de fogo é fundamental na determinação da malha.

- ✓ Profundidade dos furos: é estabelecida, basicamente, pela altura da bancada. Por sua vez, para se determinar a altura da bancada, devem ser considerados vários fatores, tais como: a estabilidade do maciço, o porte dos equipamentos (perfuração, carga e transporte) e o custo de perfuração e desmonte.
- ✓ Sub-furação: é a perfuração de uma profundidade adicional ao nível do pé da bancada, a fim de se obter um piso regular da praça de carregamento após a detonação.
- ✓ Inclinação do furo: furos inclinados geram vários benefícios, tais como: maior fragmentação na região do tampão, maior eficiência no arranque do pé da bancada, redução do *backbreak*, maior lançamento da pilha de fragmentos. A precisão ao se realizarem os furos inclinados é fundamental para a eficiência e segurança do desmonte.
- ✓ Tampão: material inerte que fica na parte superior do furo. Tem a finalidade de tampar a boca do furo, impedindo o escape dos gases da detonação pela parte superior.
- ✓ Explosivos: basicamente um explosivo é um composto de hidrogênio (H), nitrogênio (N) e carbono (C), e a explosão é uma reação exotérmica que procede de uma maneira extremamente rápida. Na reação geralmente N_2 é formado e o oxigênio combina com o carbono e/ou o hidrogênio (e/ou com o enxofre se este é presente). As reações explosivas são realizadas em um intervalo da ordem de 1 microssegundo, por isso é quase impossível descobrir exatamente o que ocorre.
- ✓ Acessórios e temporização: constituem-se de espoleta elétrica, espoleta pirotécnica, espoleta eletrônica, estopim, elemento de retardo, acendedor de fricção, detonador não-elétrico, espoleta pirotécnica montada com estopim, e conjunto iniciador montado, constituído de espoleta pirotécnica acoplada a tubo transmissor de onda de choque ou de calor.
- ✓ Razão de carregamento: quantidade de explosivo necessário para detonar certo volume de rocha;
- ✓ Carga máxima de espera: carga total de explosivo que será detonado ao mesmo instante;
- ✓ Amarração: sistema a qual será dada sequência à detonação.

Figura 11. Configuração de uma bancada



Fonte: Vale S.A. – Relatório Interno

2.3.3 Carregamento

Estes equipamentos têm como uma de suas principais funções, na rotina operacional, fazer o abastecimento das unidades de transporte a partir de material previamente desmontado e fragmentado para ser transportado, obedecendo aos limites de capacidade do equipamento de carga e de transporte.

A operação de carregamento (Figuras 12 e 13) pode ser dividida em três movimentos principais. O primeiro movimento de avanço da caçamba até o contato com o material na frente de lavra, sendo chamado “aproximação”. No segundo movimento, a caçamba é elevada e cheia, sendo denominada “içamento”. O terceiro movimento, chamado “giro / descarga”, ocorre com a caçamba cheia sendo movimentada lateralmente na direção da balsa do caminhão, onde irá ocorrer a descarga do material (Hustrulid, 1999).

De acordo com Özdemir (2007), ainda se pode identificar outros dois movimentos, são estes: esvaziamento da caçamba e giro com a caçamba vazia. O ciclo completo de carregamento inicia com o enchimento e termina quando a caçamba retorna vazia ao ponto de partida.

Figura 12 – Carregamento pá mecânica



Fonte: Acervo fotografias Vale – 2016

Figura 13 – Carregamento escavadeira



Fonte: Acervo fotografias Vale – 2016

A produtividade de um equipamento é medida em função do número de ciclos realizados em um determinado tempo e em função da capacidade do equipamento. Deste modo, deve-se preocupar desde o a granulometria do desmorte das frentes de lavra, a quantidade e o posicionamento de caminhões em relação ao equipamento de carga e a habilidade e performance dos operadores, fazendo com que tempo de ciclo dos equipamentos de carga seja minimizado.

Os equipamentos mais comuns de carregamento em mineração são os seguintes:

- Pás carregadeiras;
- Escavadeiras hidráulicas e a cabo;
- Moto-scrapers (automaticamente carrega e transporta quando o material é pouco consistente);

A escolha do tipo e modelo do equipamento de carregamento mais adequado a determinado serviço de mineração depende de fatores como:

- Produção desejada;
- Natureza do material;
- Resistência do solo à compactação;
- Condições topográficas;
- Qualidade da mão-de-obra disponível;
- Disponibilidade financeira, etc.

2.3.3.1 Escavadeiras

A escavadeira é um equipamento que trabalha praticamente estacionado mais fixo na frente de lavra. Estes equipamentos são utilizados nas minerações na escavação do material “in situ” e posterior carregamento de unidades de transportes. São montadas sobre esteiras ou sapatas hidráulicas e possuem acionamento elétrico e ou diesel.

São equipamentos de estrutura robusta e muito adequada para escavações de material duro e resistente, possuem baixo custo operacional considerando sua longa vida de trabalho.

A escavação é feita diretamente pela caçamba frontal que é acionada pelos cabos de aço e ou cilindros hidráulicos, tendo na extremidade da caçamba um fundo móvel para descarga do material.

Dependendo do tipo de caçamba e de escavação, as escavadeiras (Figuras 14 e 15) recebem as seguintes denominações:

- a) Escavadeira "shovel" ou de caçamba frontal (hidráulica ou a cabo);
- b) Escavadeira "drag-line" ou de arrasto;
- c) Escavadeira "backhoe";
- d) Escavadeira retro ou retroescavadeira.

A escavadeira possui pouca flexibilidade em sua operação, ou seja, é um equipamento que trabalha de forma mais fixa na frente de lavra, fazendo a escavação e carregamento dos caminhões.

Figura 14. Escavadeira hidráulica



Fonte: Acervo fotografias Vale – 2016

Figura 15. Escavadeira à cabo



Fonte: Acervo fotografias Vale – 2016

As escavadeiras com acionamento elétrico necessitam de cuidados com a distribuição elétrica e manejo dos cabos de linha.

A escolha da melhor e mais adequada escavadeira, em regra geral, deve carregar um caminhão com 3 a 5 passes, porém não é uma regra fixa e varia com o tipo de material a ser carregado.

2.3.3.2 Pás Carregadeiras

São equipamentos montados sobre pneus ou esteiras e possuem funcionamento normalmente a diesel ou diesel-elétrico. Essas máquinas têm a versatilidade de poderem trabalhar com caçambas de vários tamanhos.

Classificada nas categorias de máquinas pesadas, a pá carregadeira é bastante eficiente nas diversas vertentes da construção civil e mineração.

Esta máquina é muito utilizada para o carregamento de objetos, terras, minérios, entre outros. É também utilizada na escavação de terrenos e terraplanagem. Há dois tipos de pás carregadeiras, as que operam sobre rodas e sobre esteiras.

A pá carregadeira sobre rodas é utilizada para serviços onde o local deve estar seco, firme, nivelado e sem intempéries para que a máquina possa trafegar tranquilamente.

Já a pá carregadeira sobre esteiras não necessita da mesma preocupação onde será utilizada, pois possui maior aderência ao solo e estabilidade.

A principal razão para escolha e seleção de pás carregadeiras (Figura 16) sobre pneus ou esteiras, é baseada na mobilidade e flexibilidade nas operações em diversos bancos e onde é necessário blendagem do material. Porém, é importante ressaltar que os custos operacionais destes equipamentos são mais elevados se comparando com as escavadeiras hidráulicas e a cabo, sendo assim, sua otimização dentro dos cenários de lavra é fundamental.

Porém, para manter uma elevada produtividade e não forçar os limites do equipamento, é importante que a frente de lavra tenha granulometria adequada e compatível com os equipamentos de carga. A escolha e definição do melhor e mais adequado plano de fogo é a primeira preocupação dentro das operações unitárias que precisa analisada e elaborada. De forma a correlacionar parâmetros geológicos

(litologia, falhas, dobras, etc..), tipo de equipamento de carga e plano de fogo individualizado.

Figura 16. Pá mecânica 994 e Caminhão Fora de Estrada



Fonte: Acervo fotografias Vale – 2006

2.3.4 Transporte

Nas minas e nos serviços mineiros, o transporte do material desmontado necessita de equipamentos rápidos, produtivos, flexíveis e que tenham custos operacionais por tonelada movimentada competitivos.

Na grande maioria das minas, as distâncias a serem percorridas são consideradas altas, pois a localização dos britadores primários e depósito de disposição de estéril são montados e localizados fora dos limites da jazida.

Por outro lado, existem alguns casos em que algumas instalações são implementadas dentro dos limites da jazida, chamadas de “BSM” (britagem semimóveis), assim reduzindo as distâncias a serem percorridas. Entretanto podendo perder temporariamente parte do minério a ser lavrado na região instalada até sua relocação seja viabilizada.

De cada frente de trabalho a cada destino das respectivas cargas transportadas para os britadores ou depósito de estéril, é importante conhecer com certa precisão o tempo de ciclo (tempo de ida e volta), as inclinações máximas a serem vencidas pelos equipamentos de transporte, os tempos de carregamentos, manobras, bem como a pressão dos pneus exercida sobre os acessos operacionais.

As maiores produções de minério e estéril numa mina são consequências do melhor sincronismo das variáveis operacionais entre as unidades de transporte e equipamentos de carga. Ou seja, buscar a maior produtividade entre as frotas é buscar a melhor otimização entre elas, considerando distâncias entre origem e destino, tempos de ciclos, massas transportadas, densidades dos diferentes tipos de material e outras variáveis.

Desta forma, o tipo, tamanho, quantidade e produtividade dos equipamentos de transporte dependem da taxa de produção, larguras dos acessos e frentes de lavra, raio de curvatura, desnível entre as diferentes origens e destino, densidade do minério e estéril lavrado, fator de empolamento e dureza dos mesmos, resistência à escavação, dentre outras características.

2.3.5 Equipamentos Auxiliares

Os equipamentos auxiliares são aqueles que têm a principal função de fornecer as melhores condições operacionais aos outros equipamentos de lavra. Não significa que são menos importantes, a atuação de cada um é fundamental e acabam sendo responsáveis também, não pela produção em si, mas pela busca das melhores condições e mais adequadas para se produzir.

Estes equipamentos destinam-se especialmente a serviços de acabamento, isto é, executam as operações para conformar o terreno às inclinações finais do projeto.

As principais características destes equipamentos são a grande mobilidade da lâmina de corte e a sua precisão de movimentos, permitindo o seu posicionamento nas situações mais diversas, também, são capazes de executar tração no corte de terrenos e empurrar grandes quantidades de material.

Os serviços de apoio têm objetivo similar aos das operações de terraplanagem, que é fornecer condições adequadas para o desenvolvimento dos processos subsequentes, mas sua natureza os difere por não serem baseados na movimentação de materiais.

São consideradas serviços de apoio na mineração:

- O rebaixamento do nível d'água (NA);

- A instalação de redes e painéis elétricos para alimentação de equipamentos e instalações;
- A sinalização da mina (acessos, bancos, regulamento de trânsito, etc.);
- A umectação das vias de acesso e taludes nas cavas e pilhas de estéril;

Todos os serviços de apoio são de fundamental importância para garantir a execução do plano de lavra da maneira mais sustentável (econômica e ambientalmente) e segura possível.

Figura 17- Aspersão com tanque de irrigação



Fonte: Acervo fotografias Vale – 2016

Capítulo 3 - Principais variáveis de cálculo da produtividade horária

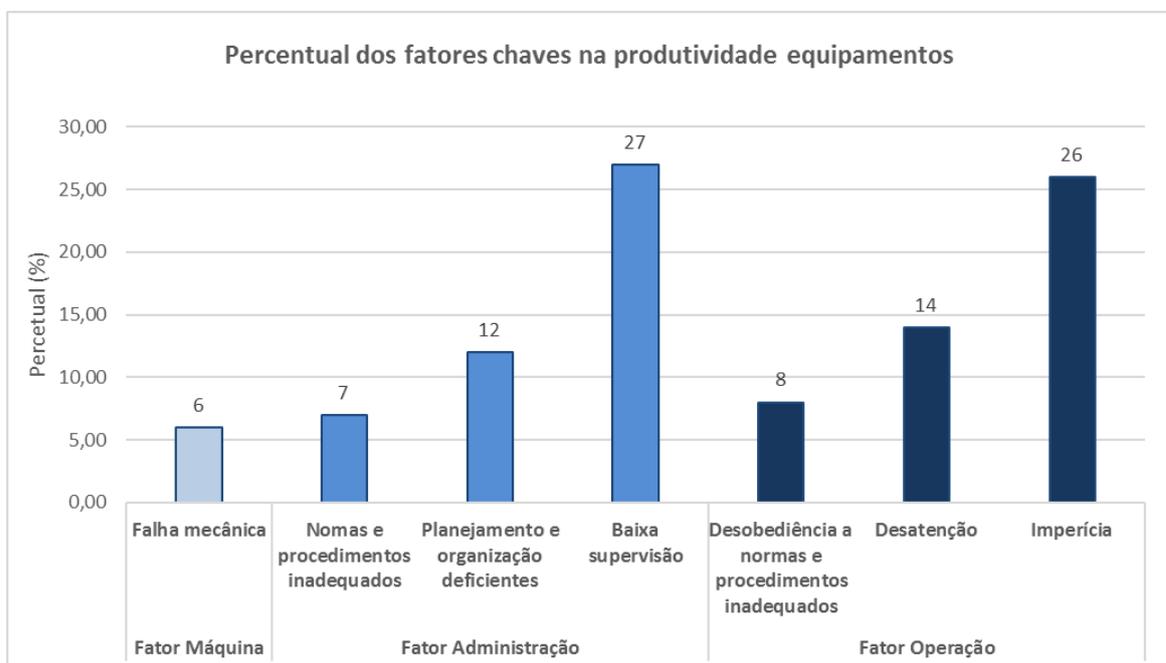
3.1 Produtividade horária da Frota de Transporte

O Gráfico 1 mostra os resultados de uma pesquisa realizada nos Estados Unidos e Canadá, entre os anos de 1989 a 2004, divulgada pela Revista M&T (2004), onde são analisados os pesos dos fatores: máquina, administração e operação na produtividade dos equipamentos de mina.

De acordo com os dados da pesquisa, pode-se verificar que 6% dos problemas que impactam a produtividade dos equipamentos são de natureza mecânica, ou seja, relacionadas com a manutenção dos equipamentos.

O fator administração é responsável por 46% dos problemas e 48% são oriundos de falhas operacionais, incluindo o baixo desempenho dos operadores.

Gráfico 1 - Percentuais dos fatores que impactam a produtividade de equipamentos



Fonte: Adaptado de Revista M&T (2004).

Os fatores “baixa supervisão” e “imperícia” somam 53% dos motivos de baixa produtividade que, também, serão tratados e direcionados nesta dissertação. Existem vários outros parâmetros que afetam a produtividade da frota de transporte nas minerações a céu aberto, tais como: velocidade, carga média e tempo de ciclo dos equipamentos; planejamento e layout de mina (DMT); condição das praças de

carregamento e basculamento; tipo de pneu utilizado e resistência ao rolamento; idade e tipos de manutenção dos equipamentos.

A produtividade é um indicador utilizado para medir a eficiência na utilização do fator trabalho. No caso dos equipamentos de transporte, o valor da produtividade é medido pela tonelage transportada para cada hora efetiva de operação. O cálculo da produtividade horária dos caminhões fora-de-estrada é diretamente proporcional à carga média transportada e inversamente aos tempos fixos e variáveis e distância percorrida.

A tonelage de cada carga/transporte é medida pelo sistema de despacho por meio de interfaces com as balanças instaladas em cada caminhão. Os equipamentos de transporte possuem capacidade nominal de carga de acordo com o tamanho de sua caçamba e fator de enchimento. O indicador carga média visa avaliar o volume/tonelage efetivamente carregado, comparando com a capacidade nominal de transporte de cada equipamento.

O ciclo produtivo do transporte (Figura 17) é composto por seus tempos fixos e tempos variáveis, ou seja, define a sua produtividade horária o somatório dos tempos gastos pelo caminhão para transportar uma carga de minério ou estéril de sua origem até o destino.

Em minas a céu aberto, as atividades começam com a preparação das áreas a serem lavradas, essas são perfuradas e detonadas, e posteriormente os caminhões são direcionados a elas. Os equipamentos de cargas que estão locados nas frentes de lavra retiram o material e carregam os caminhões. Os caminhões carregados transportam o material até um ponto de descarga (britador, pilha de estéril, pilha de produto, etc) e, em seguida, voltam para uma frente de lavra disponível, repetindo as mesmas operações.

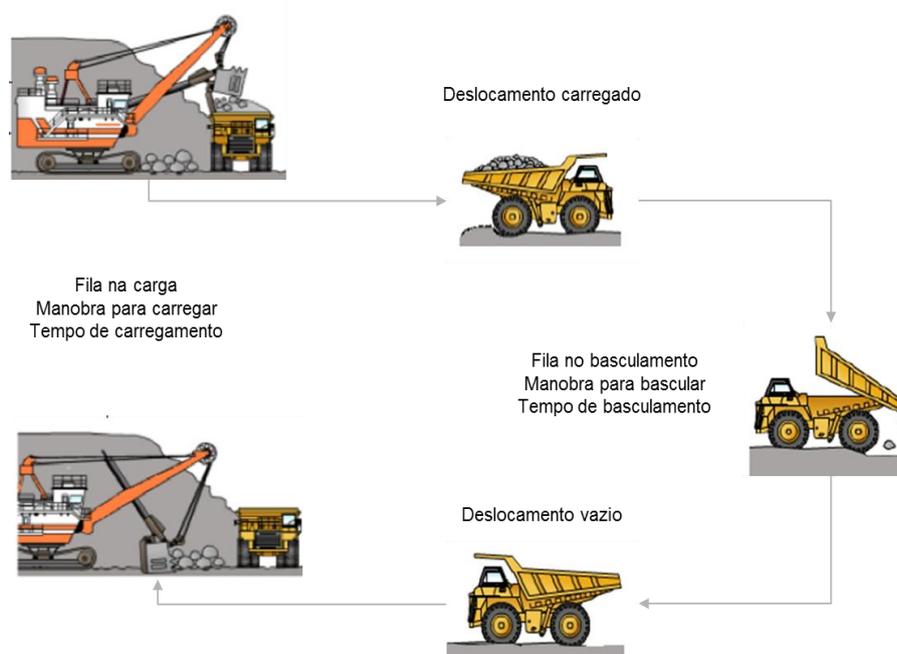
Segundo Rodrigues (2006), a atividade de transporte de material é um dos mais importantes aspectos nas operações de minas a céu aberto, envolvendo grande volume de capital e recursos. O objetivo é mover o material retirado da mina para a usina de modo que o custo seja minimizado.

Nos repetitivos ciclos de transporte de material entre os pontos de carga e descarga, as necessidades de escolha da melhor rota ocorrem no final do carregamento e ou no final do basculamento.

As melhores e mais produtivas decisões de escolha são realizadas com auxílio do sistema de despacho eletrônico, levando em consideração diferentes critérios como maximizar a produção da frota de transporte, minimizar as filas nos pontos de carga e descarga, reduzir os custos operacionais e respeitar o melhor blendagem entre frentes de lavra para determinada qualidade de formação de produto.

O transporte do material de uma frente de lavra até determinado ponto de basculamento deve considerar todas as rotas disponíveis para minimizar o tempo de deslocamento. Da mesma forma, o tempo de fila no carregamento e na descarga está correlacionada com as capacidades e porte dos equipamentos de carga e transporte, bem como o daqueles que irão receber o material nos pontos de descarga.

Figura 18 – Ciclo produtivo transporte



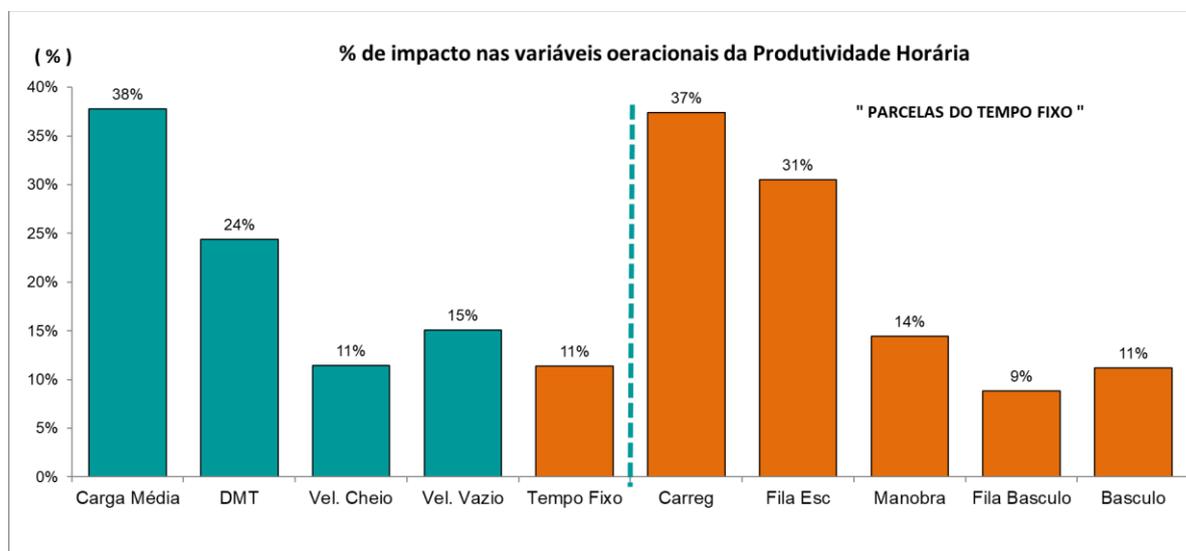
Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

Geralmente a maior parcela do tempo de ciclo de transporte é aquele referente aos tempos variáveis, que compreende o tempo de deslocamento cheio e tempo de deslocamento vazio.

Como dito anteriormente, os tempos variáveis dependem basicamente da velocidade média e da DMT. Os demais elementos que compõem o ciclo do transporte (fila no carregamento, manobra para carga, tempo de carregamento, fila no basculamento, manobra para basculamento e tempo de basculamento) são chamados de tempos fixos.

O Gráfico 2 ilustra a distribuição das principais variáveis que compõem a fórmula de cálculo da produtividade horária da frota de transporte.

Gráfico 2 - % de Impacto nas parcelas Produtividade Horária



Fonte: Vale S.A. - Relatório Interno

Esta distribuição representa a referência dos resultados atingidos em 2014, considerando a configuração e características operacionais das minas de Conceição e Minas do Meio, as densidades e fator de empolamento dos principais tipos litológicos, distâncias entre origem e destino das rotas principais e secundárias, velocidade média carregado e vazio, condições dos acessos e praças de carga e descarga de minério e estéril, condições mecânicas dos equipamentos, as habilidades e graus de conhecimento de cada operador e o nível de controle e verificação dos resultados entre as turmas.

Podemos observar que a Carga Média, DMT entre os trechos (origem e destino), bem como a soma das velocidades (cheio e vazio), são bem mais representativas que o Tempo Fixo. De forma que, as variações nestes indicadores são mais significativos e geram maiores resultados.

Para estimarmos estes percentuais de perda nas variáveis que compõem a produtividade horária da frota de transporte, penalizamos em 10% cada variável individualmente, calculando a produtividade relativa à estes valores.

De posse de todos os resultados individuais, calculamos as perdas individuais para cada indicador, gerando assim o percentual de perda. Na tabela 1 abaixo, segue ilustração da metodologia utilizada para a definição do quantitativo de perdas em toneladas e seu respectivo percentual.

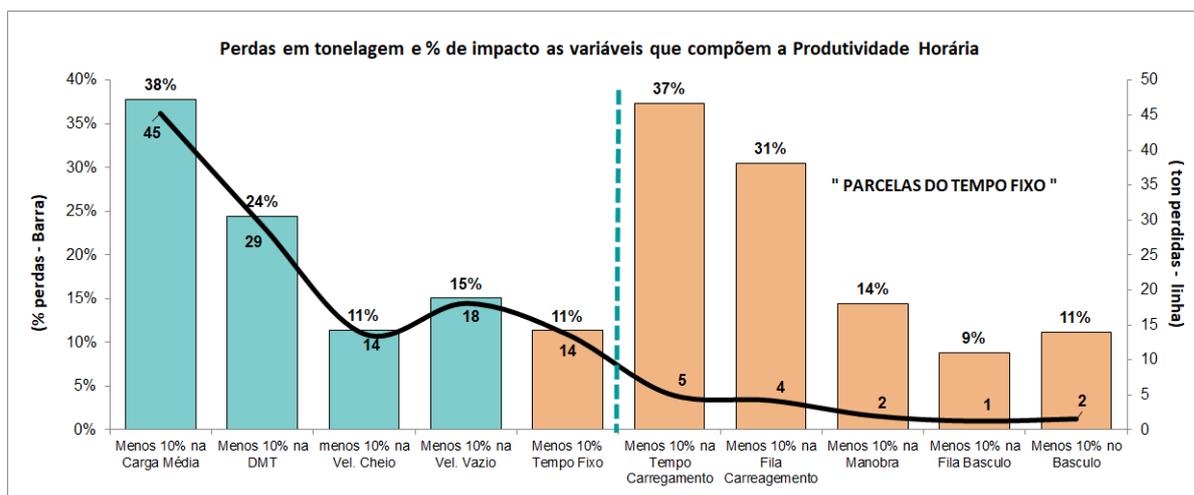
Tabela 1- Parcela das variáveis Produtividade Horária – Penalização 10%

Indicadores	Referência 2014	Penalização Carga Média	Penalização DMT	Penalização Vel. Cheio	Penalização Vel. Vazio	Penalização Tempos Fixos	Penalização Tempo Carregamento	Penalização Fila Carregamento	Penalização Tempo Manobra	Penalização Fila Basculo	Penalização Tempo Basculo
Tempo Carregamento	3,68	3,68	3,68	3,68	3,68	3,68	4,05	3,68	3,68	3,68	3,68
Tempo Fila Carregamento	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,30	3,00	3,00	3,00
Tempo Manobra	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,55	1,41	1,41
Tempo Fila Basculo	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,95	0,86
Tempo Basculo	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,20
Carga Média	244,60	220,14	244,60	244,60	244,60	244,60	244,60	244,60	244,60	244,60	244,60
DMT	3,45	3,45	3,80	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45
Vel. Cheio	16,00	16,00	16,00	14,40	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Vel. Vazio	21,00	21,00	21,00	21,00	18,90	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00
Tempos Fixos	10,04	10,04	10,04	10,04	10,04	11,04	10,41	10,34	10,18	10,13	10,15
Produtividade	452,71	407,44	423,47	439,01	434,65	439,11	447,62	448,56	450,75	451,51	451,19
Perda em Tonelagem	119,85	45,27	29,23	13,70	18,05	13,60	5,08	4,15	1,96	1,20	1,52
% de Perda		38%	24%	11%	15%	11%	37%	31%	14%	9%	11%

Fonte: Vale S.A. - Relatório Interno

Para melhor entendimento do cálculo e metodologia utilizada, abaixo segue gráfico 3 que ilustra os resultados obtidos tanto em toneladas e seus respectivos percentuais de perda.

