

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E GEOTECNIA  
NUCLETRANS – NÚCLEO DE TRANSPORTES**

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM  
LOGÍSTICA ESTRATÉGICA E SISTEMAS DE TRANSPORTE**

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DE UM *SOFTWARE DISPATCH* NO SISTEMA DE  
TRANSPORTE DE UMA MINERADORA**

**Monografia**

**Rafael Henrique Pereira da Costa**

**Belo Horizonte, 2011**

**Rafael Henrique Pereira da Costa**

**TÍTULO: ANÁLISE DA APLICAÇÃO DE UM *SOFTWARE DISPATCH* NO  
SISTEMA DE TRANSPORTE DE UMA MINERADORA**

**Trabalho apresentado ao Curso de  
Especialização em Logística Estratégica e  
Sistemas de Transporte, da Escola de  
Engenharia da Universidade Federal de Minas  
Gerais, como requisito parcial à obtenção do  
Título de Especialista em Logística Estratégica e  
Sistemas de Transporte.**

**Orientadora: Prof(a). Leise Kelli de Oliveira, Dra.**

**Belo Horizonte, 2011**

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DE UM *SOFTWARE DISPATCH* NO SISTEMA DE  
TRANSPORTE DE UMA MINERADORA**

**Rafael Henrique Pereira da Costa**

**Este trabalho foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de Especialista em Logística Estratégica e Sistemas de Transporte e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora.**

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof(a). Dra. Leise Kelli de Oliveira  
Orientadora**

**Prof. Dr. Leandro Cardoso  
Avaliador**

Dedico este trabalho, primeiramente a Deus, pela proteção e benção na minha vida, também aos meus pais pelo apoio incondicional e amor e a todos os meus familiares e amigos pelo incentivo e força.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pelo amor e vida.

Aos meus pais, por estarem sempre comigo e apoiado minha decisão, para realização deste sonho.

À professora Leise Kelli de Oliveira, pela orientação, amizade, confiança e disponibilidade.

Aos meus amigos, Adão, João e familiares pelas orações e palavras de carinho e motivação.

À meu irmão, minha namorada e toda minha família pelo apoio, torcida e também pelo incentivo para concretização deste sonho.

À meu novo e eterno amigo Gilson por caminhar comigo nesta história, enfrentando neste um ano e meio de curso, duas vezes na semana, mais de três horas de viagem pela BR 381, (com e sem ponte) , dia e noite.

À todos do meu emprego que me ajudaram, liberando mais cedo, deixando eu chegar mais tarde, minha eterna gratidão.

Aos professores, funcionários e colegas da turma CELEST 2010.

À todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste projeto.

“Um ser humano sem história é um livro, sem letras, uma foto sem imagem, um rio sem nascentes. Com lágrimas ou júbilo, acertos ou falhas, nossa história é um tesouro insubstituível...”

**Augusto Cury**

## RESUMO

Este estudo trata se de descrever e analisar a aplicação de um sistema de gerenciamento de frota, em uma mineradora de grande porte. Se trata do *software dispatch* que é uma ferramenta importante na logística de gerenciamento de frota de caminhões e escavadeiras na atividade de exploração mineral de uma mina a céu aberto, pois além, de otimizar toda a frota, o sistema gera relatórios online, com índices operacionais que possibilitam a identificação de gargalos do processo, contabiliza as produções e movimentações, estabelece ritmo e evidência todos os passos do ciclo de transporte, demonstrando ser eficiente para a gestão do processo, pois, identifica, detalha, previne e aponta perdas , facilitando e agilizando assim a tomada de decisão dos gestores. Como resultado disto, tem-se um *software* alinhado aos objetivos estratégicos, de interface entre as diversas áreas e que gera para empresa um diferencial no mercado.

**Palavra chaves:** Gerenciamento de frota, *software Dispatch*, inovação tecnológica, logística

## **ABSTRACT**

This study aims to describe and analyze the implementation of a fleet management system in a large mining company. That is the software Dispatch which is an important tool in the logistics management of truck fleets and excavators in the activity of an open-pit mine, because, in addition to optimizing the entire fleet, the system generates online reports, with operational rates that enable the identification of bottlenecks in the process, accounts for production and moving, sets rhythm and shows every step of the transport cycle, proving to be effective in the management of the process since it identifies, details, prevent and points up losses, thus aiding the decision making of managers. The software is aligned with strategic goals, building an interface among the various areas, creating a differential advantage for the company in the market.