Gráfico 3- % de Impacto nas parcelas Produtividade Horária



Fonte: Vale S.A. - Relatório Interno

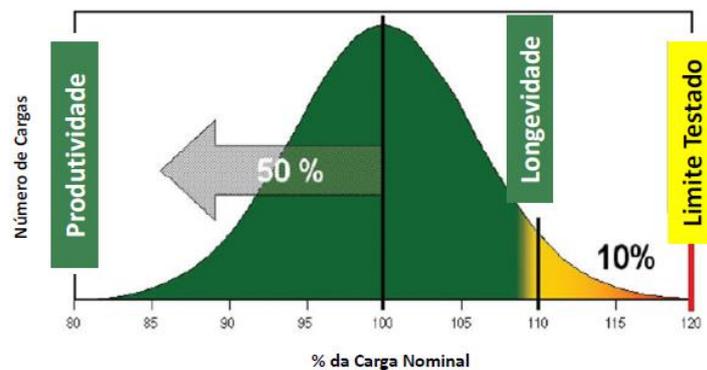
3.1.1 Influência da Carga Média na Produtividade do Transporte

Existem algumas regras básicas relacionadas com a vida útil dos componentes vs. carga média útil transportada. De forma a exemplificar esta afirmação, se carga é aumentada, o caminhão fica mais pesado consumindo mais combustível, diminuindo a velocidade média e vida mais curta dos componentes e pneus. Para mover um

veículo mais pesado, é necessário mais torque, resultando em menor vida útil no conversor de torque e transmissão.

A política da Caterpillar 10/10/20 (Figura 19), utilizada na maioria das minerações, permite que não mais de 10% das cargas estejam entre 110% a 120%. A média da distribuição da carga não deve exceder a carga meta. Não mais de 10% das cargas pode exceder 110% da carga nominal (*payload*). Nenhuma carga pode exceder 120% da carga nominal e 50% das cargas não pode exceder a carga nominal.

Figura 19 – Regra 10 x 10 x 20



Fonte: Manual Caterpillar Field Guide (2013).

Não é só o excesso de carga que influencia negativamente na performance operacional dos caminhões e sua vida útil, mas também o impacto pela colocação inadequada da carga. Especificamente, existem três tipos de colocação imprópria carga, sendo elas: a carga deslocada para a frente, a carga deslocada para a retaguarda e carga deslocada para o lado.

Se a carga é deslocada para a frente (Figura 20), os freios dianteiros, rolamentos, pneus dianteiros, direção, guincho hidráulico, almofadas de descanso do corpo serão afetados negativamente.

Figura 20 - Distribuição da carga frontal



Fonte: Manual Caterpillar Field Guide (2013).

Se a carga é transferida para a parte traseira (Figura 21), a unidade final e pneus traseiros serão impactados negativamente. Além disso, a carga útil torna-se instável e começa a escorrer para fora da parte de trás da balsa.

Figura 21 - Distribuição da carga traseira



Fonte: Manual Caterpillar Field Guide (2013).

Se a carga é deslocada para o lado (Figura 22), a unidade final, rolamentos, cilindros de elevação e as áreas de furo de articulação serão afetados negativamente, como pode ser visto na figura abaixo.

Figura 22 - Distribuição da carga lateral



Fonte: Manual Caterpillar Field Guide (2013).

Tanto as cargas deslocadas para frente, para a traseira e para o lado da caçamba dos caminhões, além de prejudicar a precisão da pesagem dos caminhões, afetam negativamente a vida útil dos componentes e a produtividade e performance operacional da frota de caminhão.

É importante ressaltar que as balanças dos caminhões que servem de indicadores para os operadores, precisam estar com razoável precisão, pois são elas que controlam os sucessivos “passos” a completar a carga total.

No ato do carregamento dos caminhões, a carga precisa estar centralizada sobre os cilindros de elevação e ou centrado na linha central do corpo da caçamba, evitando a carga no “chapéu” da balsa de forma a minimizar derrames laterais e

traseiros. A melhor distribuição e divisão da carga entre o eixo dianteiro e traseiro é de 33% / 67% da carga útil (Figura 23).

Figura 23 - Distribuição de peso bruto



Fonte: Manual Michelin

A Carga Média dos caminhões depende de:

- Funcionamento das balanças;
- Condições de praças e acessos;
- Habilidade e conhecimento dos operadores.

A Carga dos caminhões deve ser:

- Bem distribuída;
- Centralizadas;
- No limite especificado pelo fabricante do equipamento.

3.1.2 Influência da DMT na Produtividade do Transporte

A DMT é a distância percorrida pelos caminhões da origem ao destino (frente de lavra para britagem primária ou depósito de disposição de estéril), quando estes executam o transporte dos materiais de uma mina (minério, estéril ou remanejamento interno) distribuídas pelas respectivas massas de cada frente de lavra.

O plano de longo prazo tem a finalidade de definir a estratégia de fornecimento de produtos, com a qualidade especificada, num horizonte superior a 5 (cinco) anos até a exaustão da mina. As DMT's no longo prazo têm uma representatividade mais superficial, para cálculos e estimativas macros.

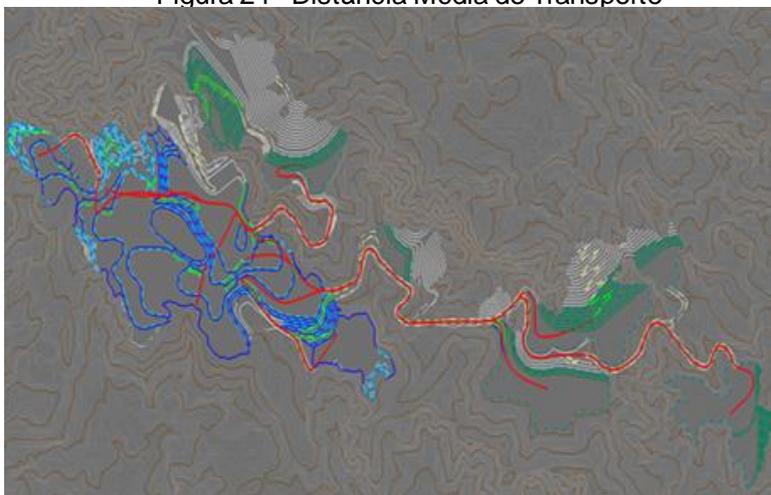
O plano de médio prazo trabalha o horizonte inferior a 5 (cinco) anos, dividido em planos anuais, onde é feito o detalhamento das ações (licenciamentos, por

exemplo) e investimentos (reposição de equipamentos, por exemplo) necessários para cumprir a produção planejada. Neste caso, as DMT's precisam ter um detalhamento e aderência maior aos planos estratégicos, pois investimentos serão realizados mediante a estas informações.

O plano de curto prazo trabalha o horizonte de 1(um) ano, dividido em planos trimestrais e mensais. A geometria base dos planos trimestrais e mensais seguem as diretrizes traçadas pelo plano de médio prazo.

Estes planos têm caráter bastante operacional, e é através deles que se define a programação semanal e diária de produção, também serve de base para elaborar o orçamento para custear as operações do ano, buscando a massa e a qualidade planejada. As DMT's definidas pelo curto prazo, praticamente representam a realidade e "fotografia" dos traçados e acessos da mina.

Figura 24 –Distância Média de Transporte



Fonte: Vale S.A - Relatório Mensal de Plano de Lavra

Neste cenário, os equipamentos de mina devem ser locados e distribuídos ao longo da mina, nas diferentes frentes de lavra com suas respectivas litologias e teores, de maneira a atender a blendagem da demanda mensal.

A influência das DMT's na produtividade horária da frota de transporte é muito significativa, desta forma, é fundamental que diferentes frentes de lavra com diferentes distâncias sejam planejadas, otimizando o processo, reduzindo o gasto com diesel e pneus, atendendo ao programa qualitativo e quantitativo de produção e maximizando a produtividade da frota.

Outra razão da definição de diversas frentes de lavra, é melhorar o controle do TKPH dos equipamentos (tonelada quilômetro por hora), permutando e designando

os caminhões entre frentes de lavra, com distâncias também diferentes de tal forma que a temperatura e pressão dos pneus não ultrapassem seus limites de segurança.

Caso o TKPH indique perigo e emita alarme de segurança, existem locais específicos na mina para os caminhões aguardarem enquanto a temperatura dos pneus volte às condições normais. A produtividade horária da frota de transporte é inversamente proporcional à DMT: menor DMT, menor ciclo, maior produtividade horária.

3.1.3 Influência da Velocidade Média na Produtividade Transporte

A unidade de medida para velocidade média no Sistema Internacional de Unidades é o metro por segundo (m/s). Porém, cotidianamente e na rotina de mina, a unidade quilômetro por hora (km/h) é mais comum.

A velocidade média de um caminhão ao longo da mina é dada pela relação entre seu deslocamento em determinado tempo.

Pode ser considerada a grandeza que mede o quão rápido este caminhão percorre uma distância em um intervalo de tempo.

A velocidade média de um caminhão é dada pela divisão entre o espaço total percorrido (Δs) e o tempo gasto no percurso (Δt), de modo que

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (7)$$

Onde:

v_m = Velocidade Média

Δs = Intervalo do deslocamento [posição final – posição inicial ($s_{final} - s_{inicial}$)]

Δt = Intervalo de tempo [tempo final – tempo inicial ($t_{final} - t_{inicial}$)]

Para que a velocidade média dos caminhões tenha bons resultados, é necessário que os acessos possuam leito cuidadosamente trabalhados, raios de curvaturas compatíveis com o tipo de veículo utilizado para o transporte, largura suficientemente ampla para tráfego simultâneo de dois veículos, boa visibilidade,

inclinações dos acessos compatível, drenagem dos acessos e operadores bem treinados.

É preciso considerar espaço para a construção de “leiras” com o objetivo de obstruir a crista do banco para efeito de proteção, as valetas de drenagem no pé do banco para direcionar a água, evitando-se alagamento das praças e locais de manobras e sinalização em pontos perigosos.

Manter as vias em boas condições é fundamental para a integridade física dos operadores e conseqüentemente aumentar a produtividade da frota de transporte. Para mantê-las em condições adequadas, se faz necessário considerar parâmetros técnicos desde a fase de criação da estrada (design) até a manutenção diária da mesma.

As vias de acessos são, comumente, simples estradas, para possibilitar a lavra de diversos bancos, que verticalmente dividem a jazida. O traçado desses acessos requer conhecimento bem detalhado da jazida, dependendo fundamentalmente da topografia, dos equipamentos utilizados no transporte, que serão condicionadores das larguras, *grades*, raio de curvatura, etc.

Todos estes fatores são muito importantes para a conservação de pneumáticos, consumo de diesel, estruturas dos caminhões, conforto e segurança para os operadores e aumentar a eficiência do trabalho.

3.1.3.1 Largura

A Norma Regulamentadora NR-22 do Ministério do Trabalho, que trata dos requisitos de saúde e segurança ocupacional na mineração, define que a largura mínima das vias de trânsito em minas a céu aberto deve ser:

- Duas vezes maior que a largura do maior veículo utilizado em pistas simples
- Três vezes maior que a largura do maior veículo utilizado em pistas duplas

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.

Conseqüentemente, obriga uma redução na velocidade nos trechos estreitos, prejudicando a produtividade horária da frota de transporte.

Figura 25- Largura mínima de acesso



Fonte: Acervo fotográfico Vale S.A- 2006

Esse problema ocorre frequentemente quando caminhões de maior porte são adicionados à frota existente em estradas projetadas para equipamentos menores.

Tannant (2001) definiu a largura mínima que uma estrada deve ter, em função da largura do equipamento de transporte e do número de vias, conforme pode ser visto na Equação 8.

$$L = (1,5 V + 0,5) * X \quad (8)$$

Onde:

L = largura da estrada (m)

V = número de vias

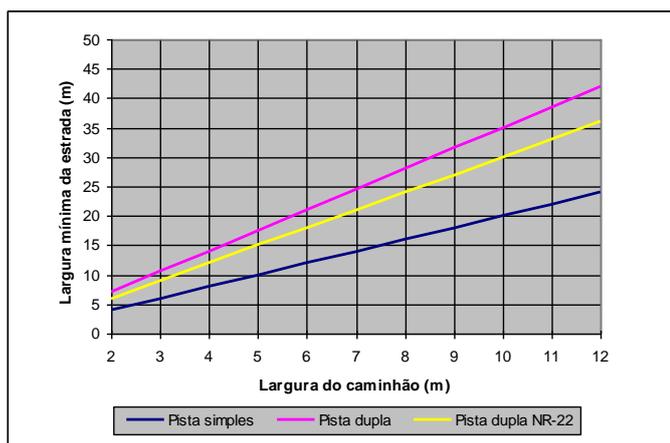
X = Largura do veículo (m)

Usando como exemplo um caminhão Caterpillar 789 C, cuja largura é 7,67 metros, transitando em via dupla, a largura mínima da estrada deve ser:

$$L = (1,5 * 2 + 0,5) * 7,67 = 27 \text{ m.}$$

O Gráfico 4 representa a largura mínima da estrada calculada pela equação 8 para uma e duas vias, assim como a comparação com o que determina a NR-22.

Gráfico 4 - Largura mínima de acesso



Fonte: Manual de estrada de mina – Vale S.A (2011)

3.1.3.2 Superelevação

O Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes (DNIT) define superelevação como a inclinação transversal da pista nas curvas (horizontais), de modo a compensar o efeito da força centrífuga sobre os veículos, assegurando ao tráfego condições de segurança e conforto (BRASIL, 2006).

O tráfego nas curvas pode gerar grandes esforços laterais nos pneus, contribuindo para a separação das lonas e elevado desgaste. A eliminação das forças se dá com a superelevação nas curvas, a qual depende do raio de curvatura e da velocidade (CATERPILLAR, 2013).

A Tabela 1 mostra uma referência para determinar o valor da superelevação necessário para eliminar as forças laterais. Não devem ser aplicados valores de superelevação iguais ou superiores a 0,060 metros (destacados na tabela 2), a menos que sejam impostos limites rigorosos de velocidade e que as condições de derrapagem sejam minimizadas.

Tabela 2 - Superelevação de acordo com o raio de curvatura e a velocidade

Raio de curvatura (m)	Velocidade (km/h)								
	15	20	25	30	35	40	45	50	55
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: Manual de estrada de mina – Vale S.A (2011)

3.1.3.3 Raio de curvatura

Raio da Curva é o raio do arco do círculo empregado na concordância entre dois acessos, normalmente expresso em metros. É um elemento selecionado por ocasião do projeto, de acordo com as características técnicas do acesso e a topografia da região.

As curvas devem ser projetadas com o máximo raio possível e mantendo-se suavidade (curvas pouco pronunciadas e evitando-se mudanças abruptas no raio), o que permite maior segurança e redução de congestão de tráfego.

A projeção de curvas deve levar em consideração a performance dos caminhões, de tal forma a permitir velocidade constante, sem redução de marchas ao longo do trajeto, levando à performance otimizada dos caminhões, não provocando o aumento do tempo de ciclo, o que influencia diretamente na produtividade e custos de transporte.

A Equação 9 determina o raio de curvatura R (m) mínimo, considerando a superelevação aplicada, o coeficiente de atrito e a velocidade do veículo.

$$R_{\min} = \frac{v_0^2}{127(e_{\max} + f_{\max})} \quad (9)$$

Onde:

v_0 = velocidade de projeto do veículo (km/h)

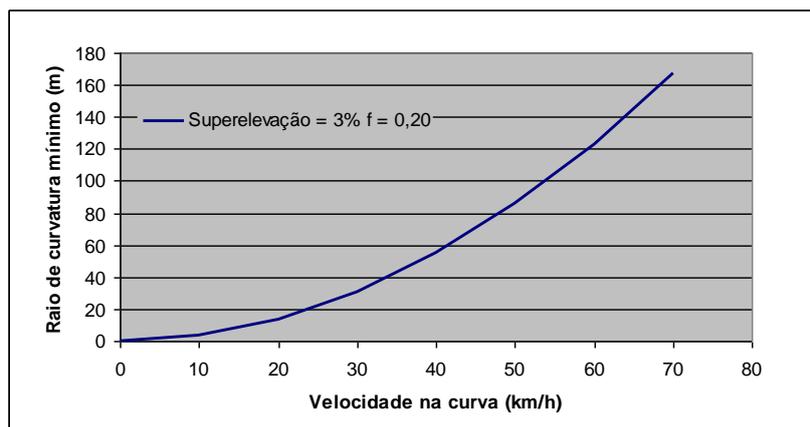
e_{\max} = máxima taxa de superelevação aplicada (m / m de largura de estrada)

f_{\max} = máximo coeficiente de atrito entre os pneus e a superfície da estrada (adimensional)

Por questões de segurança, é usual adotar-se para o máximo coeficiente de atrito (f_{\max}) valores bem menores do que os obtidos na iminência do escorregamento.

O Gráfico 5 ilustra a variação o raio de curvatura mínimo em função da velocidade do veículo na curva para coeficiente de atrito igual a 0,20 e superelevação igual a 3%.

Gráfico 5 – Relação raio de curvatura x velocidade da curva



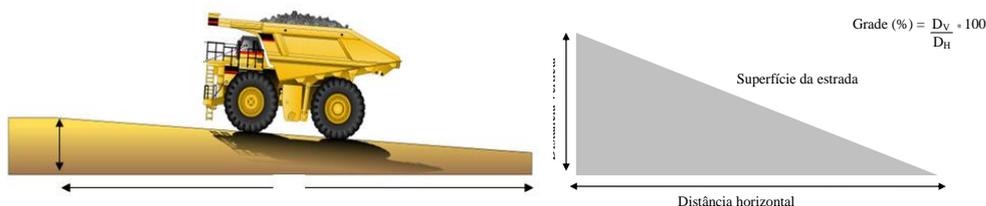
Fonte: Manual de estrada de mina – Vale S.A (2011)

3.1.3.4 Inclinação de Rampa

A inclinação de uma rampa (Figura 26), também chamada gradiente ou grade, é definida como a sua inclinação vertical em relação à horizontal, geralmente expressa em percentual.

A inclinação deve ser o mais regular e constante possível, evitando-se que se mude de marcha em intervalos curtos. Inclinações irregulares provocam altos esforços no câmbio de transmissão e diminuição da velocidade dos equipamentos de transporte. É muito comum e usual considerar os *grades* das rampas de acesso que variam entre 8 e 10%, mas devem-se observar as especificações dos manuais dos equipamentos de transporte e as limitações geométricas das rampas.

Figura 26 - Inclinação de rampa



Fonte: Manual Caterpillar Field Guide (2013).

A definição da inclinação ideal requer a análise das características topográficas e geométricas da estrada, assim como da performance do caminhão. Deve-se, também, considerar as distâncias de parada.

Fortes inclinações geralmente exigem a redução de velocidade dos caminhões nas descidas para garantir distâncias de parada seguras e frequente redução de marcha também nas subidas, provocando perda de velocidade.

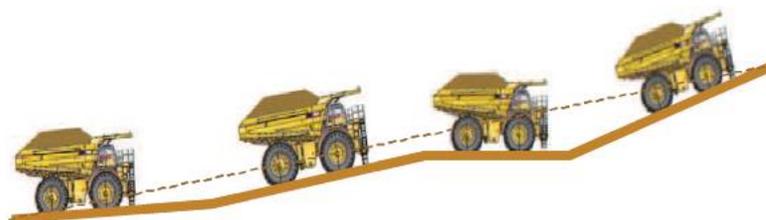
Tais mudanças de velocidade resultam em perda de produtividade, consumo adicional de combustível, aumento de desgaste mecânico e de custos de manutenção.

Desde os conceitos de projeto, execução, escolha do melhor material e sua manutenção, a resistência ao rolamento oferecida pelo acesso precisa estar associada preferencialmente a um perfil de *grade* constante.

Uma inclinação constante (Figura 25) da estrada, definido e previsto na fase de projeto, pode diminuir o tempo de transporte em aproximadamente 8 % e o consumo de diesel de 3 % a 4 %, além de reduzir as mudanças de marcha em 50 % (linha tracejada).

Lembrando que a vida do motor depende da queima do combustível e a da transmissão é proporcional à frequência de trocas de marcha.

Figura 27 - Inclinação de rampa com grade constante



Fonte: Manual Caterpillar Field Guide (2013).

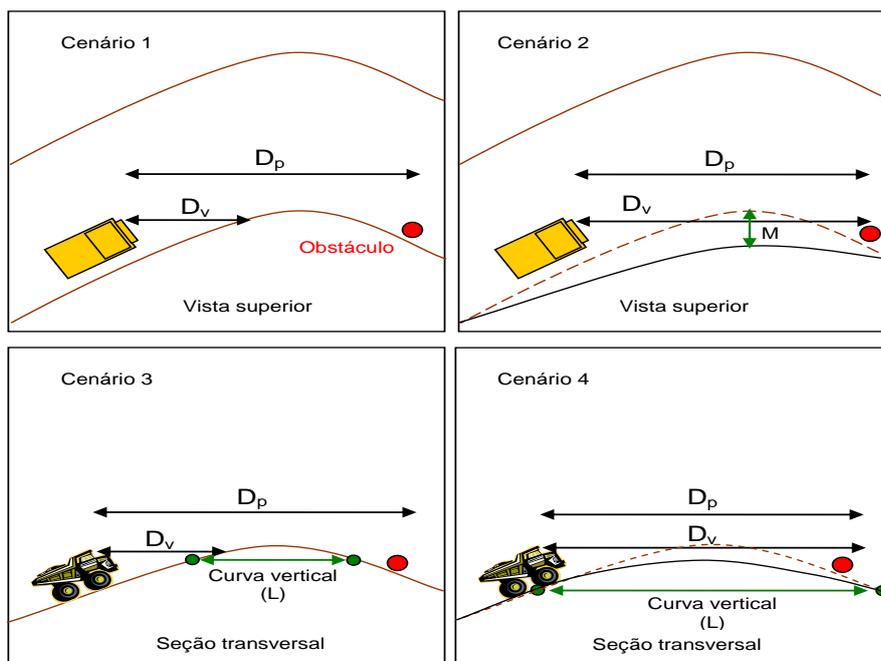
3.1.3.5 Distância de visibilidade

Distância de visibilidade é a extensão da área periférica visível ao operador, quanto melhores as condições gerais de visibilidade, mais seguro será o acesso. Portanto, o projeto de uma estrada deve contemplar soluções de percurso que gerem espaços com boa visibilidade.

A Figura 26 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).

Figura 28 - Configurações geométricas diferentes condições de segurança



Fonte: Thompson e Visser (2008).

No cenário 2 essa condição é corrigida, permitindo que a D_v seja igual à D_p . 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. Nos cenários 1 e 3, sem a correção e adequação nos acessos, por medida de segurança operacional a velocidade média é penalizada.

Extrapolando a importância do fator visibilidade para a questão produtiva, quanto melhores as condições gerais de visibilidade ao longo dos acessos operacionais, melhor a performance da frota de transporte no que se refere à velocidade média e instantânea.

O reflexo e rapidez na decisão do melhor ponto de frenagem, também é uma consequência do amplo campo de visão do operador dentro da cabine do equipamento com o cenário do ambiente.

3.1.3.6 Fator de rolamento

A resistência ao rolamento é a força necessária para superar o atrito interno dos rolamentos e, em unidades montadas sobre rodas pneumáticas, para superar o efeito de retardamento entre os pneus e o solo. Pavimento deve ser flexível e resistente ao cisalhamento, isto inclui a resistência causada pela penetração dos pneus no chão e pelo flexionamento do pneu sob carga.

O tempo de ciclo depende das velocidades dos caminhões nos diversos trechos do percurso. A capacidade de sustentação da superfície de rolamento é essencial. A cada 1 cm de afundamento do pneu na pista corresponde uma resistência ao rolamento igual a 0,6% do peso total sobre a roda.

Quando o material local não tem resistência adequada, pode ser necessária a substituição da sub-base e geralmente é necessário revestir a superfície da estrada com material resistente ao uso como cascalho, brita, laterita, canga, etc.

A manutenção da superfície das estradas é muito importante para garantir a velocidade de transporte e reduzir o custo com pneus.

Periodicamente, é preciso acrescentar ou substituir o material de revestimento da pista e, para isso, são necessários um trator, uma motoniveladora e um caminhão irrigador.

À medida que o fator de rolamento aumenta, a produtividade da frota de transporte diminui (perda de velocidade).

Os acessos operacionais em uma mina têm um peso enorme no resultado da performance da frota de caminhões, podendo vir a afetar e influenciar todos os fatores que compõem os custos do transporte e produtividade horária.

3.1.3.7 Drenagem dos acessos

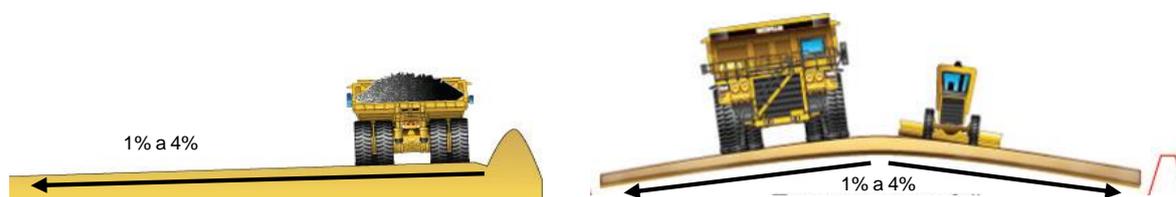
Entende-se como drenagem superficial de mina o conjunto de operações que visam garantir o correto escoamento dos fluxos de águas pluviométricas em sentido e direção pré-estabelecidos, de tal sorte que os efeitos da incidência de chuvas nas condições operacionais dos acessos de mina, praças de carga, taludes e demais estruturas sejam mitigados.

O correto direcionamento da drenagem faz com que águas não sejam acumuladas nos acessos e não cruzem de forma transversal o seu leito, sendo controladas ao longo de seu percurso.

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 (figura 29).

Em ambas as opções, é importante construir canaletas nos pontos extremos dos acessos, para receber todo fluxo de água e direcionar para os *sumps* e ou caixas de drenagem localizadas em pontos estratégicos.

Figura 29- Sistema de drenagem de acessos



Fonte: Manual Caterpillar Field Guide (2013).

As canaletas são posicionadas longitudinalmente ao pé de cada banco, destinadas a coletar as águas superficiais e conduzi-las para fora da área de lavra. Estas canaletas devem ser posicionadas em uma distância adequada dos pés dos bancos de tal maneira que não sejam obstruídas por um eventual desmoronamento da face do banco superior.

Drenagem ineficiente pode provocar a diminuição da resistência ao cisalhamento da estrutura, aumento da resistência ao rolamento do acesso, diminuindo o rendimento dos equipamentos devido à insegurança gerada ao operar em estradas molhadas.

3.1.4 Influência dos Tempos Fixos na Produtividade de Transporte

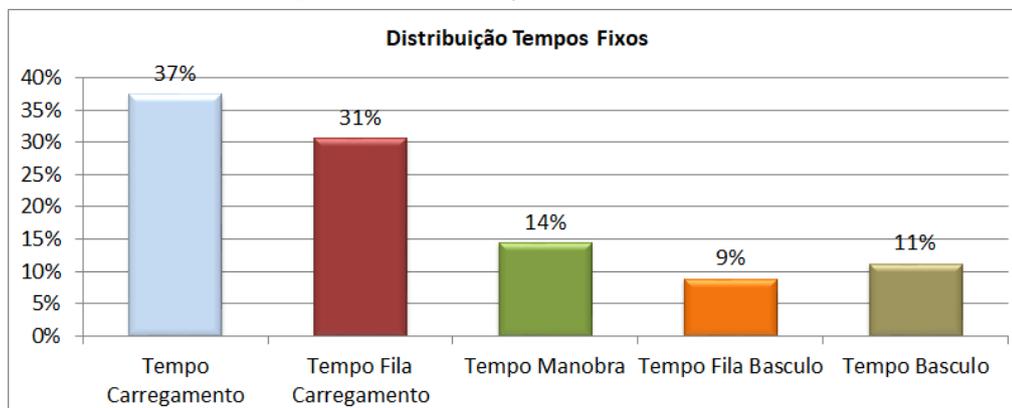
Um planejamento de lavra é essencialmente dinâmico: à medida que se desenvolve a lavra, novas informações vão se tornando disponíveis, obrigando uma constante adaptação do plano original às novas condições da mina.

Ter um bom dimensionamento de frota significa estimar a frota de equipamentos para o cumprimento de metas de produção, pois o objetivo principal é atingir as movimentações planejadas no plano de lavra, seja de minério ou estéril.

Para a realização da programação de produção de mina, se faz o dimensionamento dos equipamentos, onde são estabelecidos os indicadores de desempenho tais como: número de equipamentos, sua utilização e disponibilidade física, carga média, distâncias médias de transporte, e a produtividade horária que depende dos tempos variáveis e tempos fixos.

Foi feita anteriormente uma abordagem em todas as variáveis que influenciam a produtividade horária da frota de transporte. Aborda-se a seguir, a variável escopo deste trabalho, os tempos fixos. Na Figura 30, destaca-se a distribuição dos tempos fixos nas operações de carregamento e transporte.

Figura 30 - Distribuição dos tempos fixos



Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

O tempo de carregamento é medido a partir do fim da ação de manobra e primeira caçambada no caminhão e termina quando o mesmo atinge a sua capacidade nominal de transporte e for liberado pelo operador do equipamento de carga.

O tempo de fila no carregamento é medido a partir da chegada do caminhão na praça de carregamento até a liberação do caminhão em processo carga pelo operador do equipamento da escavadeira/carregadeira, quando tiver um ou mais caminhões esperando em fila.

O tempo de manobra é tempo gasto pelo caminhão para o adequado posicionamento perante o equipamento de carga. Medido a partir da chegada do caminhão na praça de carregamento e é finalizado quando se inicia o processo de carregamento.

Fila no basculamento é medido a partir da chegada do caminhão ao ponto de basculamento (britadores, pilhas de estéril, estoques), onde compreende a manobra realizada para melhor posicionamento do equipamento e o início do basculamento.

Tempo de básculo é o tempo que a báscula leva para levantar, descarregar o material e voltar à posição inicial, finalizando com a solicitação de novo destino para novo carregamento.

3.1.4.1 Tempo de Carregamento

O tempo de carregamento é medido a partir do fim da manobra do caminhão. Seu posicionamento é finalizado quando o mesmo atinge a sua capacidade de carga é liberada pelo operador do equipamento de carga para seu destino.

O tempo de carregamento é influenciado pelo melhor “combinação” entre os equipamentos de carga e transporte, pelas condições da praça de carregamento (piso, largura), características e granulometria do material (friável ou rochoso), altura dos bancos, habilidade do operador e condição mecânica do equipamento.

3.1.4.1.1 Combinação Equipamentos de Carga e Transporte

A combinação adequada entre os equipamentos de carga e transporte (Tabela 2) deve ser aquele cujo número de passes não seja tão alto que resulte num tempo de carregamento também muito elevado.

Nem tão pequeno que comprove que a escolha e desembolso na aquisição do equipamento de carga foi desnecessária. Pois os valores de compra destes equipamentos são altos e precisam estar respaldados em estudo detalhado de fluxo de caixa.

Tabela 3 - Combinação dos equipamentos de Carga x Transporte

Equipamento de Carregamento	Referência	Carga (t)		Equipamento de Transporte														Nível
				CAT 789 - 172t		Komatsu 830E - 220t		CAT 793F - 230t		Komatsu 830E - 230t		Liebherr T1274 - 290t		Komatsu 930E - 290t		CAT 797F - 330t		
				Minério	Estéril	Minério	Estéril	Minério	Estéril	Minério	Estéril	Minério	Estéril	Minério	Estéril	Minério	Estéril	
Escavadeira Hidráulica - 38 m ³	PC 8000	80	68	2,2	2,5	2,8	3,2	2,9	3,4	2,9	3,4	3,6	4,3	3,6	4,3	4,1	4,9	Nível 2
Escavadeira Hidráulica - 28 m ³	O&K 340	60	50	2,9	3,4	3,7	4,4	3,8	4,6	3,8	4,6	4,8	5,8	4,8	5,8	5,5	6,6	Nível 2
Escavadeira Hidráulica - 26 m ³	PC 5500	52	47	3,3	3,7	4,2	4,7	4,4	4,9	4,4	4,9	5,6	6,2	5,6	6,2	6,3	7,0	Nível 2
Escavadeira Hidráulica - 26 m ³	Lib R995	52	48	3,3	3,6	4,2	4,6	4,4	4,8	4,4	4,8	5,6	6,0	5,6	6,0	6,3	6,9	Nível 1
Escavadeira Hidráulica - 24 m ³	O&K 200	45	44	3,8	3,9	4,9	5,0	5,1	5,2	5,1	5,2	6,4	6,6	6,4	6,6	7,3	7,5	Nível 2
Escavadeira Hidráulica - 22 m ³	PC 4000	38	35	4,5	4,9	5,8	6,3	6,1	6,6	6,1	6,6	7,6	8,3	7,6	8,3	8,7	9,4	Nível 2
Escavadeira Hidráulica - 18 m ³	Lib R9350	38	33	4,5	5,2	5,8	6,7	6,1	7,0	6,1	7,0	7,6	8,8	7,6	8,8	8,7	10,0	Nível 1
Pá Carregadeira - 32 m ³	L 2350	50	50	3,4	3,4	4,4	4,4	4,6	4,6	4,6	4,6	5,8	5,8	5,8	5,8	6,6	6,6	Nível 1
Pá Carregadeira - 22 m ³	L 1850	45	39	3,8	4,4	4,9	5,6	5,1	5,9	5,1	5,9	6,4	7,4	6,4	7,4	7,3	8,5	Nível 2
Pá Carregadeira - 20 m ³	WA 1200	38	28	4,5	6,1	5,8	7,9	6,1	8,2	6,1	8,2	7,6	10,4	7,6	10,4	8,7	11,8	Nível 1
Pá Carregadeira - 20 m ³	L 1350	38	28	4,5	6,1	5,8	7,9	6,1	8,2	6,1	8,2	7,6	10,4	7,6	10,4	8,7	11,8	Nível 2

Nível 1	Inadequado	Reprovado
	Não recomendável	Aprovado
	Ideal	Aceitável
	Aceitável	

Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

Na Tabela 3 estão ilustrados vários grupos de combinações de equipamentos de carga e transporte e seus respectivos números de passes. Pode-se considerar que

o ideal é aquele que varia de 3 a 6 passos. Quando o casamento entre o equipamento de carga e transporte resulta no número abaixo de 3 passos, pode-se estar desembolsando um equipamento caro que irá trabalhar muito ocioso em relação a frota de transporte.

Por outra lado, quando o casamento resultar no número acima de 6 passos, o tempo de carregamento nas condições ideais torna-se alto, ocasionando um tempo de espera (fila no carregamento) muito alto em relação à frota de carga (perda de produtividade).

3.1.4.1.2 Praça de Carregamento

As condições operacionais da praça de carregamento precisam ter largura suficiente para o equipamento de carga realizar sua manobra e ou giro, espaço para encosto do caminhão receber a carga e área de limpeza para equipamentos auxiliares.

Em regra geral, a largura deve ter duas vezes a largura do equipamento de carga somada à largura do caminhão. Precisam estar drenadas com direcionamento de água superficial e forradas com material adequado.

É importante ressaltar que, dependendo da escolha do equipamento de carga com suas características operacionais e mecânicas, as praças de carregamento precisam de maior ou menor preparo e manutenção.

Figura 31- Praça de carregamento



Fonte: Acervo fotográfico Vale - 2016

Particularmente as carregadeiras sobre rodas necessitam de maiores cuidados em suas praças, obrigando maior frequência nas manutenções e reparos se comparado com as escavadeiras sob sapatas. Estas particularidades não são regra, pelo contrário, quanto melhores forem as condições das praças de carregamento,

independentemente do tipo de equipamento de carga, melhores resultados serão alcançados tanto no desempenho da frota de carga, quanto na frota de transporte.

Desta forma, deve-se sempre realizar as manutenções e reparos seguindo os parâmetros mais exigentes, onde pisos firmes e forrados, com drenagem direcionada para fora da área de manobra dos equipamentos e sem a presença de pontas cortantes são diretrizes rotineiras.

3.1.4.1.3 Características do material lavrado

O tipo de material a ser carregado também influencia de maneira positiva ou negativa o tempo de carregamento, bem como a melhor e mais adequada ferramenta de penetração instalada nas caçambas dos equipamentos.

Para determinado tipo de material friável ou rochoso na frente de lavra, torna-se necessária a escolha da ponta (dente) a ser implementada nas caçambas dos equipamentos de carga.

Geralmente em material mais friável a escolha de um dente que possui características vinculadas à penetração se sobrepõe à resistência ou força. Já em material mais rochoso e granulado o raciocínio se inverte. Material mal fragmentado, com blocos grandes, também tem o efeito de dificultar o enchimento da caçamba e aumentar o tempo de carregamento.

Além dos parâmetros operacionais e produtivos, também é importante analisar as variáveis econômicas como o custo de aquisição e tempo de reposição.

Uma vez estabelecido o tipo de adaptador adequado às necessidades do usuário, é preciso escolher o tipo de ponta (ou dente) que melhore o desempenho da máquina na operação em questão.

As pontas de caçamba alteram a capacidade de carregamento, podendo aumentar a produtividade do equipamento em diversas aplicações.

O desmonte com explosivos tem como objetivo fragmentar os diferentes tipos de materiais das frentes de lavra de forma a garantir uma distribuição granulométrica a mais uniforme possível.

Grandes variações de granulometria influenciam tanto as operações de carregamento quanto a de transporte, além de obrigar a intervenção dos

equipamentos auxiliares para liberação da praça de carregamento (trator de esteira para empurrar os blocos e perfuração secundária para fragmentação).

Na Figura 32, pode-se observar que, por algum motivo, o primeiro desmante gerou uma grande quantidade de blocos que está interditando parte da praça de carregamento com blocos, obrigando o operador de escavadeira a fazer o carregamento do lado contrário à cabine da escavadeira. Depois de análises e ações direcionadas para correção, o segundo desmante teve sucesso e garantiu uma granulometria mais adequada aos processos sucessivos.

Figura 32 – Granulometria do desmante e influências no carregamento



Fonte: Acervo fotografias Vale – 2016

3.1.4.1.4 Altura do banco de lavra

A altura ideal do banco seria aquela que, após o giro do braço móvel para permitir o carregamento do material, a caçamba tenha sido completamente enchida. Ou seja, altura ideal é aquela que, ao se atingir a crista do banco, a caçamba esteja totalmente cheia.

O tempo de escavação direta depende da escavabilidade do material e da altura da bancada, enquanto o tempo de carregamento depende da fragmentação e da altura da pilha de material desmontado.

Se o banco é muito baixo, o enchimento da caçamba não será completo, diminuindo a produção da máquina, aumentando o tempo de carga. Se a altura for

excessiva, haverá problemas para a escavação do material situado ao topo do banco, criando o chamado “crista negativa”. Esta situação gera riscos para a operação, pois a qualquer momento existe a possibilidade de desmoronamento de parte da crista do talude.

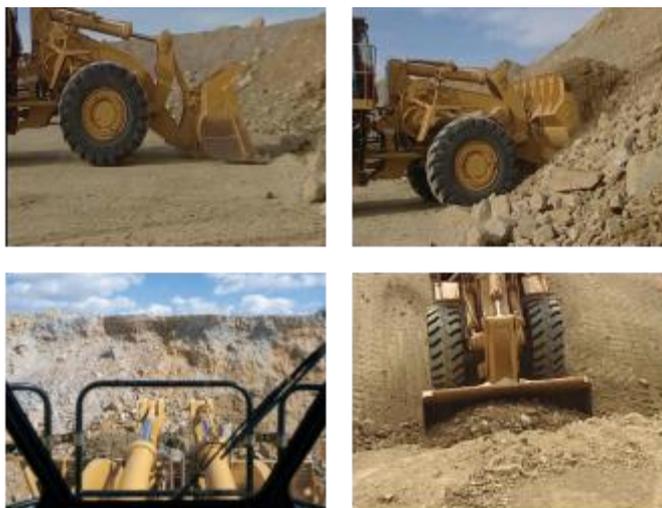
Para maximizar produtividade, é interessante se levar em conta o enchimento da caçamba quando se carrega um caminhão. A carga média de enchimento da caçamba pode ser descrita conforme a equação 10:

$$\text{Carga Útil Média da Caçamba} = \text{Capacidade Coroada} \times \text{Fator Enchimento} \quad (10)$$

A capacidade rasa é o volume contido em uma caçamba depois que a carga é nivelada, deslizando-se uma borda reta apoiada entre a borda cortante e a parte traseira da caçamba. A capacidade coroada é a capacidade rasa mais o material adicional para coroar a carga rasa num ângulo de repouso de 2:1 com a linha rasa paralela ao solo.

Fator de enchimento é o aumento aparente de volume que a rocha apresenta depois de fragmentada, ou é o aumento aparente de volume em relação a um estado anterior de maior compactação (figura 33).

Figura 33– Penetração caçamba pá mecânica em material desmontado



Fonte: Acervo fotografias Vale – 2016

É aplicável sobre a capacidade operacional da caçamba em função das características do material, condições dos desmontes, da altura da bancada e da forma de penetração do equipamento.

3.1.4.1.5 Habilidade dos operadores

O treinamento dos operadores de carga (escavadeira e carregadeira) é importante para que estes aproveitem ao máximo dos equipamentos. Um bom operador de equipamento de carga ajusta a caçamba para o início do enchimento ou para posição de descarga num único movimento conjugado ao giro, sem tempos adicionais, e carrega a caçamba num movimento ao longo da frente da bancada ou da pilha de material desmontado.

A “fatia” de material a ser escavada também influencia na produtividade da escavadeira/carregadeira. Se a espessura de corte da fatia de material for pequena, o operador terá dificuldade em encher a caçamba em uma única passada.

Desta forma o operador terá que realizar mais um passe para encher a caçamba ou trabalhar com sua capacidade reduzida.

Em ambos os casos, haverá uma redução na produção do equipamento, pelo aumento no tempo de ciclo ou pelo aproveitamento apenas parcial do volume da caçamba.

Quando a “fatia” de material for maior que a necessária para o enchimento da caçamba, determinada quantidade de material sobrar, sendo necessário ser carregada posteriormente, com a mesma perda de rendimento do caso anterior.

O operador de carregadeira precisa evitar que a caçamba bata no fim de curso dos cilindros, pois podem ocorrer sérias avarias na estrutura e no sistema hidráulico do equipamento.

Ao tombar material e/ou fazer leira de proteção, respeitar o limite de altura da caçamba. Nunca subir no material com a máquina para ganhar altura, pois pode ocorrer tombamento do equipamento e avarias na estrutura deste. A altura máxima para enchimento da caçamba é até o centro do comando final dianteiro. Acima desta altura, não é recomendável, pois pode causar avarias nos componentes do implemento hidráulico.

Ao executar serviço de acerto de praça após o carregamento, realizar esta atividade sempre no sentido de marcha à frente, pois, ao acertar em sentido contrário, estará promovendo desgastes desnecessários na caçamba, nas chapas de desgaste, no sistema hidráulico, nos pinos de pivotamento e articulações da caçamba.

Da mesma forma, o treinamento dos operadores de caminhão, realizando o correto posicionamento nas praças de carregamento, também influencia positivamente no aumento da produtividade.

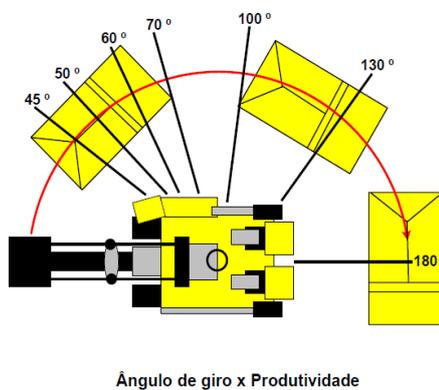
O foco do treinamento, neste caso, visa a reduzir e minimizar o tempo de manobra e tempo de fila no basculamento e tempo de basculamento nas pilhas de estéril e britadores primários.

3.1.4.1.6 Ângulo de Giro

O ângulo de giro praticado pela escavadeira (Figura 34) no enchimento do caminhão deve ser sempre observado pelos operadores. Um correto posicionamento entre a escavadeira x caminhão x frente de lavra é determinante para otimização do carregamento.

O tempo de ciclo total de carregamento inclui carga, giro carregado até o ponto de descarga, descarga e retorno em carga, sendo que o ciclo básico das escavadeiras é referido a um ângulo de giro de 90°. Aumentando-se o ângulo de giro, o tempo de ciclo cresce diminuindo a produtividade da escavadeira. Em regra geral, um ângulo de giro produtivo está entre de 70° a 90°.

Figura 34 - Ângulo de giro equipamento de carga



Ângulo de Giro	Percentual Aproximado de Ganho na Carga
45°	126%
50°	116%
60°	107%
70°	100%
100°	88%
130°	77%
180°	70%

Fonte: Manual Caterpillar Field Guide (2013).

É importante que o operador se atente para o posicionamento correto da máquina e extensão do “semibraço” durante a operação de giro, ao executar o carregamento, pois o centro de gravidade do equipamento altera conforme o posicionamento. Isto é importante para evitar tombamentos e atolamentos.

Ao girar em uma direção transversal às sapatas do equipamento, a estabilidade da escavadeira é reduzida. Assim sendo, é fundamental não trabalhar com o truque transversal com inclinação, reduzindo a estabilidade e aumentando a tendência da máquina de escorregar ou tombar.

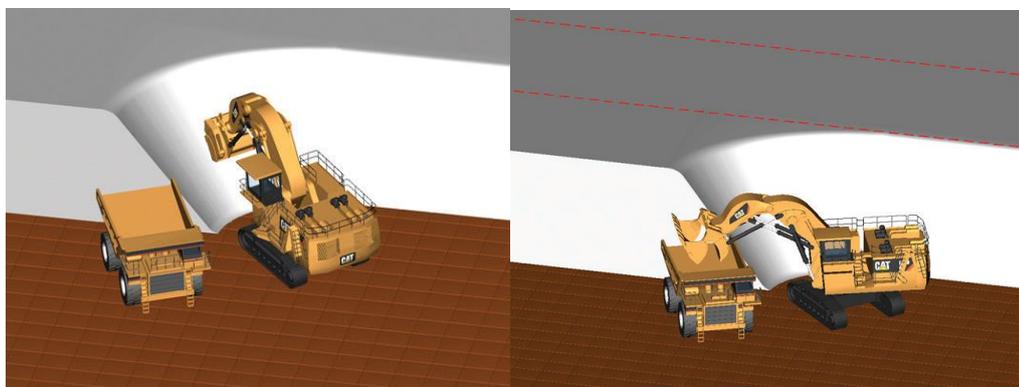
Condições de Operação e Trabalho que podem reduzir a estabilidade da escavadeira:

- Sobrecarregar a Escavadeira (encher demasiadamente a caçamba);
- Condições do terreno como areia fofa ou terra úmida (possibilidade de afundar);
- Aceleração ou desaceleração brusca dos movimentos de trabalho e de locomoção;
- Operar em terreno inclinado.

O posicionamento padrão das escavadeiras hidráulicas na escavação é da esquerda para a direita, executando o carregamento com recuo único, garantindo que os caminhões se posicionem em piso/praza limpa (Figura 35).

Desta forma o ângulo de giro é mais curto e produtivo. Quando o posicionamento das escavadeiras hidráulicas na escavação é da direita para esquerda, em função de restrições operacionais, os ângulos de giro são maiores e temos maior risco de corte de pneus dos caminhões, devido proximidade do desmonte.

Figura 35 - Carregamento da esquerda para direita – Escavadeira Hidráulica



Fonte: Manual Caterpillar “Field Guide (2013).

Deve-se procurar manter a escavadeira o mais próximo possível da face do talude, tendo o cuidado de não bater a estrutura da máquina contra o talude. Deslocamentos mais curtos do “semibraço” proporcionam maior eficiência e produtividade. Não girar o equipamento de escavação sobre a cabine da unidade de

transporte e sempre girar o equipamento de escavação a uma altura acima da báscula da unidade de transporte.

Distribuir o material centralizado na báscula da unidade de transporte e não sobrecarregar o caminhão e, caso haja excesso de material aderente  caçamba, solicitar a remoção / limpeza da mesma.

3.1.4.1.7 Condições mecânicas dos Equipamentos

O maior desafio para a equipe de manutenção não é apenas saber das técnicas utilizadas, mas decidir quais delas realmente são ou não são importantes para determinado equipamento.

Se forem realizadas escolhas certas,  possível melhorar o desempenho do ativo e ao mesmo tempo reduzir o custo de manutenção, aumentando sua confiabilidade operacional.

Por outro lado, se houver ms escolhas, novos problemas são criados, enquanto aqueles já existentes tendem a piorar.

De acordo com Lafraia (2001) a teoria da confiabilidade e da manutenibilidade afirma que a manutenção perdica ou preventiva tem a função de reduzir a incidência de falha no equipamento.

Se o período de manutenção for muito curto, tanto o custo quanto a indisponibilidade aumentam, sem citar o fato de que a alta frequência de determinadas atividades pode reduzir a confiabilidade do sistema.

Por outro lado, se o período de manutenção é muito longo, o alto potencial de falha do equipamento irá resultar em perdas indevidas agravadas pela perda do lucro cessante.

Pode-se conceituar a confiabilidade, como a probabilidade de um sistema (componente, aparelho, circuito, cadeia de máquinas, etc) cumprir sem falhas uma missão com uma duração determinada.

Por exemplo, se a confiabilidade de um computador for de 99,95% (para um período de 1 ano), isto significa que a probabilidade de o computador funcionar sem defeito durante um ano  de 99,95%.

A principal função de um programa de manutenção e inspeção preventiva é controlar as condições dos equipamentos e garantir sua disponibilidade, garantindo a capacidade produtiva.

Pode-se dividir a manutenção em preventiva e corretiva os tempos em que o equipamento não está disponível para a operação.

Para definir a melhor estratégia de manutenção, é necessário que seja levado em consideração a probabilidade de falha do componente e sua confiabilidade ao longo do tempo.

A manutenção preventiva é uma manutenção que pode ser programada antes de ser realizada. Como isto geralmente é realizado em conjunto com a operação, a empresa não considera este tempo para o planejamento da produção e por este motivo não ocorre a perda por lucro cessante.

A manutenção preventiva, conforme Lafraia (2001), destina-se a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do desempenho.

Esta manutenção suporta a capacidade produtiva já que as paradas são programadas e as peças trocadas encontram-se em estoque, o que ajuda a reduzir o tempo que o equipamento fica em reparo.

Já para a manutenção corretiva, deve ser considerado, além do material e da mão-de-obra envolvida na atividade de reparo do componente, o custo das perdas causadas pelo lucro cessante.

A manutenção corretiva é aquela efetuada após a ocorrência de uma falha e destina-se a recolocar o equipamento num estado no qual possa executar sua função (Lafraia, 2001) ou, ainda, pode ser aquela cuja atuação deve-se a correção de desempenho menor que o esperado.

Na prática, o lucro cessante pode ser calculado, levando-se em consideração o tempo em que determinado equipamento ou máquina deveria estar produzindo e não produziu.

É exatamente o que ocorre quando há a quebra ou falha de um componente da máquina que faz com que ela fique inoperante.

Sendo assim, o lucro cessante é determinado quando é computado o lucro que a empresa deixou de ganhar durante o tempo em que a máquina ficou parada.

As características das máquinas tais como a capacidade de carga, velocidade de giro e força de escavação são variáveis que influenciam diretamente na performance dos equipamentos e precisam estar em totais condições de operação, propiciando o operador a extrair o máximo do equipamento, respeitando suas limitações.

Desta forma, definir uma estratégia de realizar a manutenção periódica e estabelecer um período de manutenção razoável são a chave para a redução de custos mantendo a confiabilidade operacional.

Analisar melhor os ativos e buscar sempre o aumento da confiabilidade nos equipamentos e conseqüentemente na produção é uma excelente forma de minimizar os desperdícios e os custos operacionais maximizando a produção.

Alguns ganhos que se pode citar são:

- Redução de perdas de produção com maior operabilidade dos equipamentos;
- Redução do custo unitário de produção devido ao melhor aproveitamento dos ativos;
- Redução dos custos de manutenção;
- Aumento da segurança dos funcionários com a tendência de menor quebra dos equipamentos;
- Melhor estabilidade de processo;
- Melhor aproveitamento da vida útil de componentes e equipamentos;
- Redução do inventário de peças sobressalentes;
- Redução de horas extras;
- Melhoria contínua

3.1.4.2 Tempo de Fila no Carregamento

O tempo em fila é definido como o período no qual um caminhão, operando, espera numa fila junto ao equipamento de carga, no depósito de estéril ou no britador.

Em situações de excesso de caminhões, o tempo em fila é a diferença entre a ação “Chegada” do caminhão em fila e a ação “Cheio” do caminhão anteriormente carregado. Em situações de falta de caminhão o tempo em fila é zero.

Uma situação é considerada como excesso de caminhões “*over-trucked*” quando um caminhão precisa esperar que o anterior seja carregado para então iniciar seu carregamento.

Mais especificamente, um equipamento de carga está com excesso de caminhões quando o próximo caminhão chega antes que a ação “Cheio” em seu antecessor aconteça.

Uma situação é considerada falta de caminhões “*under-trucked*”, quando um equipamento de carga tem que esperar por um caminhão após liberar o anterior carregado.

Mais especificamente, uma escavadeira está com falta de caminhões quando o próximo caminhão chega depois que seu antecessor já tenha a ação “Cheio”.

Este é um indicador de desempenho para avaliação dos Técnicos do Despacho que precisam estar atentos em sempre maximizar a produtividade da frota.

A decisão de adicionar, retirar e/ou redesignar caminhões ao ciclo de um equipamento de carga pode assim aumentar ou diminuir o tempo de fila.

Outra variável que não pode ser deixada de análise é o tempo de ociosidade. Para uma maior produtividade do ciclo da frota dos caminhões, é fato que eles não podem ficar esperando na fila, porém os equipamentos de carga não podem ficar esperando a chegada dos caminhões.

Para minimizar os efeitos de fila e ociosidade entre as frotas de transporte e carga, são utilizados os algoritmos de otimização do *dispatch*, onde os caminhões estão disponíveis para serem designados às todas as unidades de carregamento e locais de básculos que não estão sendo utilizados.

Figura 36 – Fila de espera no equipamento de carga



Fonte: Acervo fotografias Vale – 2016

É importante ressaltar que os fatores que influenciam o tempo de carregamento, também podem influenciar o tempo de fila no carregamento (Figura 36), principalmente quando o sistema de otimização do sistema “*dispatch*” não trabalha totalmente aberto.

3.1.4.3 Tempo de Manobra

A performance de carregamento também é avaliada através da análise do tempo de manobra, onde as limitações de manobrabilidade dos caminhões fornecem também uma avaliação do desempenho do operador do caminhão nas unidades de carregamento e sob diversas condições de carregamento.

Este indicador se refere ao tempo gasto pelo caminhão para o correto posicionamento perante o equipamento de carga.

O tempo é medido a partir da chegada do caminhão na praça de carregamento e é finalizado quando se inicia o processo de carregamento.

O tempo de manobra do caminhão é uma variável independente em um ciclo de carregamento. Espera-se que os tempos de manobra para diferentes tipos de caminhão sejam similares, porém as condições de largura e drenagem da praça de carregamento e habilidade prática dos operadores podem causar grande impacto no resultado.

Além dos diferentes métodos (procedimento) de manobra praticados, os seguintes fatores contribuem para esta situação:

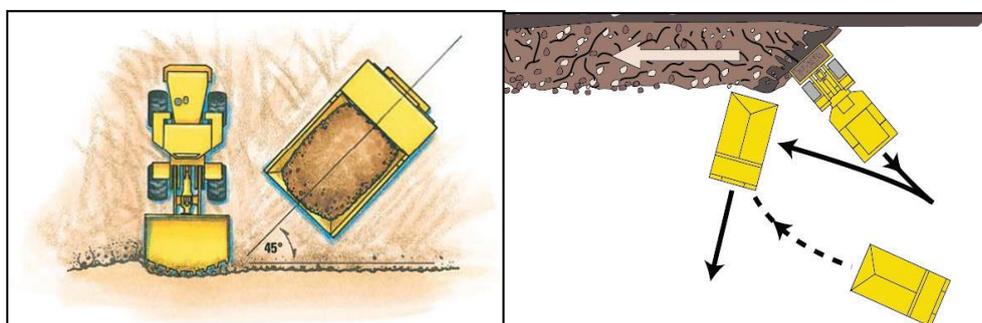
- Variação na posição do caminhão em relação ao equipamento de carga no início do carregamento;
- Variação durante a manobra de aproximação do caminhão ao equipamento de carga, influenciada pela direção de acesso relativa ao lado de carregamento e pela restrição de espaço físico;
- Curvas mais abertas ao se aproximarem da unidade de carregamento
- Disponibilidade de equipamentos auxiliares para limpeza da praça
- Impossibilidade de pré-posicionamento devido a políticas internas e/ou praça de carregamento restrita.

Para minimizar o tempo de manobra das máquinas de carga, é importante um correto posicionamento do caminhão no carregamento, de forma que os operadores da carregadeira e do caminhão tenham contato visual dentro de ambas as cabines de operação, garantindo assim a segurança pessoal.

O posicionamento do caminhão precisa ter um ângulo de 45° em relação à frente de carregamento da máquina, garantindo que o caminhão ao sair no final do carregamento não tenha a necessidade de manobrar (Figura 37).

A carregadeira precisa trabalhar de forma alinhada em relação ao talude ou pilha, mantendo-se sempre perpendicular a este alinhamento, mantendo o fundo da caçamba paralelo ao piso e limitar o deslocamento a 1½ volta do pneu.

Figura 37 - Posicionamento do caminhão



Manual Caterpillar Field Guide (2013)

Ao fazer o ataque a pilha de material é fundamental manter o piso da praça de carga limpo e regular, evitar o derramamento ao longo da trilha de manobra.

O padrão de carregamento em “V” é a forma mais otimizada em realizar a manobra e o carregamento do caminhão.

Com o objetivo de reduzir os esforços dos implementos hidráulicos, aumentando a capacidade produtiva e conseqüentemente aumentando a confiabilidade do equipamento, é importante iniciar escavação na parte superior do banco, lavrando de 2 a 3 passos.

Após retirada da parte superior do banco, eliminando potencial de risco de queda de material, iniciar lavra do meio do banco e finalizar avanço operacional, limpando piso e preparando para o próximo avanço.

Semelhante às escavadeiras hidráulicas, as escavadeiras a cabo também realizam posicionamento padrão na escavação da esquerda para a direita,

executando o carregamento com recuo único, garantindo que os caminhões se posicionem em piso/praça limpa.

A escavadeira deve ser operada de forma que a estabilidade seja sempre garantida e que não haja perigo de tombar. Quando girar a superestrutura, levar em conta que a estabilidade da escavadeira está sendo reduzida quando a máquina está girando em uma direção transversal ao material rodante.

É importante não trabalhar com o truque transversal em uma praça com inclinação, desta forma reduz a estabilidade e aumenta a tendência da máquina de escorregar ou tombar.

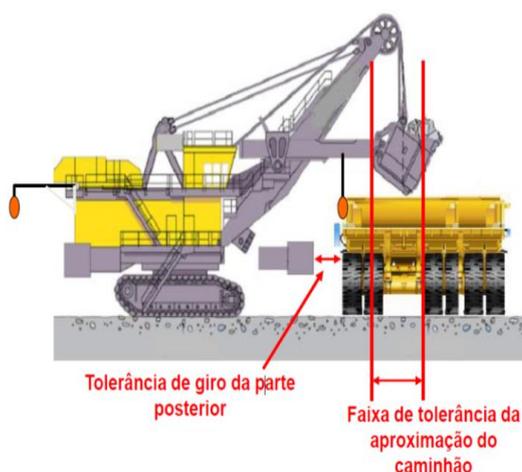
É fundamental evitar condições de operação e trabalho que podem reduzir a estabilidade da escavadeira, como:

- Sobrecarregar a escavadeira (encher demasiadamente a caçamba);
- Trabalhar em condições do terreno como areia fofa ou terra úmida (possibilidade de afundar);
- Aceleração ou desaceleração brusca dos movimentos de trabalho e,
- locomover e operar o equipamento em terreno inclinado.

Existem algumas particularidades na manobra e posicionamento dos caminhões na escavadeira a cabo (Figura 38).

É importante utilizar o marcador no braço ou no contrapeso para ajudar o operador do caminhão a se preparar para fazer a manobra e aproximação da escavadeira. Sempre posicionando o caminhão na faixa de tolerância.

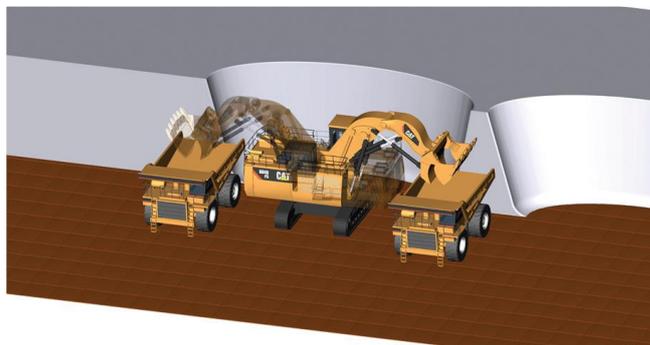
Figura 38 - Manobra e posicionamento caminhão - Escavadeira a Cabo



Fonte: Manual Caterpillar Field Guide (2013)

O carregamento pelos dois lados do equipamento de carga (Figura 39) pode reduzir significativamente os efeitos do tempo de manobra no ciclo de transporte, pois o caminhão pode se posicionar enquanto a escavadeira carrega outro pelo lado oposto.

Figura 39 - Carregamento dos dois lados do equipamento de carga



Fonte: Manual Caterpillar Field Guide (2013).

3.1.4.4 Tempo Fila no Basculamento

Assim que o caminhão chegar ao local de básculo, o operador deverá fazer a ação “chegada” para informar ao sistema DISPATCH® que o seu tempo de trajeto foi finalizado. Esta ação ainda não indica que o caminhão estará basculando, apenas que o mesmo chegou ao local.

Caso os pontos de basculamento estejam ocupados, a fila de basculamento ocorre quando vários caminhões aguardam no britador, depósito de estéril e/ou estoques operacionais para bascular a carga.

Figura 40 – Fila no ponto de basculamento



Fonte: Acervo fotografias Vale – 2016

3.1.4.5 Tempo de Basculamento

O tempo de basculamento é medido a partir da chegada do caminhão ao ponto de basculamento (britadores, pilhas de estéril, estoques), compreendendo a manobra realizada para melhor posicionamento do equipamento e o início do basculamento; o tempo que a báscula leva para levantar, descarregar o material e voltar  posio inicial; e finalizando com a solicitao de um destino para novo carregamento.

Ao terminar de efetuar o basculamento e baixar a camba, o operador do caminho requisita uma nova rota para reiniciar o ciclo. Esta ao irá finalizar o ciclo anterior e iniciar o próximo ciclo.

Figura 41 – Tempo de basculamento



Fonte: Manual Caterpillar Field Guide (2013)

Capítulo 4- Histórico e comentários da influência dos tempos fixos

4.1 Análise e Discussão do Banco de Dados

Não existem grandes variações nos valores dos tempos fixos entre os anos 2009 a 2014, mesmo entre as parcelas que compõem o resultado final. Pelo contrário, o desvio padrão encontrado entre os anos citados são menores ao daqueles encontrados entre os valores totais dos tempos fixos.

Mas é importante ressaltar que, até então, a maior preocupação era utilizar os recursos de forma a maximizar sua utilização. Muitas vezes a decisão da supervisão de turno penalizava a produtividade da frota de transporte, assumindo fila dos caminhões nas praças de carregamento e nos britadores.

De alguma forma, também, se penalizava a produtividade da frota de transporte com o aumento da DMT (distância média de transporte) nas paradas temporárias dos equipamentos de carga, no caso de pequenas manutenções dos equipamentos, lubrificação dentre outros. Esta prática era decidida sem a intervenção e ou ajuste do sistema de despacho, o que também gerava algumas perdas com designações entre frentes de lavra de forma improdutiva.

A performance e habilidade dos operadores não tinha parâmetros de medição e avaliação, bem como a configuração e conceitos de apropriar seus respectivos tempos no sistema de despacho. Estavam defasados em relação ao cenário e características atuais de mina.

Os operadores eram avaliados de forma subjetiva e, muitas das vezes, de maneira intangível, onde as cobranças por performance eram cíclicas e sem respaldo técnico e fatos para discussões, conseqüentemente as respostas e resultados também não tinham sustentabilidade.

Em dias de chuva, somente as frentes de estéril eram paralisadas, mantendo o ciclo produtivo das frentes de minério aos britadores. Esta prática, além de ser pouco produtiva, danificava os acessos operacionais de tal maneira que a retomada da operação e a manutenção depois das chuvas era demorada e se gastava muita hora de equipamento de terraplenagem e recurso interno.

No “calor” e “pressão” por movimentação e acerto de qualidade com blendagem de frentes de lavra, outra prática que de alguma forma, não tinha um controle e

cobrança sistemática, decidida ao longo do turno pelo supervisor, era a lavra dos furos realizados que ainda não tinha sido detonado. Esta prática era realizada com o objetivo de não deixar o equipamento de carga ficar sem opção de lavra durante o dia. Porém, se perdia aproximadamente cerca de 3 a 5% dos furos da malha realizada, forçando o sistema de escavação das máquinas na tentativa de se lavrar uma frente “resistente” até seu limite de esforço.

A negociação prévia da equipe de manutenção e operação demonstrava-se ineficiente em alguns períodos, principalmente no que se refere à troca de FPS (Ferramenta de penetração do solo). Muitas das vezes, esta troca era realizada não em função da real necessidade e planejamento de parada, mas, sim, por uma janela de oportunidade.

Todas estas práticas e rotinas representaram e influenciaram o banco de dados existente. Sem deixar de mencionar que as condições de mina, perfil de transporte, percentual e tipo de material desmontado, sistema de gestão da supervisão e operadores, etc, também não sofreram muitas alterações nestes 6 últimos anos. Já era esperado uma diferença entre os valores das parcelas que compõem o tempo fixo e seu resultado final, considerando a sazonalidade entre os meses secos, chuvosos e intermediário, pois o cenário operacional torna-se diferente com suas respectivas características e peculiaridades.

Na Tabela 4 seguem os resultados das variáveis que compõem os tempos fixos e seus respectivos totais, entre os anos 2009 a 2014, considerando a sazonalidade entre os meses.

Tabela 4 - Distribuição tempos fixos no período 2009/2014

ICD (min)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Média	Desvio Padrão
Carregamento	4,01	3,73	3,59	3,46	3,79	3,68	3,71	13,33%
Fila Esc.	2,61	2,92	3,09	2,55	2,90	3,00	2,85	17,67%
Manobra	1,36	1,42	1,45	1,42	1,53	1,41	1,43	3,89%
Fila basculo	0,82	0,88	1,16	1,05	1,03	0,86	0,97	11,33%
Basculo	0,94	0,96	0,97	0,96	1,02	1,09	0,99	4,33%
Total	9,74	9,91	10,26	9,44	10,27	10,04	9,94	24,67%

Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

Os meses de novembro a fevereiro são considerados os meses de chuva (Tabela 5), onde a média dos tempos fixos são maiores em relação aos períodos secos e intermediários. Porém o desvio é menor.

Este fato está relacionado à dificuldade natural das operações mineiras no período de chuva, criando um “dificultador” para todos os operadores, independente da performance individual. Pois os riscos operacionais aumentam, fazendo com que estas “limitações” se tornem paramentos para evitar acidentes.

Tabela 5 - Distribuição tempos fixos período de chuva

Tempos fixos frota transporte - Resumo Anual - Período de Chuva

ICD (min)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Média	Desvio Padrão
Carregamento	4,41	3,92	3,82	3,49	3,78	3,72	3,86	20,56%
Fila Esc.	2,69	3,21	3,26	2,79	3,08	3,08	3,02	18,56%
Manobra	1,41	1,47	1,48	1,46	1,54	1,44	1,47	3,00%
Fila basculo	1,03	1,04	1,32	1,26	1,13	0,83	1,10	13,50%
Basculo	0,99	0,96	0,99	0,97	1,02	1,21	1,02	6,22%
Total	10,53	10,60	10,87	9,97	10,55	10,28	10,47	22,78%

Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

Os meses de abril a setembro são considerados os meses secos (Tabela 6), quando a média dos tempos fixos são menores em relação aos períodos chuvosos e intermediários. As condições operacionais neste período são as mais favoráveis ao longo do ano, quando se espera que a performance seja a maior, o que reflete nos indicadores mais agressivos.

É no período de seca que a movimentação de minério e estéril precisa estar mais aderente, cumprindo as metas e, se possível, incrementando a REM (relação estéril minério). Porém os desvios entre os valores são maiores.

Este fato pode estar relacionado à facilidade e melhoria das condições operacionais das operações mineiras, criando um “facilitador” para todos os operadores, independente da performance individual.

Neste período, naturalmente existe uma diferença entre os resultados individuais dos operadores, quando, aqueles que possuem maior performance alcançam tempos fixos menores.

Tabela 6 - Distribuição tempos fixos período seco

Tempos fixos frota transporte - Resumo Anual - Período Seco

ICD (min)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Média	Desvio Padrão
Carregamento	3,89	3,62	3,47	3,42	3,78	3,60	3,63	13,67%
Fila Esc.	2,57	2,76	2,98	2,39	2,80	2,88	2,73	16,67%
Manobra	1,37	1,40	1,43	1,38	1,53	1,37	1,41	4,44%
Fila basculo	0,75	0,80	1,05	0,93	0,97	0,87	0,90	8,83%
Basculo	0,92	0,96	0,95	0,95	1,02	1,04	0,97	3,78%
Total	9,50	9,54	9,88	9,07	10,10	9,76	9,64	27,17%

Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

Os meses de março e outubro são considerados os meses intermediários (Tabela 7), quando o comportamento dos tempos fixos sofre a influência negativa do final e começo do período chuvoso e influências positivas da performance individual dos operadores mais experientes.

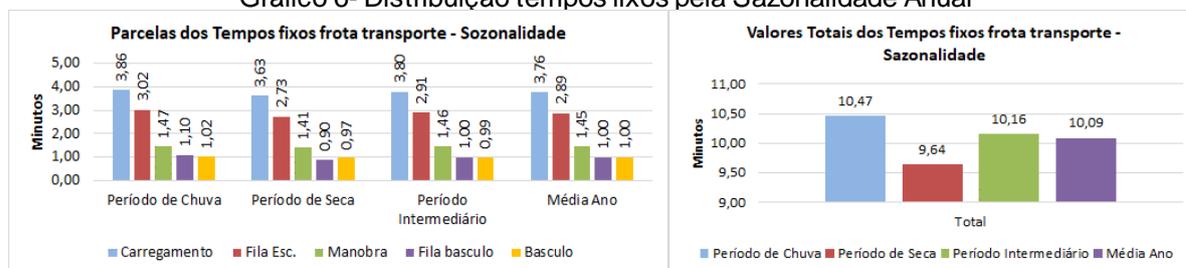
Tabela 7 - Distribuição tempos fixos período de intermediário

Tempos fixos frota transporte - Resumo Anual - Período Intermediário								
ICD (min)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Média	Desvio Padrão
Carregamento	4,13	3,82	3,66	3,52	3,83	3,81	3,80	13,67%
Fila Esc.	2,62	2,94	3,23	2,69	2,90	3,10	2,91	17,67%
Manobra	1,44	1,42	1,45	1,46	1,53	1,45	1,46	2,44%
Fila basculo	0,74	0,90	1,34	1,10	1,05	0,88	1,00	16,17%
Basculo	0,95	0,95	0,99	0,99	1,01	1,05	0,99	2,67%
Total	9,88	10,03	10,67	9,76	10,32	10,29	10,16	26,83%

Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

Naturalmente, se compararmos os valores, considerando os períodos de chuva, seca e intermediário, na seca os resultados são mais favoráveis, o que não acontece no período de chuva (gráfico 6).

Gráfico 6- Distribuição tempos fixos pela Sazonalidade Anual



Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

Capítulo 5 Desenvolvimento das ações implementadas e resultados obtidos

5.1 Contextualização das Ações Implementadas

Conforme mencionado no capítulo 3, o fator administração é responsável por 46% dos problemas que influenciam negativamente a produtividade dos equipamentos e 48% são oriundos de falhas operacionais, incluindo o baixo desempenho dos operadores.

Com o objetivo de criar um plano de ação macro e dividi-lo em frentes de trabalho direcionadas, realizamos um diagnóstico detalhado nas variáveis que compõem os tempos fixos, priorizando não só a gestão dos processos, mas também as condições e forma de operação.

A “baixa supervisão” e “imperícia” dos operadores somam 53% dos principais motivos da baixa produtividade operacional.

No fator administrativo, a “baixa supervisão” significa que ainda existem fragilidades no quadro de supervisão de mina, onde a maturidade e experiência vivida criam naturalmente uma resistência em buscar e analisar seus próprios indicadores operacionais.

Muitas vezes uma decisão é tomada sem olhar macro das futuras consequências, vindo a penalizar uma ou duas variáveis operacionais em favor de um pequeno ajuste em outra.

Mas existem oportunidades de mudanças na forma e metodologia de trabalho da equipe de supervisão fazer a gestão dos processos, bem como na análise de seus respectivos indicadores dentro das inúmeras rotinas operacionais que influenciam diretamente a produtividade.

De menor influência e ainda inserido no fator administrativo, as “normas e procedimentos inadequados” e o “planejamento e organização deficiente” das atividades também contribuem e influenciam na performance dos operadores e conseqüentemente na performance dos seus respectivos supervisores.

Já no fator operação, a “imperícia” significa que ainda temos falhas e mesmo falta de habilidade ou experiência no grupo de alguns operadores, influenciando negativamente o resultado do time.

Podemos afirmar que os processos de alocação de equipamentos através de sistemas de despacho eletrônico e suas respectivas apropriações demonstram que ainda existem despachantes e operadores que não têm total segurança e assertividade em sua rotina operacional.

O objetivo principal do despacho eletrônico é maximizar o tempo produtivo na mina, minimizar o número de caminhões necessários para o transporte, maximizar a produção dos equipamentos de carga através da redução da ociosidade e da fila de espera em cada frente de lavra.

Porém, se este recurso não for realmente utilizado de forma correta e padronizada por todos os seus usuários, a “imperícia”, no seu significado geral, torna-se potencializada.

A maturidade dos operadores e despachantes está associada à prática de operação do equipamento e habilidades desenvolvidas ao longo do tempo e aperfeiçoadas através dos treinamentos e reciclagens.

Utilizando referências e parâmetros operacionais, capazes de mensurar habilidades e indicadores, é possível definir treinamentos mais específicos e direcionados e acompanhar o desenvolvimento de cada colaborador.

Simultâneo a este processo, é fundamental a realização de “feedbacks”, enaltecendo constantemente a evolução da performance e apontando preferencialmente com exemplos reais as oportunidades de melhoria.

Gera-se um banco de dados individual de cada operador com seu histórico, ilustrando sua performance e seu desenvolvimento. Este acompanhamento pode e deve ser utilizado para definição de futuras promoções de cargo, aumentos de salário e transferência de processo.

De menor influência e ainda inserido no fator operação, a “desobediência a normas e procedimentos” e “desatenção” dos operadores, também contribuem e influenciam na performance. Estes dois, também são as principais causas das ocorrências de acidentes materiais e pessoais na rotina do turno.

É importante ressaltar que inúmeras ações foram e estão sendo implementadas melhorando os resultados não só dos tempos fixos, mas também numa evolução crescente da velocidade média e carga média.

Na Figura 42, relacionam-se os fatores chaves na produtividade dos equipamentos, fatores administrativos e operacionais e suas respectivas macro ações. Não iremos abordar com detalhes a falha mecânica, fator máquina.

Figura 42 – Fatores chaves na produtividade equipamento

Fatores Administrativos

- Normas e procedimentos inadequados.
 - Revisão e adequação de PRO's já existentes
- Planejamento e organização deficientes
 - Correção e adequações nos acessos e praças
 - Validação banco de dados sistema Modular;
 - Análise e controle da integridade do dados;
- Baixa supervisão
 - Criação de ranking com indicadores para supervisores e despachantes
 - Criação de itens de controle e verificação "on line" dos indicadores de performance operadores

Fatores Operacionais

- Desobediência a normas e procedimentos
- Desatenção
- Imperícia
 - Treinamento e reciclagem dos despachantes e operadores de carga e transporte

Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

5.1.1 Correção e adequações no acessos e praças operacionais

Conforme já demonstrado nos capítulos anteriores, a produtividade horária da frota de transporte está correlacionada à carga média, (DMT) distância média de transporte, velocidade média e tempos fixos.

A carga média atualmente executada vem em processo de desenvolvimento e a curva de crescimento se encontra a níveis sustentáveis. Hoje o foco nas operações de carregamento é manter o valor de 245 t sem grandes desvios, respeitando e seguindo o percentual de cargas abaixo de 230 t. e cargas acima de 264 toneladas.

A velocidade média precisava e merecia maior atenção, pois a qualidade e estrutura de mina não comportavam um aumento de velocidade da frota de transporte, sem ajustes e alterações ao longo dos acessos e praças operacionais.

Além da necessidade de treinamento e reciclagem de alguns operadores que ainda não utilizavam os recursos disponíveis dos equipamentos na sua íntegra, e outros operadores que utilizavam de maneira equivocada forçando os limites operacionais.

Com base em uma minuciosa inspeção de campo, onde todos os parâmetros técnicos foram respeitados, foram mapeadas as necessidades de correção e ou adequação destas estruturas, plano de ação elaborado com prazo de conclusão de no máximo 4 meses:

- Correção do raio de curvatura e sob elevação;
- Correção largura dos acessos;
- Correção das drenagens das praças e acessos operacionais;
- Correção das inclinações das rampas;
- Adequação das leiras de proteção;
- Sinalização dos acessos;
- Padronização do posicionamento de cabo escavadeira;

5.1.2 Ranking Supervisores - Despachantes e Indicadores Performance Operadores

A operação de mina de Itabira é dividida em Operação Carregamento e Transporte Conceição e Minas do Meio. Apesar do porte dos equipamentos serem os mesmos, o recurso humano ter as mesmas oportunidades de qualificação, a equipe de perfuração e terraplenagem trabalhar com as mesmas orientações de “prestação de serviços” e apoio, a atuação na gestão dos processos e dos operadores precisam e merecem atuação diferenciada, pois muitas das vezes existem características específicas.

A mina de Conceição necessita de um suporte maior da equipe de perfuração, pois a grande maioria do minério a ser lavrado é itabirito compacto, as DMTs são menores e o perfil entre as frentes de lavra ainda é favorável. Nas Minas do Meio, as necessidades se invertem e a equipe de terraplenagem é mais demandada.

Com o objetivo de conhecer o perfil técnico da equipe de supervisão e seus respectivos colaboradores, identificar as reais necessidades e “gaps”, direcionar treinamentos e capacitação, conhecer e compartilhar as melhores práticas, sinalizar oportunidades de melhorias em cada equipe e buscar um melhor nivelamento entre elas, desenvolvemos o Ranking técnico da supervisão e despachantes.

O ranking é formado por um conjunto de 12 indicadores (Figura 43), que são mensurados mensalmente e as notas máximas variam de 5, 10 ou 15 pontos,

representam o atingimento igual ou superior a 100% das metas programadas, dependendo dos pesos de cada indicador.

Figura 43- Indicadores de avaliação Ranking Supervisão

INDICADOR	DESCRIPTIVO
EFETIVIDADE DE CARGA	RESULTADO DA (C. MÉDIA / TEMPO DE CARREG. REALIZADO) / (C. MÉDIA / TEMPO DE CARREG. PROGRAMADO)
PH TRANSP.	RESULTADO DA PH REALIZADA/ PH PROGRAMADA
MOV. DE PÁ	CONSISTE EM MOVIMENTAR NO MÁXIMO ATÉ 110 % META PROGRAMADA DO MÊS.
MOV. DE ESCAV.	CONSISTE EM MOVIMENTAR NO MÍNIMO ATÉ 90 % META PROGRAMADA DO MÊS.
ALOCAÇÃO OTIMIZADA	CONSISTE EM RODAR ACIMA DE 80 % DOS CAMINHOS EM ESCALA LIVRE (RESULTADO DO % REALIZADO / 80 %)
TP AG. P/ ACERTAR PRAÇA	CONSISTE NA APURAÇÃO DO EVENTO (AG PARA ACERTAR PRACA ESC) PELOS TRATORES DE PNEUS (META: ATÉ 18 Min)
MOV. TOTAL PONDERADA	RESULTADO DA (MOV. TOTAL DA TURMA+MOV. DA TURMA SEGUINTE/2) / MOV. PROGRAMADA
TEMPOS FIXOS	RESULTADO DO TF REALIZ./ TF PROGR. (= FILA ESC + MANOBRA+ TEMPO CARREG.+ FILA BASCULO + BASCULO)
VEL. MÉDIA	RESULTADO DA VEL. MÉDIA REALIZADA/ VEL. MÉDIA PROGRAMADA
INTEGRIDADE DO CICLO	CONSISTE NA APURAÇÃO DO % DAS CARGAS COM TEMPOS DE MANOBRA E CARREGAMENTOS VÁLIDOS (META = > 70 %)
MOV DE OM	CONSISTE EM MOVIMENTAR NO MÁXIMO A META PROGRAMADA DO MÊS.
MOV. ESTERIL TOTAL POR LETRA	CONSISTE EM MOVIMENTAR A META PROGRAMADA E O PLANO DE ESTERIL DO MÊS.

Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

O *ranking* dos despachantes (Figura 44), também têm os mesmos objetivos, critérios de pontuação e semelhança de alguns indicadores. Além de incentivar a melhor utilização do sistema de gerenciamento de frota “*Dispatch*”, busca criar ambiente saudável e harmônico entre os anseios e necessidades dos supervisores e despachantes.

Figura 44 - Indicadores de avaliação Ranking Despachantes

INDICADOR	DESCRIPTIVO
EFETIVIDADE DE CARGA	RESULTADO DA (C. MÉDIA / TEMPO DE CARREG. REALIZADO) / (C. MÉDIA / TEMPO DE CARREG. PROGRAMADO)
PH DE TRANSP.	RESULTADO DA PH REALIZADA/ PH PROGRAMADA
TEMPOS FIXOS	RESULTADO DO TF REALIZ. / TF PROGR. (= FILA ESC + MANOBRA+ TEMPO CARREG.+ FILA BASCULO + BASCULO)
ERROS TURNO	CONSISTE DE ERROS NÃO CORRIGIDOS POR TURNO CONFORME RELATORIO 35 DO VMINA
ALOCAÇÃO OTIMIZADA	CONSISTE EM RODAR ACIMA DE 80 % DOS CAMINHOS EM ESCALA LIVRE (RESULTADO DO % REALIZADO / 80 %)
JUSTIFICATIVA ESTOQUE	CONSISTE NA APURAÇÃO DE CARGA DE ROM QUE FORAM PARA ESTOQUE SEM CAMPO "MOTIVO" NÃO PREENCHIDO
REL. KM CH/KM VZ	RESULTADO DO KM CH/KM VZ / KM CH/KM VZ
INTEGRIDADE DO CICLO	CONSISTE NA APURAÇÃO DO % DAS CARGAS COM TEMPOS DE MANOBRA E CARREGAMENTOS VÁLIDOS (META = > 70 %)
MOV DE OM	CONSISTE EM MOVIMENTAR NO MÁXIMO A META PROGRAMADA DO MÊS.
MOV. ESTERIL TOTAL POR LETRA	CONSISTE EM MOVIMENTAR A META PROGRAMADA E O PLANO DE ESTERIL DO MÊS.

Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

A definição dos indicadores está correlacionada às principais variáveis que compõem as produtividades, produção e condições de mina, onde todos os envolvidos

seguem as mesmas diretrizes e orientações. Tanto os supervisores quanto os despachantes buscam, com suas respectivas atuações em campo e gerenciamento da frota (despacho), alcançarem as metas turno a turno.

Porém, de forma que não exista uma competição e sim a busca pelo menor desvio entre as notas, as decisões e rotinas do turno a turno precisam estar pautadas na sinergia, padrão e coerência.

A Tabela 8 ilustra a evolução dos resultados por indicador avaliado na supervisão da letra A em Minas do Meio.

O acompanhamento da performance é realizado diariamente e fechamento da escala semanal, onde o supervisor analisa seus resultados e, em conjunto com o corpo técnico, elabora plano de ação a cada indicador não alcançado.

Tabela 8: Resultado mensal do supervisor letra A - 2016

SUPERVISÃO TRANSPORTE E CARGA _ MINAS DO MEIO															
SUPERVISOR	Indicador	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	PRIMEIRO SEMESTRE	SEGUNDO SEMESTRE
LETRA A	INTEGRIDADE DO CICLO	1	2	5	5	5	5	5	5	3	3	4	4	4	4
	PH TRANSP.	3	5	5	4	4	5	4	5	5	5	4	5	4	5
	MOV. DE PÁ	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5
	MOV. DE ESCAV.	1	5	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5
	ALOCACÃO OTIMIZADA	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5
	TP AG. P/ ACERTAR PRAÇA	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5
	MOV. TOTAL PONDERADA	0	4	0	4	0	2	10	0	0	2	8	2	2	4
	TEMPOS FIXOS	10	8	10	10	10	10	10	8	10	10	10	10	10	10
	VEL. MÉDIA	10	10	10	10	6	8	10	8	6	10	10	8	9	9
	EFEFIVIDADE DE CARGA	6	4	10	8	8	10	6	10	10	8	6	10	8	8
	MOV. DE OM	15	15	15	15	15	15	15	0	15	15	15	10	15	12
	RELAÇÃO ESTÉRIL / MINERIO	15	15	0	0	0	0	15	9	6	0	15	0	5	8
	== TOTAL ==	71	83	70	76	68	73	95	65	75	73	91	69	74	78

Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

Mensalmente, após o fechamento e balanço da performance da gerência, onde as movimentações e indicadores são analisados, é feito, também, a análise e fechamentos dos resultados operacionais de todos os supervisores, compilando os indicadores do ranking técnico supervisor (Tabela 9).

Avaliando o desempenho das turmas, observa-se o melhor desempenho da Turma D no primeiro semestre, com 82,5 pontos. Já no segundo semestre, a Turma que obteve melhor desempenho foi a letra A, com 78 pontos. Para as operações de carga e transporte das Minas do Meio, a média foi de 71,2 pontos no primeiro semestre, e 73 pontos no segundo semestre.

Tabela 9: Resultado Ranking Supervisores Minas do Meio 2016

OPERACAO MINAS DO MEIO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	PRIMEIRO SEMESTRE	SEGUNDO SEMESTRE
LETRA A	71,0	83,0	70,0	76,0	68,0	73,0	95,0	65,0	75,0	73,0	91,0	69,0	73,5	78,0
TURMA B	87,0	75,0	66,0	62,0	63,0	60,0	84,0	44,0	69,0	78,0	91,0	72,0	68,8	73,0
LETRA C	84,0	73,0	66,0	61,0	63,0	54,0	82,0	72,0	56,0	64,0	83,0	75,0	66,8	72,0
LETRA D	89,0	93,0	87,0	78,0	75,0	73,0	91,0	59,0	70,0	70,0	82,0	68,0	82,5	73,3
LETRA E	72,0	68,0	59,0	59,0	70,0	57,0	83,0	44,0	87,0	63,0	66,0	68,0	64,2	68,5
Média OP Mina MM	80,6	78,4	69,6	67,2	67,8	63,4	87,0	56,8	71,4	69,6	82,6	70,4	71,2	73,0
Pontuação Maxima	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

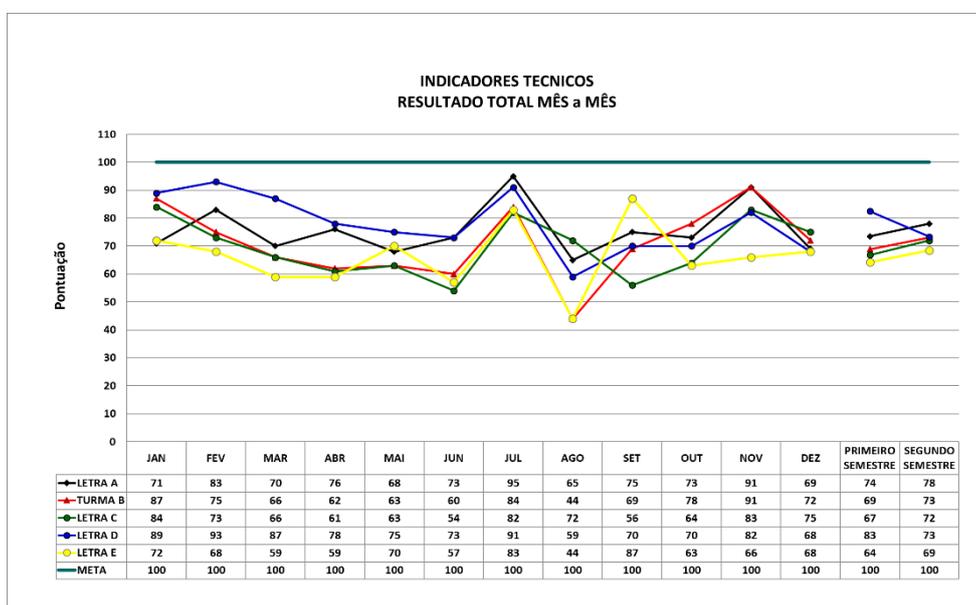
Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

O mais interessante deste processo, é a “comparação” saudável entre os resultados dos supervisores, pois podemos perceber que as curvas seguem a mesma tendência mês a mês. Muito raramente, pode existir a inversão da tendência entre as notas de alguns supervisores. Por exemplo, no mês de setembro de 2016 a letra E seguiu a tendência dos demais com um desvio bem maior e a letra C não seguiu a tendência das outras letras (Gráfico 7).

Apesar dos problemas e desafios serem os mesmos, cada supervisor tem sua maneira própria de resolvê-los, o que reflete na diferença das notas ao longo do ano. É importante ressaltar que os desvios entre suas notas, preferencialmente, precisam ser o menor possível, o que demonstra que as orientações e diretrizes estipuladas a cada mês são analisadas e ações direcionadas.

O Gráfico 6 ilustra a curva de evolução das pontuações de cada turma ao longo de 2016.

Gráfico 7 - Evolução das curvas mensais Ranking Minas do Meio 2016



Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

No mês Julho, caracterizado por um período de seca, a Turma que obteve melhor desempenho foi a letra A seguida pela letra B no ano de 2016. Já em dezembro, período chuvoso, a letra C obteve melhor desempenho.

Para que a gestão dos operadores e dos processos operacionais realizados pelos supervisores e despachantes tenham coerência e consequência positivas em suas respectivas ações e direcionamentos, os operadores também são “avaliados”, não em forma de ranking, mas com o acompanhamento turno a turno, dia a dia de seus principais indicadores (Figuras 45, 46 e 47).

Ou seja, toda ação realizada pelos supervisores e/ou despachantes de alguma forma irá influenciar no desempenho dos operadores, seja por uma simples orientação do correto posicionamento da escavadeira no ato de carregar ou pela constante informação e monitoramento dos despachantes do tempo de carregamento, manobras, filas, dentre outros.

Estas ações são espelhadas, refletindo também nos resultados das avaliações dos gestores e despachantes.

Figura 45 – Indicadores para avaliação operadores

Indicadores Operacionais	
Frota Transporte	Frota Carregamento
Produtividade horária	Produtividade horária
Tempo Manobra	Tempo Carregamento
Tempo fila Basculamento	Carga Média
Tempo Basulamento	% Cargas Abaixo 230 t
Velocidade Média	% Cargas Acima 264 t
Velocidade Cheio	
Velocidade Vazio	

Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

Não se pode negligenciar o fato da existência de operadores com maturidade e experiência diferente, absorção e respostas aos treinamentos de forma individualizada e o grau de motivação por razões distintas.

Figura 46- Resultado da Avaliação Operador - Transporte

Ano	Mes	Produtividade e Transporte	Manobra	FilaBasculo	Basculamento	Vel. Global	Vel. Cheio	Vel. Vazi
2015	Janeiro	345,71	1,35	0,49	0,95	20,96	16,65	27,26
	Fevereiro	327,53	1,33	0,27	1,01	21,28	16,95	28,24
	Março	416,62	1,16	0,85	1,05	20,96	16,33	27,92
	Abril	366,44	1,06	0,37	0,80	21,57	18,31	25,95
	Mai	371,28	1,13	0,28	0,90	19,98	17,83	22,56
	Junho	382,74	0,89	0,26	0,95	23,29	18,25	31,40
	Julho	470,67	0,95	0,06	0,84	24,36	20,59	29,04
	Agosto	499,81	1,05	0,06	0,77	22,66	18,00	30,73
	Setembro	627,85	1,12	0,35	1,12	21,92	18,80	26,15
	Outubro	623,38	1,08	0,33	1,15	22,51	17,70	29,76
	Novembro	662,74	0,93	0,54	1,28	24,87	21,17	29,37
	Dezembro	702,38	0,87	0,43	1,15	24,23	20,42	30,00
2015 Total		483,10	1,08	0,36	1,00	22,38	18,42	28,20
2016	Janeiro	670,38	1,05	0,14	0,90	22,30	20,15	24,77
	Fevereiro	679,82	1,10	0,03	0,76	24,30	21,87	27,04
	Março	682,93	0,85	0,01	0,66	25,05	22,68	27,71
	Abril	696,02	0,80	0,03	0,73	24,60	22,37	27,40
	Mai	690,06	0,91	0,03	0,77	25,60	22,64	29,44
	Junho	708,98	0,90	0,03	0,80	24,41	22,14	27,18
	Julho	663,58	0,85	0,02	0,78	25,03	22,67	27,91
	Agosto	686,90	1,08	0,03	0,74	27,32	23,68	31,95
	Setembro	677,15	0,93	0,02	0,78	25,31	22,37	28,93
	Outubro	758,69	0,93	0,01	0,72	24,79	22,11	28,22
	Novembro	712,89	1,02	0,03	0,71	22,33	20,85	24,10
	Dezembro	721,26	0,99	0,01	0,78	23,74	21,01	27,24
2016 Total		695,72	0,95	0,03	0,76	24,56	22,04	27,66

Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

Comparando-se os valores obtidos em 2015 com os de 2016, verifica-se um aumento de 44% na produtividade das frotas de transporte, além de diminuição significativa na manobra, fila no basculamento, tempo de basculamento.

Como a produtividade, a velocidade global obteve um salto de 22,38 km/h para 24,56 km/h, o que contribuiu também para o aumento na produtividade.

Estas particularidades são observadas e identificadas ao longo dos treinamentos e reciclagem realizada pelos instrutores, bem como na rotina operacional com os direcionamentos e percepções da equipe de supervisores.

À medida que se percebe alteração da performance dos operadores, feedbacks são realizados, com exemplos e fatos da evolução ou involução, com reafirmação de compromissos do alcance de metas e objetivos.

Assim como na frota de transporte, os equipamentos de carregamento obtiveram aumento em sua produtividade na ordem de 15,6%. Esse valor é justificado pela diminuição no tempo de carregamento, que era 3,66 minutos e foi para 3,34 minutos em 2016, e aumento da carga média, saltando de 244,18 toneladas para 245,52 toneladas também em 2016.

Figura 47 - Resultado da Avaliação Operador - Carregamento

Ano	Mes	Produtividade _Carga	Carregamento	CargaMedia
2015	Janeiro	2196,07	3,58	250,00
	Fevereiro	1657,72	4,32	244,81
	Março	2071,80	3,89	239,39
	Abril	1788,32	4,06	242,38
	Maiο	1991,94	3,60	243,42
	Junho	2079,89	3,60	244,57
	Julho	1700,10	3,57	237,43
	Agosto	1839,55	3,82	245,48
	Setembro	1714,14	3,40	245,34
	Outubro	1814,30	3,35	248,06
	Novembro	1734,35	3,30	245,31
	Dezembro	1731,61	3,40	244,00
2015		1.859,98	3,66	244,18
2016	Janeiro	2263,53	3,20	247,46
	Fevereiro	1758,64	3,81	244,64
	Março	2184,44	3,10	236,91
	Abril	2134,01	3,28	243,53
	Maiο	2466,87	3,00	246,51
	Junho	2170,00	3,00	243,60
	Julho	2116,50	3,50	247,47
	Agosto	2181,08	3,60	244,64
	Setembro	2142,50	3,31	256,03
	Outubro	2150,60	3,50	248,00
	Novembro	1945,75	3,66	244,98
	Dezembro	2283,96	3,10	242,52
2016		2.149,82	3,34	245,52

Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

Na sequência, de maneira mais detalhada, serão demonstrados os processos e metodologias aplicadas nos treinamentos dos operadores de carga e transporte, referentes aos tempos de carregamento, manobra, fila basculamento e tempo de basculamento.

5.1.3 Alocação dos tempos e Ciclo de Carga e Transporte

Na operação de equipamentos de carga e transporte de mina, os operadores têm grande participação na interação com sistemas automatizados. Estes sistemas permitem que um “programa de computador” auxilie e/ou tome decisões referentes ao despacho dos caminhões para uma frente de lavra, maximizando a produtividade da frota de transporte, escolhendo os melhores locais de carregamento dos caminhões e eliminando as perdas e ociosidades.

Nas minas onde não há sistemas de alocação dinâmica, geralmente o controlador da mina determina uma alocação inicial que persiste até o final do turno.

Estudos como o de Pinto & Merschmann (2001) mostram que, com a alocação dinâmica, é possível melhorar o desempenho da operação, atendendo rapidamente às variações que podem ocorrer ao longo da operação.

Quando a mina possui uma ferramenta de alocação dinâmica, é possível implementar o ciclo conjugado, que promove a redução do tempo de deslocamento vazio ao fazer a ligação entre dois ciclos, ou seja, um caminhão, ao terminar o basculamento, é enviado para carregar em uma máquina mais próxima que está enviando material para outro destino.

A utilização de sistema computadorizado para alocação otimizada da frota de equipamentos de mineração avalia as produções de cada frente de lavra, produtividades dos equipamentos de carga e transporte, tempos de espera em filas, distâncias de transporte, dentre outros, para tomar as decisões de forma a obter um melhor aproveitamento da frota.

Em Itabira é utilizado o “*Dispatch*”, sistema de despacho desenvolvido pela Modular Mining System ®. Este sistema tem o principal objetivo de maximizar a produtividade de todo conjunto de equipamentos disponíveis na mina, minimizando as filas de caminhões e ociosidades de equipamentos de carga. O “*Dispatch*” faz o monitoramento constante da escolha e seleção da melhor rota, da localização mais adequada e do status de cada equipamento.

O objetivo das alocações de tempo é identificar e gerenciar a alocação correta dos tempos, identificar as perdas operacionais, como também avaliar o desempenho dos ativos utilizados na mina, possibilitando assim o melhor gerenciamento dos mesmos.

A correta alocação e apropriação dos tempos e indicadores é diretamente proporcional à assertividade e integridade das informações informadas pelos operadores e despachantes, ou seja, informação com baixa confiabilidade gera resultados falsos e inconsistentes. Desta forma, teremos um banco de dados não representativo e muitas vezes enviesado.

Através da análise dos ICD's (índices de controle), gerados e registrados na base de dados, conseguimos relacionar, comparar e identificar os pontos que necessitam de melhorias no processo e assim formar o ranking técnico de cada equipe. Utilizando ferramentas estatísticas, é possível identificar os impactos

(positivos ou negativos) de cada ICDs na produtividade horária de cada equipamento (transporte e carga).

“Estados de Tempo” é o tempo real nos quais se encontra o equipamento podendo estar Apto, Manutenção, Parado ou Liberado (Disponível).

Os estados dos equipamentos são compostos pelas razões, que descrevem o motivo específico do estado em que se encontra o equipamento, detalhando os tempos secundários/eventos (troca de turno, abastecimento, etc).

Estas razões/eventos, por sua vez (Figura 48), são alocadas dentro de uma classificação de “Categorias de Tempo”. As Categorias de Tempo nos permitem que se identifiquem as razões das perdas relacionadas aos tempos de operação ou de manutenção dos equipamentos de mina.

Figura 48 - Estados razões de categorias das locações



Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

O ciclo operacional dos equipamentos de carga e transporte é apurado automaticamente pelo sistema de despacho e está dentro do Estado Apto. Inicia-se com o destino do caminhão vazio, quando é computado o tempo gasto e distância percorrida do equipamento. Com a chegada do caminhão na escavadeira, termina o deslocamento vazio e inicia-se o tempo direcionado à manobra (assume que não há outros caminhões atualmente carregando/aguardando na escavadeira). Caso tenha outro caminhão em processo de carregamento e/ou aguardando, o ciclo avança para fila até que o próximo caminhão receba o código de Caminhão cheio do operador da escavadeira e seja liberado.

Quando se inicia o carregamento do caminhão, o tempo de manobra termina e inicia-se o tempo de carregamento. Quando o operador da escavadeira pressiona cheio encerra-se o tempo de carregamento. Se existir outro caminhão na fila para

carregar, começa então a apuração do tempo de manobra. Se não existirem caminhões na fila, a escavadeira avança para Espera (medição do tempo ocioso da escavadeira)

Com o caminhão Cheio, encerra o tempo do carregamento e designa o caminhão para o local de básculo. Avança o caminhão de Fim de Carga para Viagem Cheio. Chegada ao destino de básculo, avança o caminhão de Viagem Cheio para Descarga.

O operador solicita Destino após o basculamento encerrar o tempo de básculo e gera a designação do caminhão para alguma escavadeira, e o caminhão passa a apontar tempo em Viagem Vazio, dando início a um novo ciclo.

Os operadores podem realizar todas estas ações dentro do ciclo total de carga/transporte (origem/destino), usando os computadores de bordo instalados nos equipamentos.

Com o objetivo de garantir que todo este processo realmente esteja sendo seguido e respeitado pelos despachantes e operadores, e a configuração do sistema de “*Dispatch*” também retrate as condições atuais dos processos operacionais, realizamos um trabalho conjunto com a Modular Mining System.

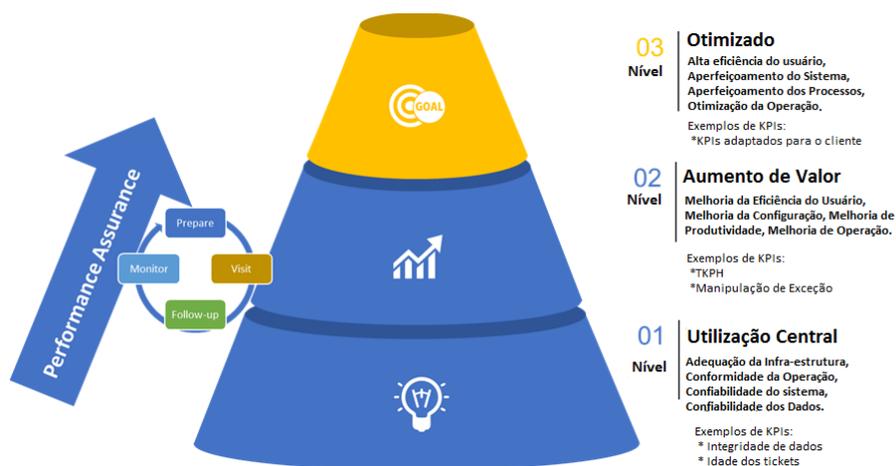
A Figura 49 ilustra o modelo do plano de trabalho e sequência das atividades realizadas em conjunto com a Modular, com o objetivo de organizar e validar as informações e metodologia da principal ferramenta de tomada de decisão de todo processo produtivo das minas de Itabira.

No primeiro nível definimos com “Utilização Central”, onde o foco foi a adequação e de toda infraestrutura, conformidade com o sistema produtivo, confiabilidade do sistema e banco de dados e sua integridade.

No segundo nível, “O aumento de Valor” foi o principal objetivo, onde a melhoria da eficiência dos usuários, melhoria com a nova configuração e a aumento da produtividade teve todo um direcionamento.

No terceiro nível, o foco foi a “Otimização” e os trabalhos tiveram uma evolução para o aperfeiçoamento da utilização do sistema pelos usuários, otimização dos processos e da operação.

Figura 49 - Modelo de atendimento colaborativo



Fonte: DISPATCH® Performance Assurance Project (Mining Services)

5.2 Desenvolvimento das ações implementadas no tempo de carregamento.

Tempo de carregamento é definido pela hora em que o operador de carga liberou o caminhão após carregado, menos a hora em que o operador do caminhão pressionou a ação início de carga.

Para que este tempo seja realizado de forma a maximizar a produtividade horária, deve-se fazê-lo tão rápido possível, sem penalizar a segurança operacional.

Foram realizados treinamentos e reciclagens em posicionamento dos equipamentos carga/transporte para minimizar o ângulo de giro, maximização do fator de enchimento da caçamba dos equipamentos de carga, correto acompanhamento dos parâmetros de manutenção, apropriação dos tempos e a correta operação dos equipamentos.

Existem vários sistemas, ou métodos, de avaliação de desempenho. De acordo com Chiavenato (1999), os métodos mais tradicionais de avaliação de desempenho são:

- Escalas gráficas de classificação: são o método mais utilizado nas empresas. Avaliam o desempenho por meio de indicadores definidos, graduados através da descrição de desempenho numa variação de ruim a ótimo. Permitem a elaboração de gráficos que facilitarão a avaliação e acompanhamento do desempenho histórico do avaliado.

- Incidentes críticos: enfocam as atitudes que representam desempenhos altamente positivos, que devem ser realçados e estimulados, ou altamente negativos, que devem ser corrigidos através de orientação constante. O método não se preocupa em avaliar as situações normais. No entanto, para haver sucesso na utilização desse método, é necessário o registro constante dos fatos para que estes não passem despercebidos.
- Avaliação por objetivos: baseia-se numa avaliação do alcance de objetivos específicos, mensuráveis, alinhados aos objetivos organizacionais e negociados previamente entre cada colaborador e seu superior. É importante ressaltar que, durante a avaliação não devem ser levados em consideração aspectos que não estavam previstos nos objetivos, ou não tivessem sido comunicados ao empregado. E ainda, deve-se permitir ao empregado sua autoavaliação para discussão com seu gestor.
- Avaliação por resultados: é um método de avaliação baseado na comparação entre os resultados previstos e realizados. É um método prático, mas que depende somente do ponto de vista do supervisor a respeito do desempenho avaliado.

Algumas avaliações teóricas e prática foram aplicadas junto aos operadores, a fim de identificar os principais *gaps* estratificando individualmente as necessidades de aperfeiçoamento.

De posse dos resultados e classificação dos resultados, uma matriz de treinamento também é formatada de acordo com a real necessidade dos operadores.

Algumas competências foram definidas para base e desenvolvimento do processo de treinamento e reciclagem, de forma a direcionar as principais oportunidades:

- A. Opera com ângulo de giro menor 90°?
- B. Posiciona o equipamento na frente da lavra de forma produtiva?
- C. Faz movimentos simultâneos?
- D. Aplica ângulo correto de corte?
- E. Força o giro contrário a inércia na escavação?
- F. Eleva a caçamba na altura suficiente para o despejo?
- G. Evita stol nos movimentos de caçamba, braço e lança?

- H. Aplica a regra de corte (de cima para baixo)?
- I. Planeja a frente de trabalho, evitando perda de tempo?
- J. Evita movimentar (locomover) equipamento quando em carregamento?
- K. Mantém Equipamento bem nivelado?
- L. Tem habilidade no controle dos joysticks
- M. Opera utilizando o pedal do freio de giro?
- N. Utiliza o fator de enchimento da caçamba >90%
- O. Planeja o passo da próxima caçamba para carregamento?
- P. Posiciona o equipamento de transporte corretamente para o carregamento?
- Q. Evita bater os cilindros no fim de curso?

Para Moscovic (2000), é por meio de “feedback” que uma pessoa pode ser auxiliada a reconhecer em que precisa melhorar, da necessidade de se adquirir novos conhecimentos, de desenvolver novas habilidades ou aptidões e mesmo esclarecer sobre atitudes inadequadas que precisam ser modificadas ou extintas. Segundo o autor, o “feedback”, seja positivo ou negativo, se torna mais eficaz quando aplicado no momento adequado.

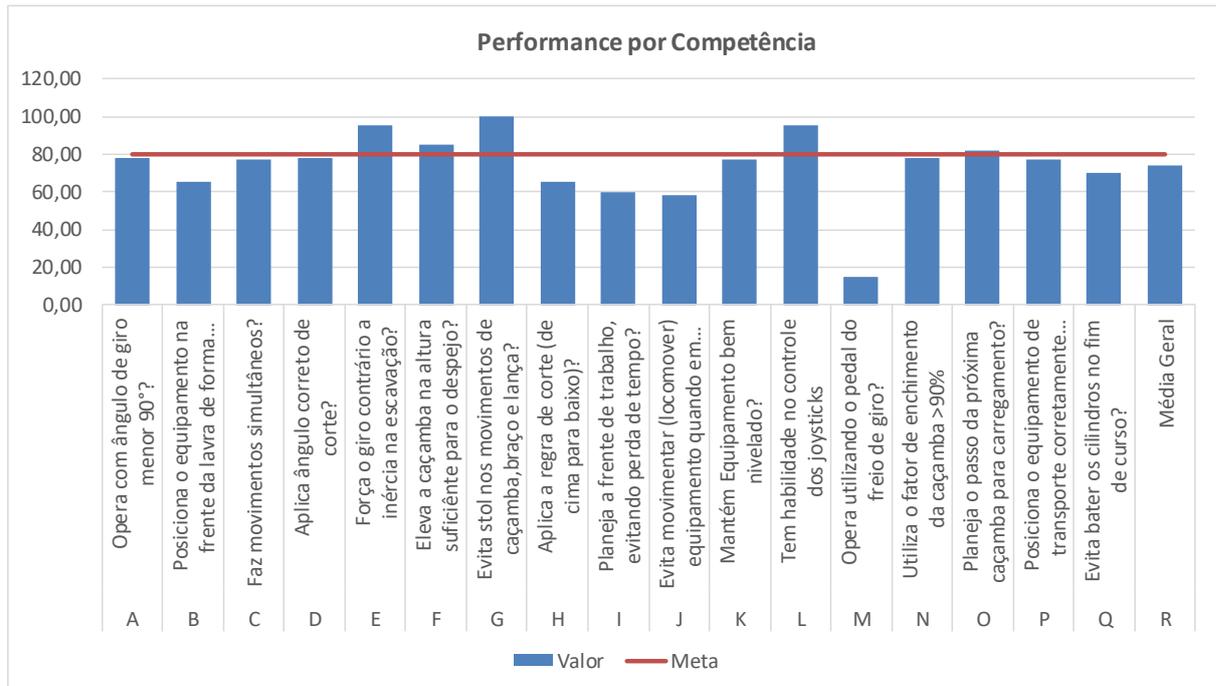
As avaliações teórica e de campo foram realizadas em todos os operadores e o resultado foi discutido “in loco” a cada operador, ou seja, “*feedback’s*” foram repassados a todos e os gaps identificados. É importante ressaltar que todo treinamento foi focado em desenvolver e melhorar habilidades e percepção de risco, visando o ganho de produtividade, mas sempre garantindo os princípios básicos de segurança.

Instrutores especialistas em operação de equipamentos de transporte e carga foram escolhidos e tiveram dedicação exclusiva ao acompanhamento dos treinamentos dos operadores durante o turno.

O Gráfico 8 mostra a distribuição da performance de um operador, ilustrando os resultados das competências operacionais e corte de 80% de meta.

Cada operador passou por reciclagem e ou treinamento direcionado ao seu maior “*gap*”, otimizando e acelerando o tempo de resposta e aprendizado.

Gráfico 8 - Distribuição da performance operador



Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

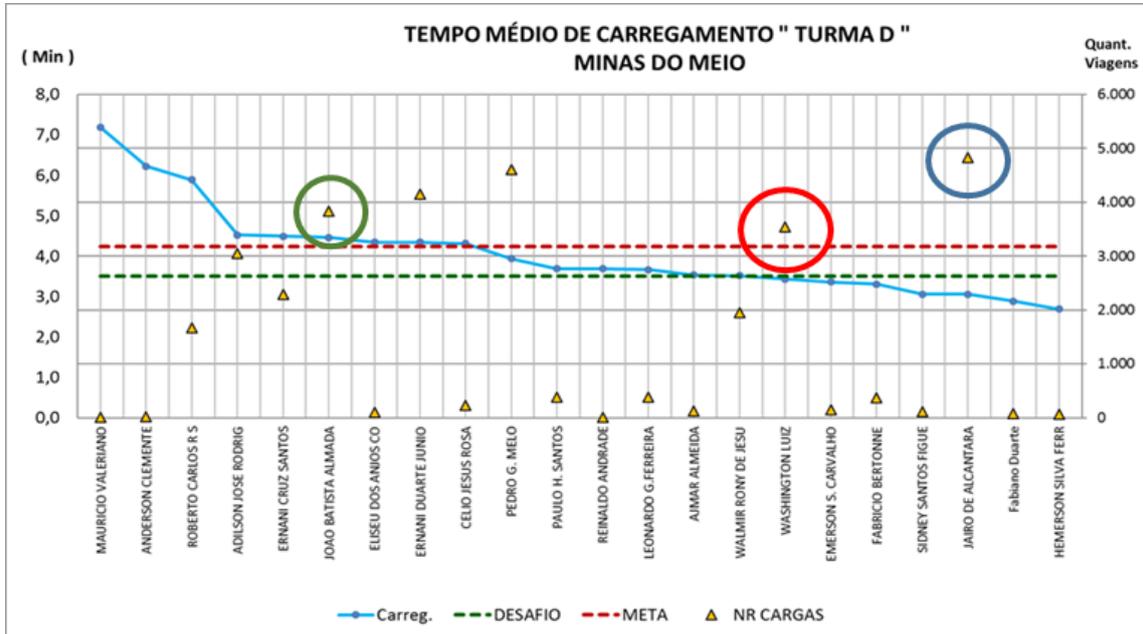
Pontos de Atenção foram destacados e ressaltados:

- ✓ Aplicar escavação de cima para baixo;
- ✓ Alarme de nível alto e PTO x ação correta;
- ✓ Utilização correta das câmeras de segurança;
- ✓ Uso da trava de segurança dos controles em qualquer parada do equipamento;
- ✓ Evitar ângulo de giro maior que 90 graus.
- ✓ Evitar batida de cilindro;
- ✓ Não usar sistema de giro e caçamba como vassoura;
- ✓ Sequência incorreta de passes;
- ✓ Melhorar fator de enchimento da caçamba para diminuir número de passes;

Outra forma de avaliar o desempenho dos operadores é a análise entre o número de carga e o tempo de execução da atividade. Em 2016 o operador vermelho (círculo vermelho) da letra D realizou cerca de 3500 cargas com um tempo médio de carregamento de 3,614 minutos. O operador verde (círculo verde) realizou 3900 cargas com o tempo de carregamento de 4,2 minutos. Já o operador azul (círculo azul) também da letra D realizou 4900 cargas com um tempo médio de carregamento de 3,34 minutos (Gráfico 9).

Esta forma de acompanhamento ilustra de maneira rápida quem mais precisa de atenção dos supervisores e reciclagens e treinamentos específicos dos instrutores.

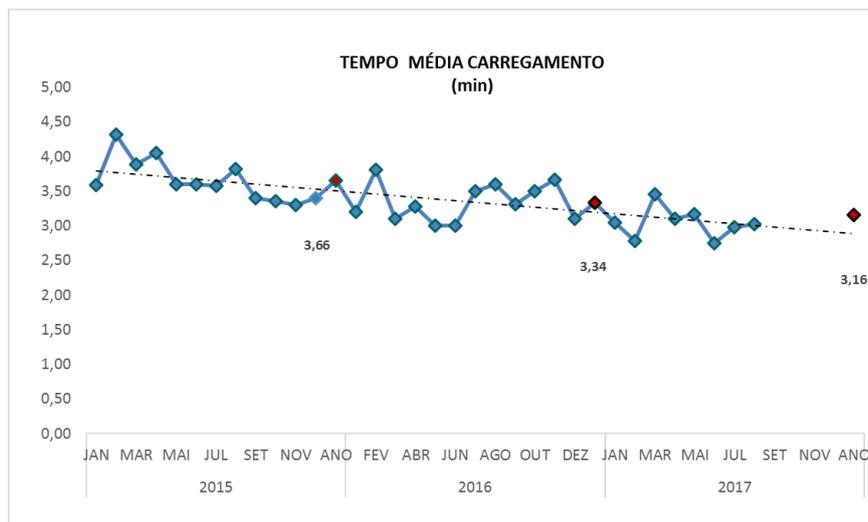
Gráfico 9 – Relação tempo de carregamento x número de carregamento



Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

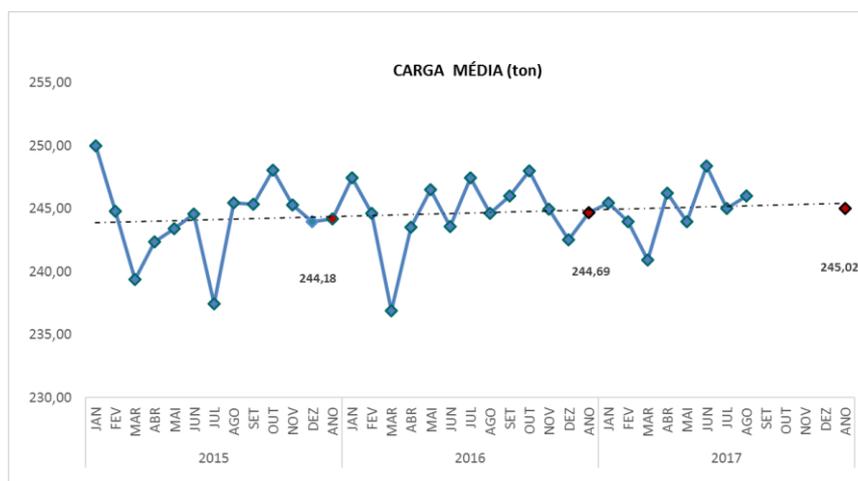
Os (gráficos 10 e 11) ilustram o desenvolvimento de um operador ao longo de 2015, 2016 e 2017, quando o tempo de carregamento se mostrou mais estável ao longo de 2016 a carga média com uma certa variação no meio do mesmo ano, mas as duas variáveis seguem processo de desenvolvimento favorável considerando o ano de 2017.

Gráfico 10 - Evolução Tempo de carregamento - Operador Escavadeira



Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

Gráfico 11 - Evolução Carga média - Operador Escavadeira



Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

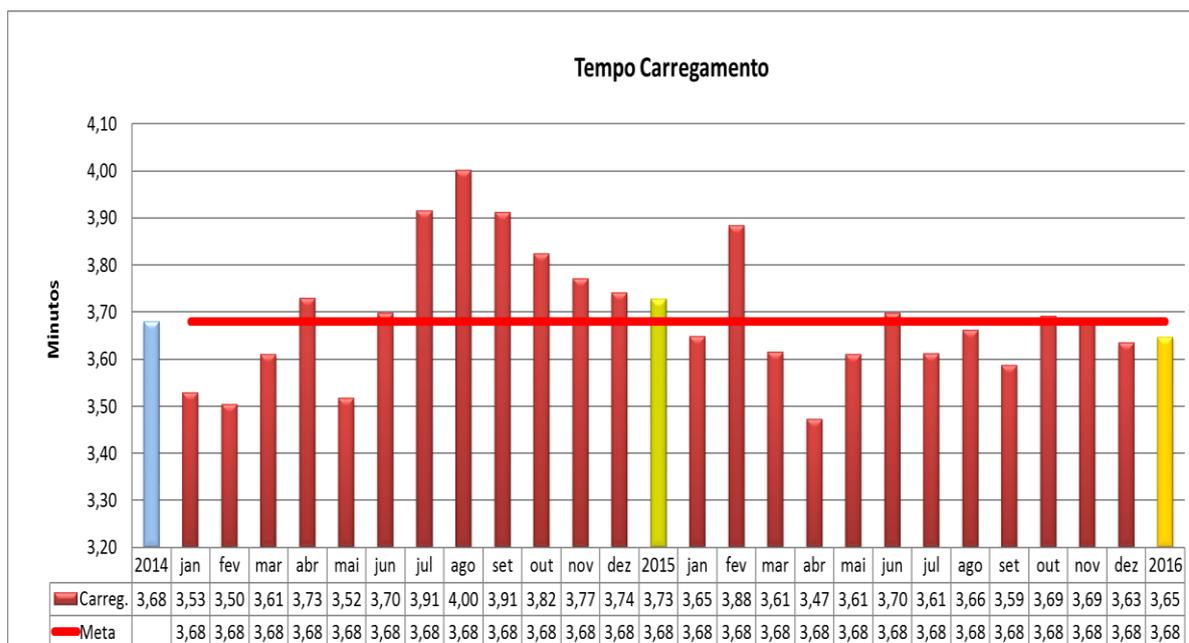
Com base nos indicadores do (Gráfico 10), tempo de carregamento médio, observa-se um decréscimo relevante. Já a carga média apresentou crescimento não muito expressivo, sendo 244,69 toneladas em 2016 e continuando num ritmo de 245,02 em setembro de 2017, como mostra o (Gráfico 11).

Mediante todas as ações planejadas e realizadas com o objetivo de minimizar o tempo de carregamento da frota de carregamento, a diminuição da razão de carga nos desmontes de algumas áreas da mina refletiu negativamente nos resultados deste processo em meados de 2015. Porém esta ação em particular foi um risco calculado e direcionado a algumas estratégias operacionais e pontuais.

Uma outra observação que precisa ser mencionada e que, também, influenciou e negativamente na performance do tempo de carregamento é a limitação dos parâmetros de velocidade e torque de algumas escavadeiras, que obrigam a diminuição de força de escavação e elevação no ato de escavar o material. Esta situação, em particular, segue direcionamentos e algumas decisões estratégicas.

Desta forma, levando em consideração estas duas limitações e todo processo de treinamento e reciclagem dos operadores, o tempo de carregamento demonstrou queda a partir do segundo semestre de 2015, mantendo-se estável ao longo de 2016 (Gráfico 12).

Gráfico 12 - Evolução do tempo de carregamento



Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

5.3 Desenvolvimento das ações implementadas no tempo de fila escavadeira

No início de 2015 se iniciou um trabalho em conjunto com a Modular Mining Systems, tendo o objetivo de verificar a efetividade e necessidade da modificação de algumas configurações (ajuste fino) e parâmetros e propor novas parametrizações.

Desde a última configuração, há cerca de 10 anos, a mina sofreu inúmeras mudanças tanto na geometria e perfil, quanto no tipo de material lavrado, o que reforça a necessidade de novas parametrizações no Sistema Dispatch®, que realiza toda otimização dos equipamentos.

Algumas recomendações de nova configuração do sistema irão auxiliar o sistema a responder de forma mais eficiente às mudanças de cenários que aconteceram e acontecem constantemente na rotina da mina, além de representar com maior fidelidade a realidade operacional.

A integridade dos dados é afetada pela integridade e assertividade das práticas do operador do equipamento, práticas do técnico do despacho, configuração de software, hardware e infraestrutura de comunicações. A falta de integridade dos dados pode indicar uma deficiência em uma ou mais destas práticas. Alguns problemas que

foram encontrados apontam para questões de manutenção do sistema, treinamento e reciclagem dos despachantes e operadores.

A Tabela 10 mostra um apanhado de algumas situações referentes a todo o ciclo de produção dos equipamentos e dá uma ideia de como está a integridade dos dados separadamente. O alvo a ser atingido está relacionado com os parâmetros que consideramos ideais para minas a céu aberto.

Tabela 10 - Matriz de integridade de dados

Estágio	Componente do Tempo do Ciclo	Início	Fim	Gatilho	Integridade do Dado Influenciado Por:	Métrica da Integridade do Dado	Atual	Alvo
1	Viagem Vazio	Destino no Depósito	Chegada na Escavadeira	Sinal da caçamba baixa pela interface de balança ou input do operador	Tendência do Operador	% duração de viagem vazio zerado	8,1%	5%
2	Manobra na Escavadeira	Chegada na Escavadeira	Primeira Caçambada	Chegada pelo GPS na Escavadeira ou Chegada Manual (se estiver em Fila)	Manutenção dos locais pelo Despachante	% manobra na escavadeira zerada	10,4%	5%
					Disponibilidade de GPS / Despachante	Beacons Perdidos/Número de Cargas	1,9	1.0
3	Fila na Escavadeira	Chegada na Escavadeira	Cheio do Caminhão da Frente	Chegada pelo GPS na Escavadeira	Tendência do Operador da Escavadeira	Excessão de "já está carregando"/Cargas	6,6%	3%
4	Carregamento	Primeira Caçambada	Cheio	Sinal da primeira caçambada baixa pela interface de balança ou input do operador	Tendência do Operador do Caminhão	% tempo de carregamento zerado	0,6%	5%
5	Viagem Cheio	Cheio	Chegada no Depósito	Operator pressionar botão ou footswitch	Tendência do Operador da Escavadeira	% duração de viagem cheio zerado	3,9%	5%
6	Manobra no Depósito /	Chegada no Basculo	Destino no Depósito	Chegada pelo GPS no Basculo	Disponibilidade do GPS	% tempo de basculamento zerado	5,7%	5%
						Carga manual (extraloads)	0,2%	0%

Fonte: Manual de treinamento Modular Mining Systems (2016)

Um dos maiores problemas encontrados (vermelho) na matriz está relacionado com informações de manobra com valores zerados na escavadeira, que representa um número bastante significativo (mais de 10% dos registros). Deve ser verificado o motivo pelo qual os operadores não reportam corretamente a manobra, ou deixam de apropriar no devido e correto momento.

A taxa de escavação atual do despacho leva em consideração o tempo de manobra:

$$\text{Tamanho do caminhão (tempo de carregamento + tempo de manobra)} \times 60 \quad (11)$$

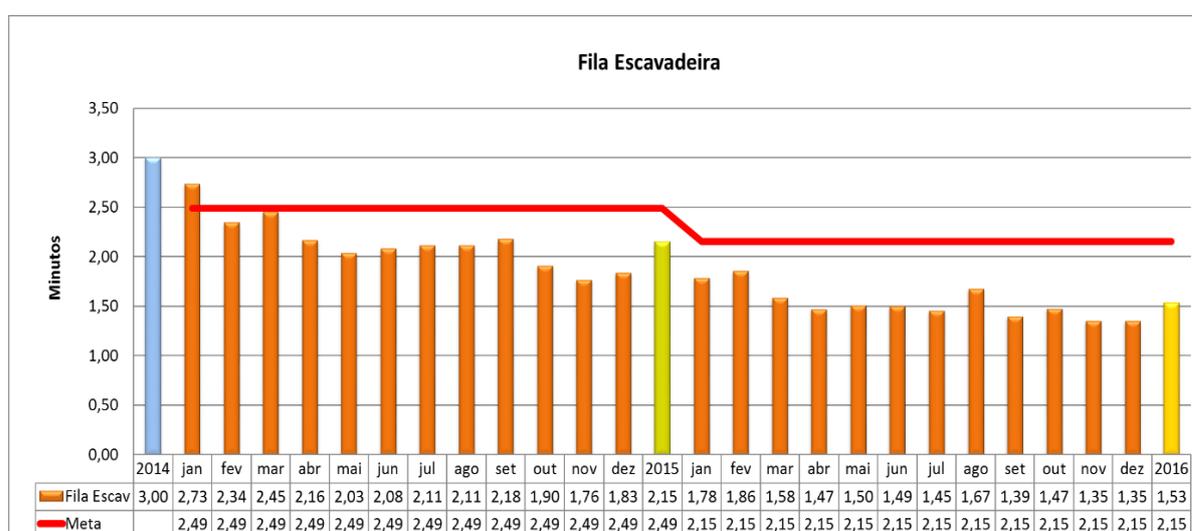
Ao se negligenciar este valor, o sistema entende que a taxa de escavação da máquina é superior ao que está acontecendo na realidade, causando sobrecarga na máquina e podendo acarretar em fila.

Outro problema que se pode verificar é a quantidade de exceções de caminhões que chegam para carregar, enquanto a máquina está carregando outro caminhão (6,6%).

Esta situação pode indicar problemas de apropriação dos operadores, perda de comunicação, falta de prática dos despachantes, entre outros. Este parâmetro pode estar relacionado com o número alto de viagens vazias zerados (8,1%).

Foi realizado um acompanhamento mensal para identificar como estão estes parâmetros e ter certeza que os dados que estão sendo cadastrados no sistema estão coerentes. Também, foi realizada uma estratificação por equipamento, frota, operador para saber quais os menos eficientes e definir as melhores oportunidades e formas de treinamento individualizado. Considerando as ações e direcionamentos, a fila na escavadeira demonstrou maior queda a partir do final do ano de 2015,

Gráfico 13 - Evolução do tempo fila escavadeira



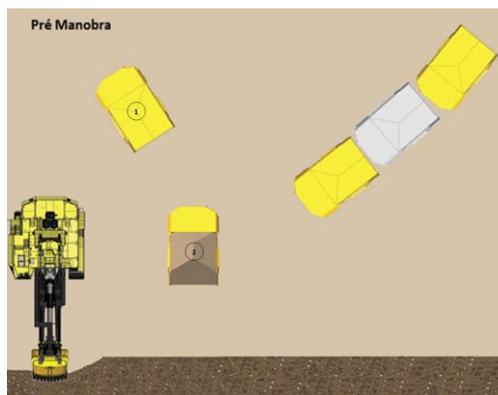
Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

5.4 Desenvolvimento das ações implementadas no tempo de manobra

O tempo de manobra é tempo gasto pelo caminhão para o adequado posicionamento perante o equipamento de carga, medido a partir da chegada do caminhão na praça de carregamento e é finalizado quando se inicia o processo de carregamento.

No passado a operação de pré-manobra era permitida para diminuir o tempo de manobra dos caminhões ao iniciar o carregamento, conforme (Figura 50).

Figura 50 - Pré-manobra



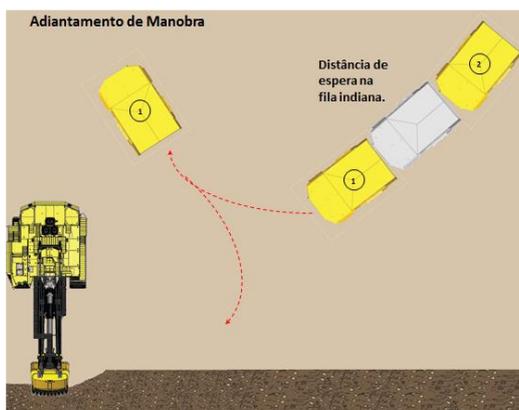
Fonte: Manual instrução Vale S.A.

Conforme ilustração, a pré-manobra consiste no caminhão (1) ficar aguardando para iniciar carregamento, enquanto o caminhão (2) está sendo carregado. Essa operação tem o intuito de iniciar mais rápida a carga do caminhão (1) e assim não ter perda de tempo na troca dos caminhões.

Porém, por questões de segurança, esta operação foi proibida, após acidentes envolvendo os caminhões que saíam do carregamento e os que iniciavam a manobra de carga. De forma a minimizar este tempo sem penalizar a segurança operacional, foi criado e nominado o “adiantamento de manobra”, conforme ilustração (Figura 51).

No adiamento de manobra, o caminhão (1) inicia a manobra, quando a máquina de carga libera o que estava carregando e gira para frente de lavra para encher a caçamba de material. Nesse momento, o caminhão (1) para no ponto (fora do raio de giro), que dá para o operador visualizar a escavadeira pelo retrovisor ou pela janela da porta do lado esquerdo.

Figura 51 - Adiantamento de manobra



Fonte: Manual instrução Vale S.A.

Quando a máquina de carga enche a caçamba e começa o giro, o caminhão inicia a manobra para encostar, seguindo os pontos de referência da escavadeira. Os

caminhões, aguardando na fila, precisam manter a distância de 15m de frente para o caminhão que estiver sendo carregado e 10m na fila indiana, ou seja, como referência a distância aproximada de um caminhão 793.

É importante diferenciar a atividade de acerto de praça para a limpeza de praça. O serviço de acerto de praça é mais complexo, pois é necessário um tempo maior nesta tarefa onde serão feitos nivelamentos, correções no piso com a necessidade de material de forragem, direcionamento e correção da drenagem da praça, o que reflete numa abrangência de uma área de serviço maior do que apenas o encosto de caminhões.

Já a limpeza de praça, o tempo necessário é menor do que 1min (minuto) e o foco da limpeza é o encosto de caminhões com no máximo de 3 laminadas para execução da tarefa.

Em relação aos procedimentos de segurança, obrigatoriamente continuam o mesmo. Quando for solicitado para acerto de praça da escavadeira, ficar sempre fora da área de manobra dos caminhões, obedecendo à placa de limite, e observando o ponto cego (lado direito) dos operadores de caminhões.

Caso não haja a placa restringindo a entrada, manter a distância mínima de 75 metros da escavadeira, local suficiente para manobra dos caminhões.

Para entrar na área de manobra, é obrigatório solicitar autorização via rádio ao escavadeirista e somente iniciar o acerto de praça, quando o operador da escavadeira posicionar a caçamba no solo e, durante a atividade de acerto, manter a distância mínima de 03 metros da escavadeira.

O procedimento de manutenção de praça de escavadeiras foi revisado, permitindo o melhor aproveitamento do tempo apto da escavadeira. Com o novo procedimento o supervisor pode planejar alternativas para evitar perda de tempo e o trator de pneus usa no máximo três laminadas para realizar a limpeza.

Outra ação incluída na rotina operacional, durante a reciclagem e treinamentos dos operadores, foi a inserção do ponto de referência na lança da escavadeira para facilitar a manobra dos caminhões (Figura 52).

Figura 52 - Referência no carregamento



Fonte: Acervo fotografias Vale – 2015

Outra ação proposta para diminuir o tempo de manobra foi a criação de padrões e condições mínimas para a operação em carregamento para dois lados, sempre que possível com foco no incremento de produtividade (Figura 53).

O carregamento realizado pelo lado direito possibilita plena visão da atividade pelo operador da escavadeira, durante a manobra do caminhão. Já o operador do caminhão não tem visão da máquina, encostando somente pela referência das unhas da caçamba e retrovisor do lado direito.

Posicionamento da cabine da escavadeira facilita a visualização do operador da escavadeira para manobra do caminhão, porém o operador do caminhão não é favorecido. Neste momento, ele utiliza o retrovisor do lado direito para visualizar a referência do encosto, tendo maior dificuldade devido às distorções relacionadas ao campo de visão e profundidade.

O carregamento realizado pelo lado esquerdo possibilita plena visão da atividade pelo operador do caminhão, durante a manobra. Já o operador da escavadeira não tem visão do caminhão principalmente durante a aproximação no fim da manobra.

O posicionamento da cabine da escavadeira não facilita a visualização do operador para manobra do caminhão, porém o operador do caminhão é favorecido neste momento.

As escavadeiras deverão ter, em sua parte traseira, uma referência, para que o operador do caminhão possa manobrar, mantendo uma distância de segurança. A praça deverá ter no mínimo 50 a 55 metros de largura.

Figura 53 - Carregamento 2 lados



Fonte: Acervo fotografias Vale – 2016

Os caminhões deverão estar a 90° da face do talude. A esteira da máquina deverá preferencialmente ficar a 90° com relação à face talude. Manter os retrovisores e janelas da escavadeira e caminhões sempre limpos.

Os cabos de alimentação da escavadeira deverão estar alinhados, sinalizados e sobre uma pequena leira. Os painéis elétricos deverão ser sinalizados e protegidos contra colisão de equipamentos.

A utilização de postes em substituição ao trapézio é viável. A proposta é que se mantenha o acesso à escavadeira com largura mínima de praça de 64m e máxima de 80m.

Os postes deverão ter altura mínima de 20m para cada via de mão única, após a passagem da rede aérea, considerando a altura do caminhão com a balsa levantada de 15,70m.

Semelhante ao carregamento dos dois lados realizado pelas escavadeiras, também foi desenvolvido o carregamento sequencial realizado pelas carregadeiras sob rodas nas frentes de lavra (Figura 54).

A ideia deste procedimento é a antecipação das manobras dos caminhões fora de estrada, nas praças das carregadeiras de forma sequencial.

A distância entre os caminhões será de aproximadamente 8m (largura de um caminhão 793), estacionados para receber carga. Área suficiente para manobra do caminhão, de modo que o caminhão que está sendo carregado fique visível para o executante da manobra.

Figura 54 - Distância entre pá carregadeira para carregamento sequencial



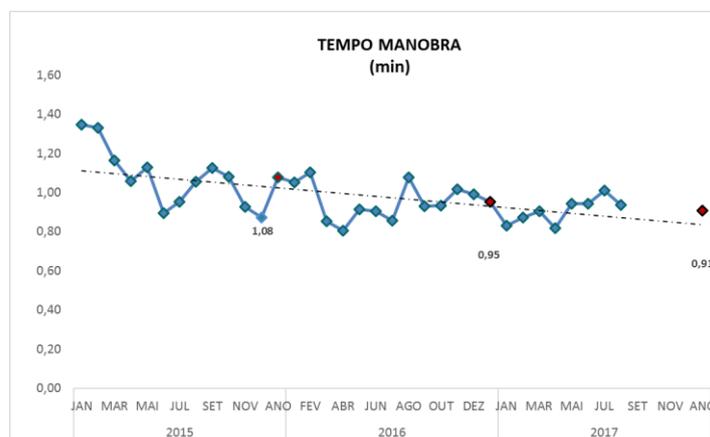
Fonte: Acervo fotografias Vale – 2016

Caso já exista um caminhão sendo carregado, os próximos caminhões designados a este destino não poderão adentrar na área de recuo da carregadeira, no ato da manobra de carregamento do caminhão.

É importante ressaltar que a referência de posicionamento do caminhão já parado no ato de carregamento, não deverá ultrapassar o alinhamento entre as cabines dos caminhões, e quando não houver mais espaço suficiente para carregamento sequencial, o próximo caminhão designado para este destino deverá aguardar em fila o reposicionamento da carregadeira.

O (Gráfico 14) mostra um exemplo da evolução do tempo de manobra de um operador de caminhão que vem se destacando desde o início dos treinamentos, sendo realmente o protagonista de seu desenvolvimento.

Gráfico 14 - Evolução tempo de manobra – Operador Transporte



Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

Com base nos indicadores do (Gráfico 14), tempo de manobra, observa-se um decréscimo relevante, cerca de 15,74%.

Apesar dos valores alcançados ao longo de 2015 ficarem abaixo da meta estipulada, foi em 2016 que realmente os resultados alcançados tiveram uma certa sustentabilidade.

Os desvios mensais dos resultados do tempo de manobra se comportam de maneira muito pequena, o que se pode entender é que as mudanças dos procedimentos operacionais foram assimilados e se tornaram parte da rotina.

É importante ressaltar que tanto o carregamento dos dois lados realizados pelas escavadeiras, quanto o carregamento sequencial pelas pás são efetivamente realizados de acordo com a demanda e necessidade. Porém as praças de carregamento estão frequentemente preparadas para utilização deste procedimento.

Já o adiantamento da manobra faz parte da rotina do processo de carregamento dos caminhões, todo operador utiliza deste novo procedimento como ferramenta de otimizar o tempo de manobra.

5.5 Desenvolvimento das ações implementadas no tempo fila de básculo

A fila no básculo representa a fila nos britadores primários e a fila nos depósitos de estéril. Nos britadores, as filas deixam de estar totalmente sob a gestão dos supervisores e despachantes por ter interferência direta com a sala de controle da usina.

Geralmente, tem-se que assumir alguns caminhões na fila da britagem de forma a garantir a continuidade da alimentação dos britadores.

Nos depósitos de estéril, os supervisores e despachantes podem e devem ter total autonomia no gerenciamento da frota, analisando frequentemente a chegada, manobra, espera e básculo dos caminhões nos pontos de descarga nos depósitos.

Uma nova prática de basculamento, que reduz a distância de basculamento da crista de 10 para 5 metros a altura da bancada de avanço do PDE, prevê a redução de tempo de basculamento dos caminhões.

Para a realização deste novo procedimento, foram adotados os seguintes critérios e premissas para as análises de estabilidade dos taludes da área:

- ✓ Os materiais que compõem o perfil geotécnico dos taludes representativos; para os estéreis gerados no processo de lavra;
- ✓ Ruptura global do talude do tipo circular;

- ✓ Taludes não saturados;

Para determinação da condição de Segurança durante os basculamentos foram realizadas análises de estabilidade em seções típicas representativas, representando taludes de 5,0 e 10,0 metros de altura, para cada tipo de caminhão que pode bascular nas pilhas com ângulos de face de 36° conforme geometria apresentada na condição de repouso. As análises foram realizadas considerando a influência da sobrecarga dos caminhões (fora de estrada) na estabilidade dos taludes, em função das distancias (D) da crista e altura do Banco (H),

Além da redução do custo por hora trabalhada do trator de esteira, minimização de riscos de bater contra (caminhão x trator), redução do risco de queda de banco de caminhão devido à falta de referência e a otimizando o processo operacional do trator de esteira, visando o aumento de produtividade com a diminuição dos tempos de báculo.

Figura 55 – Basculamento em banco 5 metros



Fonte: Acervo fotografias Vale – 2016

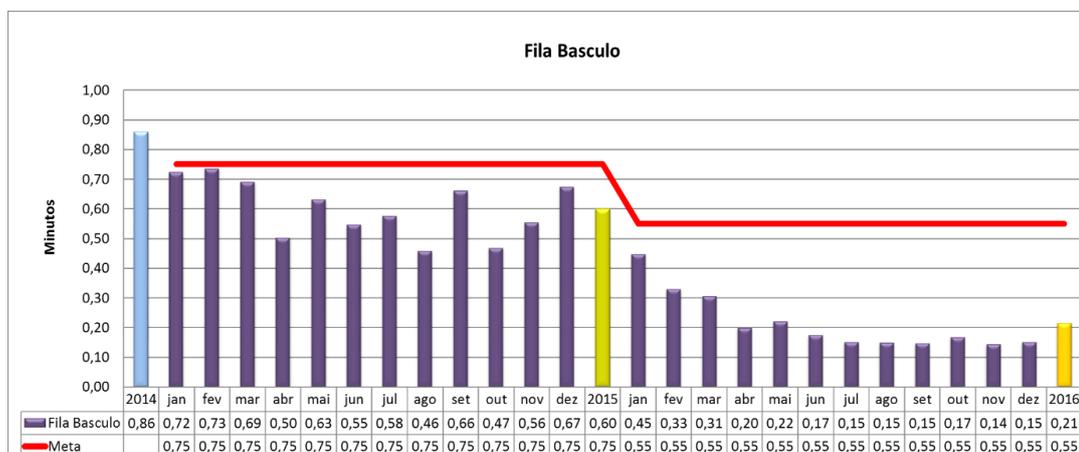
De uma maneira geral, as pilhas que são formadas no Complexo Itabira possuem ângulo de repouso em torno de 36° . Este ângulo não representa uma minoria dos estéreis como os filitos e quartizitos/itabiritos contaminados com manganês.

Ao se trabalhar com a altura do banco de 5 metros, pode-se aproximar mais da crista do banco com segurança para a realização da descarga do estéril, além de

ganhos teóricos em aumento de produtividade e redução de consumo de diesel dos tratores de esteira e caminhões.

O tempo de básculo e fila de básculo foi otimizado de forma que o caminhão manobre, faça posicionamento e descarregue a carga sem perda adicional de tempo. O (Gráfico 15) ilustra a evolução do tempo de fila de básculo.

Gráfico 15 - Evolução do tempo de fila básculo



Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

5.6 Desenvolvimento das ações implementadas no tempo básculo

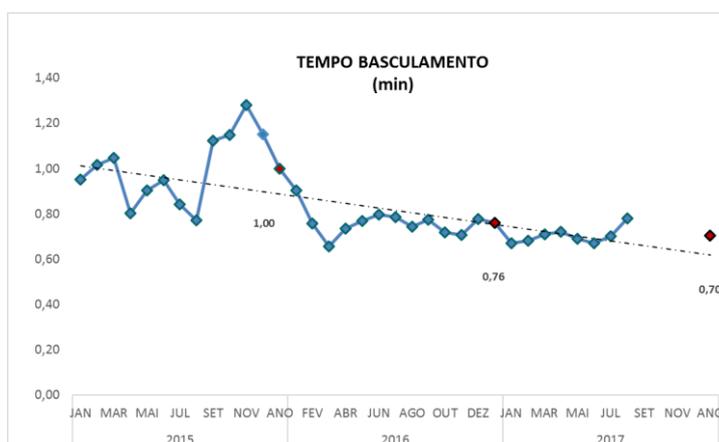
O cálculo do tempo de basculamento no depósito é uma média variável da diferença entre o momento da chegada do caminhão no depósito, até o momento em que ele pede destino.

São configurados os limites máximos e mínimos para este valor, que servem como parâmetros para o cálculo do tempo ocioso no depósito.

Depois da implementação do banco de 5 metros, quando a fila no básculo teve uma redução significativa, o tempo de básculo vem se comportando de forma semelhante (Gráfico 16).

O tempo de descarga é provavelmente um dos componentes de tempo de ciclo menos acompanhado no ciclo operacional, pois, no que se refere aos britadores, são geralmente os únicos pontos de basculamento “autorizados” a receber tantos caminhões como exigidos pela taxa horária de produção dos britadores.

Gráfico 16 - Evolução Tempo de basculamento – Operador Transporte



Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

Com base nos indicadores do (Gráfico 16), tempo de basculamento, observa-se um decréscimo relevante, cerca de 30%, no período de 2015 a 2017.

O cálculo se dá da mesma forma que o tempo de basculamento nos depósitos, porém, quando o local é um britador, o limite máximo para o tempo de basculo é previamente definido “*crush dump time*”. Tudo que estiver acima deste valor é considerado como tempo ocioso.

5.7 Ações implementadas excesso de carga acima de 274 t

Durante os trabalhos de aumento de produtividade, também foram realizadas algumas iniciativas para maximização da carga média. Porém o percentual de “sobrecarga” (cargas acima de 274 toneladas) começou a refletir negativamente com o aparecimento de trincas nos chassis dos caminhões, perda prematura de pneus e aumento de horas paradas por TKPH (aguardando resfriamento de pneus).

Desta forma, para iniciar os trabalhos de redução de “sobrecarga”, foram realizados diagnósticos entre as equipes identificando os operadores/equipamentos que tiveram maior desvio e percentual de “sobrecarga”.

Reduziu-se o valor máximo de carga aceitável de 274 t para 264 t, sendo que as “sobrecargas” passariam a valores superiores a 265 t.

É importante ressaltar que a premissa principal deste trabalho é não influenciar negativamente a carga média. Ou seja, todas as ações a serem estudadas e implementadas não poderiam causar a queda da carga média da frota de transporte.

Durante cerca de 2 meses, todos os operadores e despachantes foram treinados e reciclados nesta nova diretriz, com constantes monitoramentos e intervenções operacionais. Relatórios turno a turno foram disponibilizados para os supervisores e respectivos operadores, ilustrando e identificando a evolução da implementação.

A partir de abril/maio de 2016 os resultados das ações implementadas começaram a gerar ganhos no tempo fixo, principalmente na fila escavadeira e tempo de básculo e tempo na fila de básculo (Gráfico 17).

Além dos números de horas paradas para resfriamento de pneus por TKPH terem diminuído drasticamente, houve um reflexo muito positivo que foi o aumento na velocidade carregado da frota de transporte, sem penalizar a carga média como foi definida no início dos trabalhos.

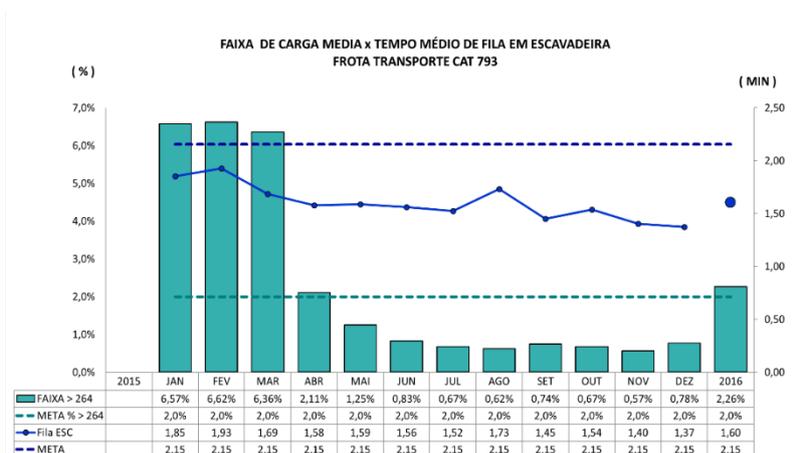
Um efeito colateral que influenciou negativamente o processo de redução do limite de “sobrecarga” para 264 t, foi o aumento do percentual de “sub-cargas”, aquelas denominadas abaixo de 230 t.

Durante os meses de maio a agosto, foi refeito todo treinamento e reciclagem com todos os operadores, porém com foco nas cargas abaixo de 230 toneladas.

Com a redução das cargas acima de 264 t, os resultados dos tempos de fila de basculamento e tempo de basculamento reduziram significativamente.

O mesmo refletiu no tempo de fila na escavadeira, pois os operadores não mais tinham como meta a carga máxima gerando alto percentual de “sobrecarga” e sim a maior carga operacional exequível.

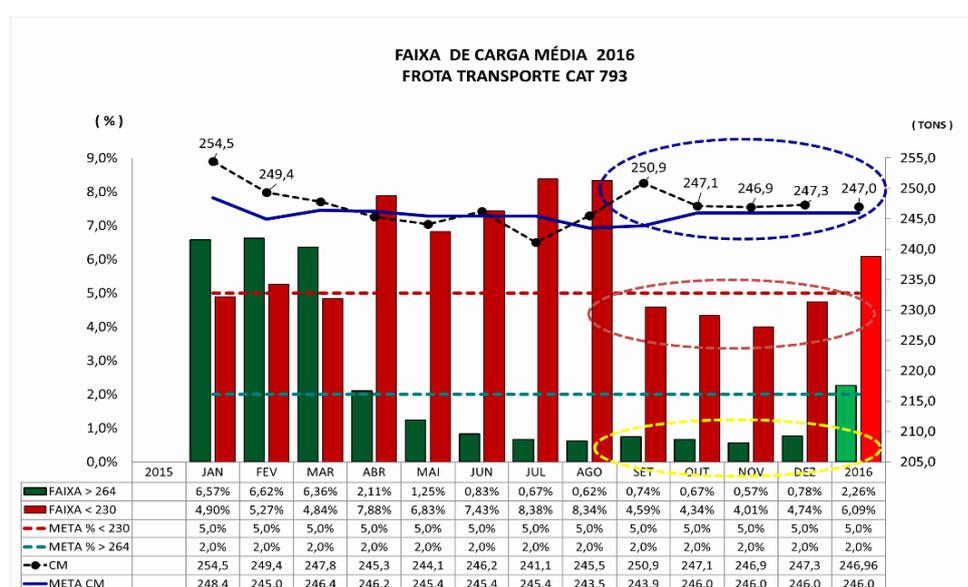
Gráfico 17 - Evolução tempo fila escavadeira x faixas de carga média



Nestes meses a carga média da frota de transporte, também sofreu esta influência, tendo uma queda de cerca de 3 a 4 toneladas.

Depois de todas as ações e monitoramentos finalizados e implementados, manteve-se o percentual de cargas acima de 264 toneladas abaixo da meta de 2%, reduziu-se o percentual de cargas abaixo de 230 toneladas abaixo da meta de 5% e retomaram-se os valores de carga média no patamar acima de 245 toneladas (Gráfico 18).

Gráfico 18 - Evolução carga média x faixa carga média



Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

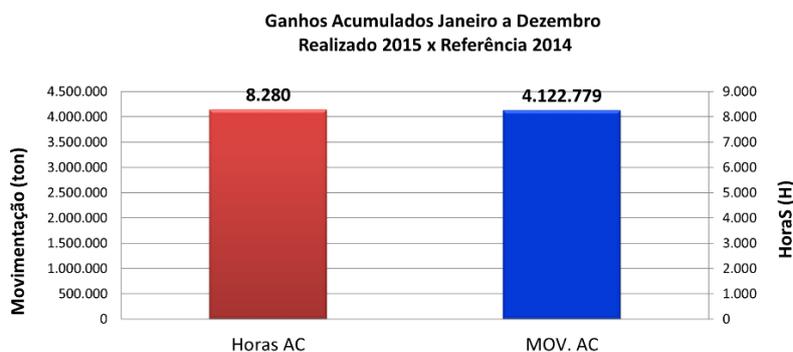
5.8 Resultados obtidos nos tempos fixos

Durante os anos de 2015 e 2016, diversas ações foram implementadas nas diferentes variáveis que compõem os tempos fixos, das quais destacam-se os treinamentos, reciclagens e aperfeiçoamento da equipe de operadores de carga e transporte, implementação de sistema de gerenciamento dos indicadores operacionais dos operadores, despachantes e supervisores com itens de verificação e controle do turno, dia e mês.

Mudanças e adequações nos procedimentos operacionais de forma a otimizar o processo, também teve sua parcela no desenvolvimento dos trabalhos. Além da auditoria e validação do banco de dados do sistema de gerenciamento de frota, treinamento e operação assistida da equipe dos despachantes.

Foi alcançado uma otimização de 8.280 horas na frota de transporte, que representa cerca de 4.122.779 de toneladas não movimentadas, gerando uma economia real de R\$ 3.891.818,00 ao longo de 2015 (Gráfico 19). É importante lembrar que esta evolução foi equacionada em relação aos valores executados em 2014.

Gráfico 19 - Ganhos em 2015

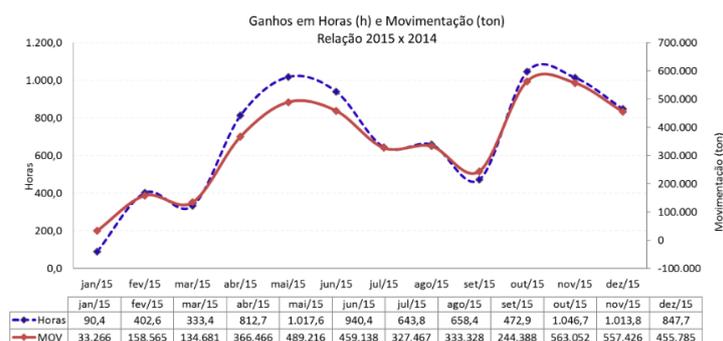


Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

A redução das horas trabalhadas é calculada, considerando a diferença do valor realizado em 2015 pelo valor referência 2014, multiplicado pelo número de todas as cargas transportadas pela frota em 2015 (Gráfico 20). Observa-se o comportamento e evolução mês a mês da movimentação e redução de horas trabalhadas mediante as ações implementadas.

O ganho na movimentação é o produto das horas reduzidas pela produtividade horária realizada mês a mês da frota de transporte. Já a redução do gasto, é o produto destas mesmas horas com o custo horário da frota de transporte (470 reais/h)

Gráfico 20 - Evolução mensal dos ganhos em 2015 x referência 2014



Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

A flutuação e variação dos valores alcançados, ao longo dos meses, têm influência direta nas ações implementadas e o real peso das diferentes parcelas do tempo fixo. Ao longo de 2016, uma otimização de 15.307 horas na frota de transporte, o que representa cerca de 8.582.030 de toneladas não movimentadas, gerou economia real de 7.253.322 reais..

É importante ressaltar que esta evolução foi equacionada em relação aos valores executados em 2015, seguindo a metodologia do ano anterior (Gráfico 21).

Gráfico 21 - Ganhos em 2016

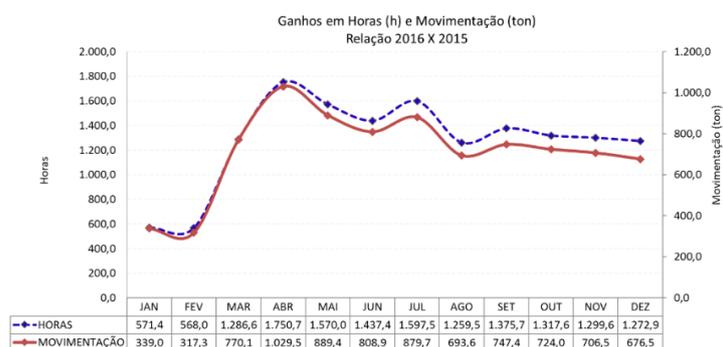


Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

No (Gráfico 22) observa-se o comportamento e evolução mês a mês da movimentação e redução de horas trabalhadas mediante as ações implementadas. O ganho na redução das horas trabalhadas é estimada, considerando-se a diferença do valor realizado em 2016 pelo valor referência de 2015, multiplicado pelo número de todas as cargas transportadas pela frota em 2016.

O ganho na movimentação é o produto do resultado das horas reduzidas pela produtividade horária realizada mês a mês da frota de transporte. Já a redução do gasto, é o produto destas mesmas horas com o custo horário da frota de transporte (472 reais/h). Aumento de 2 reais em relação ao ano anterior.

Gráfico 22- Evolução mensal dos ganhos em 2016



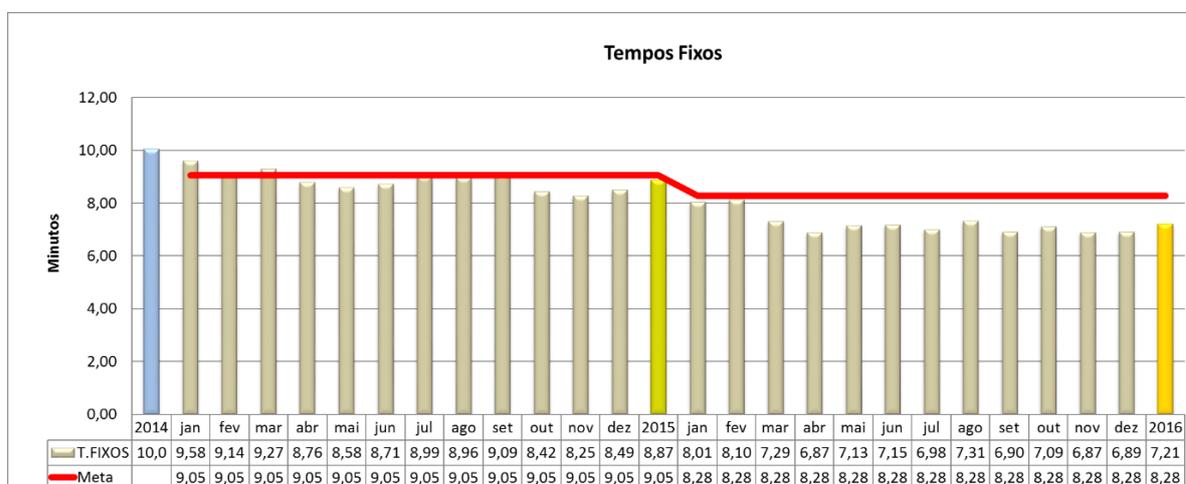
Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

Ao longo dos anos 2015 e 2016, foram desenvolvidas e mantidas as ações de controle e verificação quando o monitoramento dos resultados demonstram evolução e certa sustentabilidade ao longo dos meses.

Em 2017, continuamos mantendo o mesmo foco na otimização dos recursos e redução dos tempos fixos.

Abaixo segue (Gráfico 23) com a evolução mensal e fechamento anual do valor global dos tempos fixos, quando podemos observar que as duas metas anuais foram alcançadas e, em particular, 2016 conseguimos um maior ganho em relação a meta.

Gráfico 23 - Evolução dos tempos fixos 2015 e 2016



Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

De forma detalhada os principais fatores que influenciam os tempos fixos e seus impactos na produtividade da frota de transporte foram analisados e estudados. Algumas adequações nas rotinas operacionais e seus respectivos procedimentos foram efetuadas, principalmente depois da observação, identificação e correção das interferências físicas e estruturais na mina.

Foi criado e adequado o modelo de gestão de processo e de pessoas, como, por exemplo a diminuição da altura do banco de avanço da pilha de estéril, adequações nas praças de carregamento, raio de curvatura e sobre-elevação, correção de largura e drenagem de pista, auditoria no sistema de apropriação de tempos, ranking supervisão e despachantes, sistema de avaliação e controle de indicadores de performance dos operadores, dentre outras.

Após definição e padronização, os novos procedimentos foram revisados com as respectivas alterações e adequações e todos os operadores passaram por reciclagem e treinamento.

Uma metodologia de controle e verificação das parcelas de tempo fixo, carga média por fração e velocidade média separadas foi desenvolvida e implementada para toda gerência, separada por supervisão, despachantes e discriminada por operador. Ou seja, hoje temos condições de acompanhar a performance individual de todos os envolvidos na rotina operacional, oferecer “inputs” e sugestões para cada supervisor e auxiliar no desenvolvimento de seus respectivos operadores.

A evolução de cada parcela dos tempos fixos em 2016 é suportada pelo amadurecimento das ações implementadas, ao longo dos meses de 2015, principalmente no que se refere à evolução da performance dos operadores, melhora da qualidade dos serviços de lavra e terraplenagem de mina e melhora no acompanhamento dos controles operacionais aos supervisores, despachantes e para todos os operadores.

O envolvimento da equipe de instrutores interno Vale e instrutores/consultores Komatsu e Carterpillar, também teve grande contribuição e valia neste processo de aprendizado e desenvolvimento.

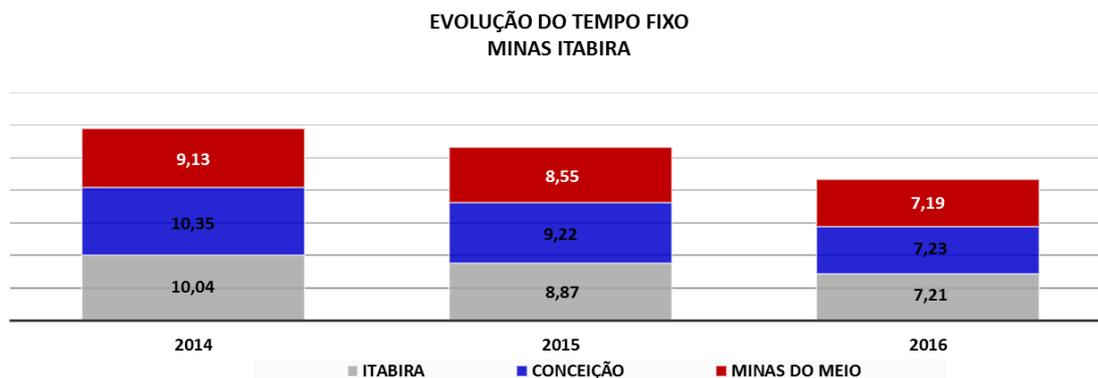
A verificação e auditoria do banco de dados do sistema de despacho eletrônico, aderência das apropriações realizada pela Modular Mining Systems, também contribuíram para a evolução dos resultados.

Durante a evolução dos trabalhos, conseguimos reduzir cerca de 11,6% do tempo fixo total em 2015 em relação a 2014 e 18,7% em 2016 em relação ao tempo realizado em 2015.

O (Gráfico 24) representa e ilustra a evolução da redução em minutos dos tempos fixos, considerando Itabira como um todo e as minas de Conceição e Minas do Meio respectivamente.

Na evolução dos trabalhos, foi possível reduzir cerca de 11,6% do tempo fixo total em 2015 em relação a 2014 e 18,7% em 2016 em relação ao tempo realizado em 2015 ambos no Complexo Itabira.

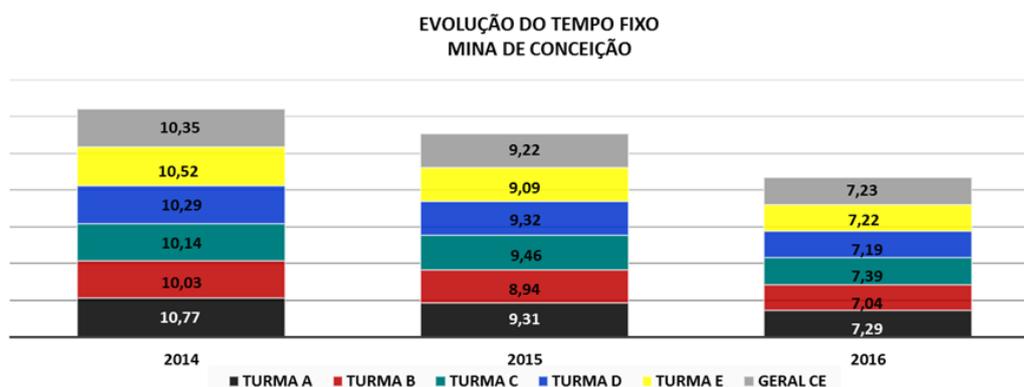
Gráfico 24 – Ganhos dos tempos fixos por Mina



Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

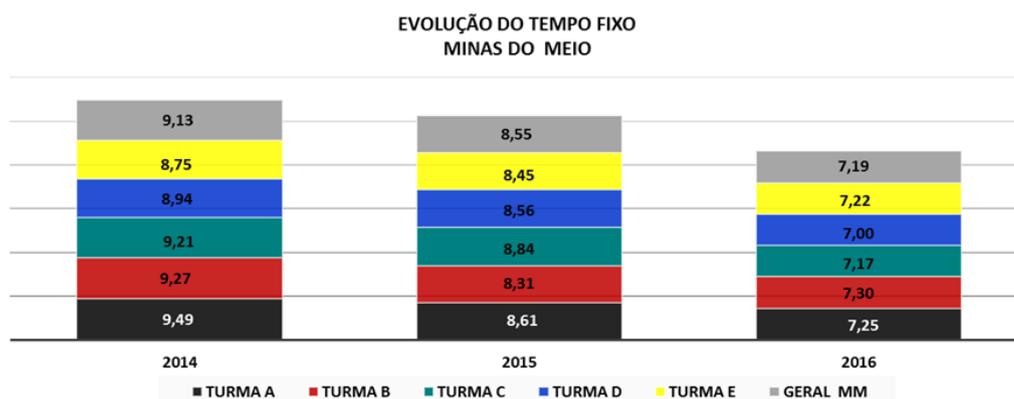
Já os (Gráficos 25 e 26) representam e ilustram a evolução da redução em minutos dos tempos fixos em cada mina (Mina Conceição e Minas do Meio) e distribuída por letra / supervisão de atuação.

Gráfico 25 - Ganhos dos tempos fixos Mina Conceição por Turma



Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

Gráfico 26- Ganhos dos tempos fixos Minas do Meio por Turma



Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

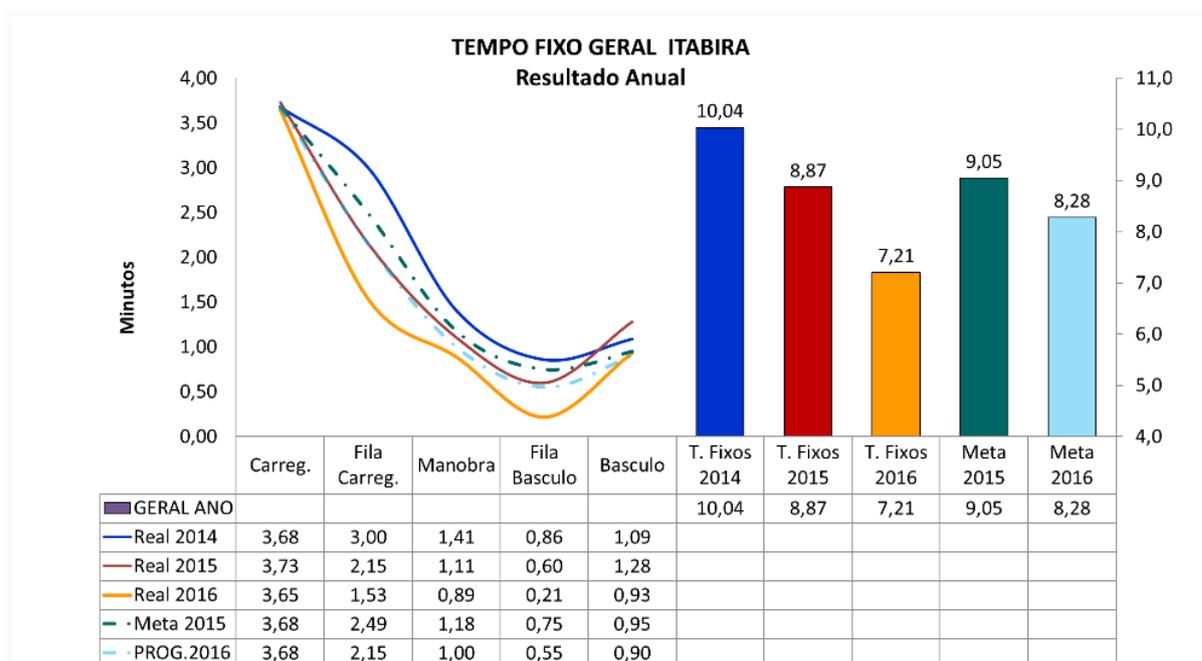
Observar-se a evolução dos tempos fixos nas diferentes turmas das duas minas, Conceição e Minas do Meio, respectivamente. Na mina de Conceição, houve uma diminuição de 21,58% no tempo fixo de 2015 para 2016. Em Minas do Meio, diminuição de 15,9% no mesmo período.

No (Gráfico 27), podemos observar as curvas anuais, discriminando cada variável que representa os tempos fixos, bem como sua evolução, e o valor do fechamento anual. É importante ressaltar que nos dois anos (2015 e 2016) as metas propostas foram superadas, demonstrando considerável sustentabilidade nas ações e direcionamentos.

Tal afirmação pode ser constatada com o contínuo trabalho de redução dos tempos fixos ao longo de 2017.

Já passados praticamente 10 meses, existe uma grande possibilidade de fecharmos o ano de 2017 com o tempo fixo de 7,02 minutos, o que representa, se comparado com o resultado de 2016, cerca de 2,6% de redução em minutos dos tempos fixos.

Gráfico 27 - Evolução dos tempos fixos 2015 e 2016 e respectivas parcelas de influencia

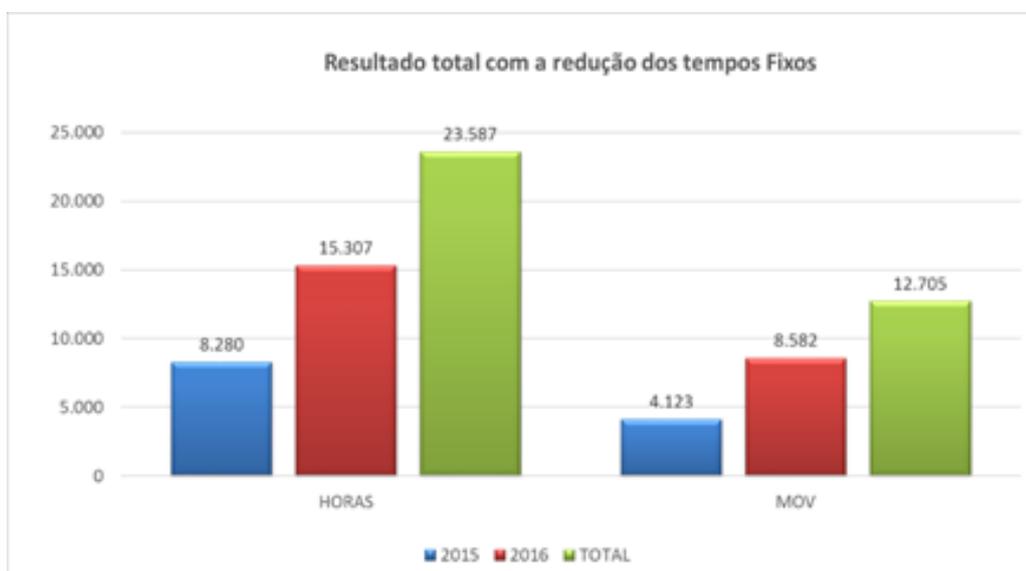


Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

No (Gráfico 28), é possível observar ganho de cerca de 23.500 horas na frota de transporte, o que representa um aumento de cerca de 12.700.000 toneladas na

movimentação total da mina, o que mais precisamente seria uma economia de cerca de 11 milhões de reais no orçamento dos dois anos.

Gráfico 28 - Ganhos em horas e movimentação total com a redução dos tempos fixos



Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

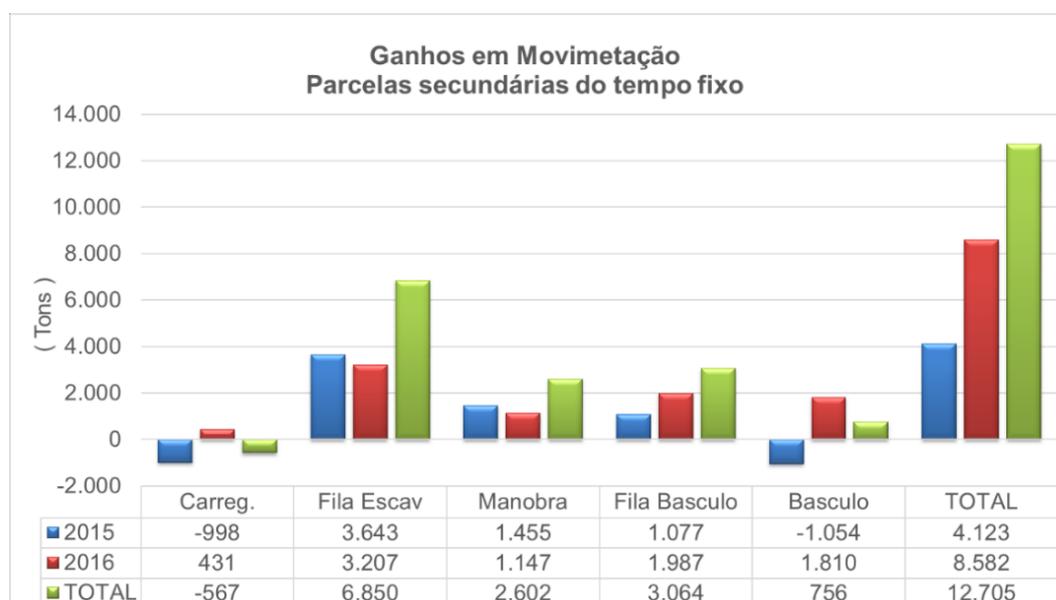
Detalhando os ganhos obtidos ao longo dos dois anos, os (Gráficos 29 e 30) ilustram de maneira discriminada os valores alcançados de cada parcela dos tempos fixos, considerando ganhos em horas e em movimentação.

Gráfico 29 - Ganhos em horas totais com a redução das parcelas dos tempos fixos



Fonte: Vale S.A – relatório Interno

Gráfico 30 - Ganhos em movimentação total com a redução das parcelas dos tempos fixos



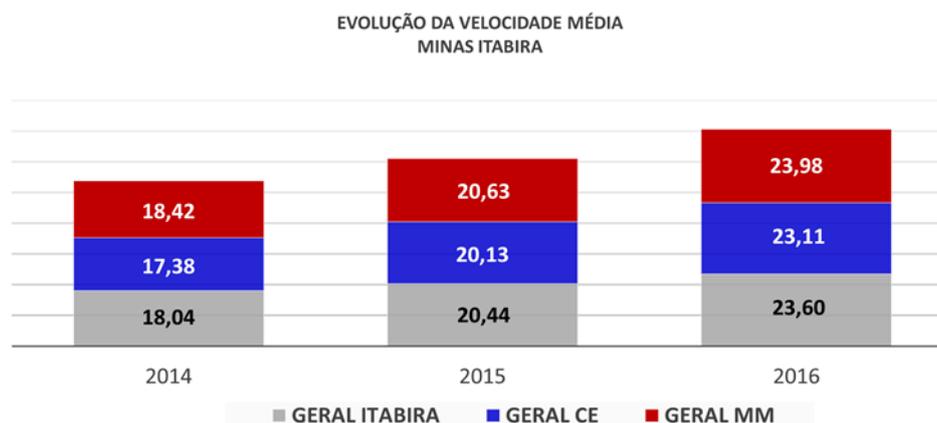
Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

Uma consequência muito positiva nos desenvolvimentos dos trabalhos de redução dos tempos fixos, que podemos chamar de efeito colateral benigno, foi também o desenvolvimento e aumento de performance de outras variáveis que compõem a produtividade horária da frota de transporte, a velocidade média.

Principalmente em todas as iniciativas de melhorias das estruturas de mina, voltadas não somente ao aumento da performance, mas também na melhoria das condições de segurança.

O (Gráfico 31) representa e ilustra a evolução da velocidade média da frota de caminhões em km/h, considerando Itabira como um todo e as minas de Conceição e Minas do Meio respectivamente.

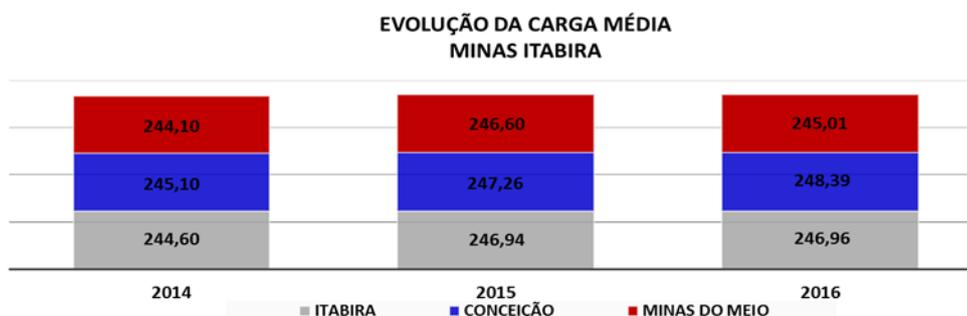
Gráfico 31 - Ganhos da velocidade média por Mina



Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

Paralelamente a todas as iniciativas para redução dos tempos fixos, também esforços e atividades foram direcionadas para o aumento da velocidade média, sem penalizar todo trabalho já conquistado com na carga média. O (Gráfico 32) demonstra que conseguimos preservar todo ganho já conquistado com os trabalhos de carga média.

Gráfico 32- Manutenção da carga média por mina

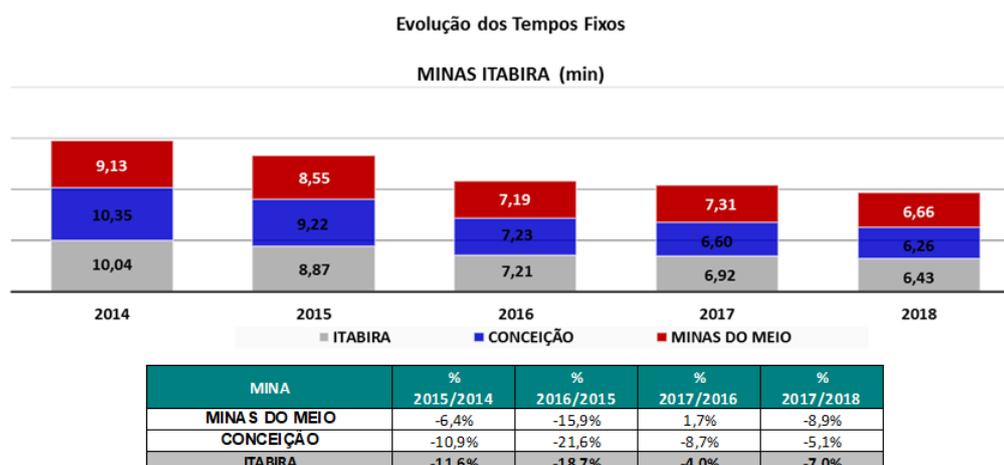


Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

No Complexo Itabira, a velocidade média passou de 18,04 km/h em 2014 para 23,98 km/h em 2016, o que simboliza um ganho de 32,92%. Já a carga média, neste mesmo período, foi de 244,60 toneladas para 246,96 toneladas, tendo 0,96% de aumento.

Apesar do estudo de mestrado e trabalhos direcionados à redução dos tempos fixos terem finalizado no final de 2016, a metodologia, os controles e as verificações se demonstraram sustentáveis. Pois ao longo de 2017 e 2018 a metodologia continua a ser seguida, pois resultados continuaram com evoluindo conforme (Gráfico 33).

Gráfico 33 – Evolução dos resultados após finalização do mestrado



Fonte: Vale S.A – Relatório Interno

Capítulo 6 Conclusões e Recomendações

O comportamento e influência dos tempos fixos na produtividade horária da frota de transporte, seus impactos e consequências foram quantificados e qualificados, de forma a priorizar ações e direcionamentos corretivos para cada variável analisada.

Procedimentos operacionais foram adequados e outros procedimentos foram criados mediante necessidades e oportunidades de melhoria da operação, bem como a correção das interferências físicas e estruturais na mina, favorecendo o desempenho e performance operacional da frota de transporte. Ressalta-se que todos os operadores de carga e transporte passaram por treinamento e reciclagem dos conceitos e prática em operação de equipamentos, seguindo metodologia específica de aperfeiçoamento e treinamento com profissionais da Komatsu e Caterpillar.

De forma muito estruturada e padronizada, foi desenvolvido metodologia e ferramentas de controle e verificação para avaliação da performance dos supervisores, despachantes e operadores, em que a tomada de decisão e ajustes dos parâmetros de campo fossem realizados durante a rotina de trabalho, mantendo o foco nos indicadores operacionais, constante melhoria nas estruturas de mina e orientação consistente aos executantes.

Assim, foi possível reduzir o tempo fixo da frota de transporte de 10,04 minutos para 7,21 minutos, o que representa cerca de 28,18 % de redução absoluta. Este valor representa uma diminuição de mais de 23.500 horas, direcionando-as exclusivamente para a produção da mina. Com isso, foi possível reduzir a frota de caminhões e, ainda, cumprir o planejamento de movimentação anual previamente acordado, economizando em custos de manutenção das unidades de transporte, consumo específico de diesel, pneus, etc.

Toda metodologia desenvolvida, demonstrou e ainda demonstra sustentabilidade nos resultados, visto que mesmo depois do fim de toda implementação no final de 2016, os trabalhos continuaram a gerar ganhos e principalmente com a mudança de cultura nas análises e desenvolvimento dos trabalhos dos supervisores, despachantes e operadores.

Em 2017, houve ainda uma maior redução dos tempos fixos da frota de transporte, fechando o ano com 6,94 minutos, o que representa uma redução de cerca

de 3 minutos (30,67% de redução) no valor dos tempos fixos em relação a 2014 e no primeiro semestre de 2018, se chegou no valor de 6,44 minutos.

Todos os trabalhos desenvolvidos e implementados tiveram total foco na redução dos tempos fixos na frota de transporte, sem penalizar a variável carga média já trabalhada e estável alguns anos. O reflexo de todo processo proporcionou um incremento de 0,96% na carga média dos caminhões, vindo, também, superar o desafio imposto.

Outro reflexo muito positivo com o desenvolvimento dos trabalhos, principalmente nas melhorias das estruturas física de mina, foi o aumento da velocidade média da frota de transporte. As várias ações implementadas, também, favoreceram o desenvolvimento desta variável, que teve um aumento de cerca de 30%, passando de 18,04 km/h em 2014 para 23,60 km/h no fim de 2016.

Para trabalhos futuros, sugere-se focar numa metodologia de controle e verificação de KPIs vinculados ao “Modus Operandi” dos operadores, de forma que, ao final de cada turno, os mesmos tenham ciência de sua performance, oportunidades de melhorias e gaps identificados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONIOLLI, P. D. Medidas de Desempenho em Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. Anais do XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto, Minas Gerais. 2003.

ÇETIN, N. Open pit truck/shovel haulage system simulation. Tese de doutorado, School of Natural and Applied Science of Middle East Technical University. 2004.

HUSTRULID, W. Blasting Principles for Open Pit Mining: General Design Concepts, v. 2, Rotterdam: A.A. Balkema, 1999.

MOSCOVICI, F. Desenvolvimento interpessoal: treinamento em grupo. Rio de Janeiro, Brasil. 2000.

Manual Caterpillar. A Reference Guide to Surface Mining Application - Field Guide. 2013.

Modular Mining System®. Fundamental Guia de Usuários. Itabira, Minas Gerais, Brasil. 2014.

Modular Mining System®. Diagnóstico Pós Modificações do Sistema Dispatch. Itabira, Minas Gerais, Brasil. 2015.

Modular Mining System®. Manual de treinamento - Roteiro de Operação Assistida. Itabira, Minas Gerais, Brasil. 2015.

ÖZDEMİR, K. The Relation between Excavator Bucket Loading Time and Particle Size Distribution of Shot Rock. In: ANNUAL CONFERENCE ON EXPLOSIVE & BLASTING TECHNIQUE, 33. New Orleans, United States. Proceedings of the Thirth-Three Annual Conference on Explosives and Blasting Technique. Nashville: ISEE, 2007.

OLIVEIRA, L. F. R., Leal Junior, I. C. Programa de Adoção de Empresas Terceirizadas na Cadeia de Suprimentos Fundamentado no Conceito de Ecoeficiência – O Caso do Transporte Rodoviário de Carga da CSN. XI Encontro Nacional de Gestão Empresarial e Meio Ambiente, Fortaleza, Ceará. 2009.

PINTO, L. R., MERSCHMANN, L. H. C. Planejamento operacional da lavra de mina usando modelos matemáticos. Revista Escola de Minas, v. 54, n. 3, p. 211-214. Ouro Preto, Minas Gerais. 2001.

RASMUSSEN, J. Risk management in a dynamic society: a modeling problem. Safety science, v.27, n.2 e 3, p.183-213. 1997.

RODRIGUES, L. R. Análise comparativa de metodologias utilizadas no despacho de caminhões em minas a céu aberto. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil. 2006.

SHARMA, D. K. et.al. A performance prediction model for optimized drilling and blasting costs. In: FRAGBLAST 90, Brisbane. Conference Proceedings of International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting. 1990.

SOUSA, Lilian Masetti Lobo Soares de. (2011) Estudos de dimensionamento estrutural de estradas de mina a céu aberto. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil. 2011.

TU, J. H., Hucka, V. J. Analysis of open pit truck haulage system by use of a computer model. CIM bulletin, 78:879, p. 53-59. 1985.