Keywords: Fleet Management, software Dispatch, technological innovation, logistics

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE QUADROS .....</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE SIGLAS .....</b>	<b>XII</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Problema .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 Objetivo geral .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Objetivos Específicos .....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 Justificativa .....</b>	<b>5</b>
<b>1.5 Diretrizes Metodológicas .....</b>	<b>5</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Conceituando sobre Logística .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 A tecnologia da informação aplicada ao transporte .....</b>	<b>8</b>
2.2.1 O que é tecnologia da informação? .....	9
2.2.2 Benefícios e desafios do sistema de informação .....	11
2.2.3 Integração da tecnologia da informação e os objetivos estratégicos .....	13
2.2.4 A tecnologia da informação e a logística .....	15
<b>2.3 Sistema de gerenciamento de frota no setor de mineração .....</b>	<b>16</b>
<b>3 DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1 Software Dispatch .....</b>	<b>25</b>
3.1.1 Principais recursos (módulos) do <i>Software Dispatch</i> .....	28
3.1.2 Estratégia de Otimização do <i>DISPATCH</i> .....	30

3.1.3	Módulo principal: Tela de Produção .....	33
<b>3.2</b>	<b>Tempos fixos e produtividade.....</b>	<b>37</b>
<b>3.3</b>	<b>Tipos de Alocações em Minas a céu aberto .....</b>	<b>40</b>
3.3.1	Alocação Otimizada.....	40
3.3.2	Alocação sem o sistema de otimização (Frente fixa).....	44
<b>3.4</b>	<b>A importância da atualização do mapa da mina.....</b>	<b>46</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>50</b>
4.1	Análise de produtividade após implantação.....	50
4.2	Alocação antes e depois da implantação do <i>software Dispatch</i> . .....	54
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>56</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>58</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Funcionalidades de um Sistema de Informações Logísticas.....	14
Figura 2 – Alocação Estática de Caminhões .....	18
Figura 3 – Alocação Dinâmica de Caminhões .....	18
Figura 4 - Computador de bordo, tela CGC, antenas de GPS e rádio.....	26
Figura 5 – Configuração do controle central do sistema <i>Dispatch</i> . .....	27
Figura 6 – Modelo de antena repetidora móveis de campo Master Link.....	27
Figura 7 – Configuração do controle nos equipamentos (frota) .....	28
Figura 8 – Modelo de programação do <i>Software Dispatch Algorithms</i> .....	31
Figura 9 – Circuito otimizado de uma solução hipotética. ....	32
Figura 10 - Tela de produção.....	35
Figura 11 – Fluxo do ciclo de produção .....	38
Figura 12 - Possibilidades de alocação de frota de transporte.....	40
Figura 13 – Rota aberta pelo sistema entre frentes de lavra e pontos de basculamento. ....	41
Figura 14 – Tempos de ciclo entre pontos de carga e descarga sem o sistema de otimização.....	45
Figura 15 – Tempos de ciclo entre pontos de carga e descarga de forma otimizada.....	46
Figura 16 - Tela gráfica com a rede de estradas da mina.....	48
Figura 17 - Tela de atualização de status dos equipamentos .....	48
Figura 18 - Tela gráfica com a rede de estradas da mina.....	49

Figura 19 – <b>Movimentação 2009</b> .....	51
Figura 20 – <b>Análise da produtividade, ano 2009 (Ganhos x Perdas)</b> .....	52
Figura 21 – <b>Movimentação 2010</b> .....	53
Figura 22 – <b>Análise da produtividade, ano 2009 (Ganhos x Perdas)</b> .....	54

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - O quadro um mostra como fica o ranking das escavadeiras na utilização das prioridades de materiais e escavadeira .....	42
Quadro 2 – O quadro dois mostra como fica o ranking das escavadeiras na utilização das prioridades de materiais e escavadeira na relação minério estéril.....	43
Quadro 3 – O quadro três mostra como fica o ranking das escavadeiras na utilização das prioridades de materiais e escavadeira na relação estéril minério.....	43
Quadro 4 – Comparação da situação anterior a implantação do sistema de despacho e a situação atual.....	55

## LISTA DE SIGLAS

**AO** – Atraso operacional

**BP** – Best Path (Melhor rota)

**DMT** – Distância média transporte

**EDI** – Intercâmbio eletrônico de dados

**GOIC** – Consoles gráficos de bordo

**GPS** – Sistema de posicionamento global

**PD** – Programação dinâmica

**PL** – Programação Linear

**RF** – Radiofrequência

**TI** – Tecnologia da informação

# 1 INTRODUÇÃO

Em períodos de grandes mudanças, as organizações têm se preocupado com a otimização de seus recursos para se manterem competitivas no mercado. Fatores como novas exigências de mercados, desequilíbrios de demanda da sociedade, globalização, aumento da competitividade, evolução tecnológica e disputa por matérias primas tem exigido mudanças significativas no modo de gerir as organizações.

Em resposta a esse cenário, as organizações têm buscado, incansavelmente, ao longo do tempo, melhorias dos seus processos e resultados. Hoje, os empresários e dirigentes contam com alguns modelos gerais e diversas ferramentas, com objetivo de tornarem-se cada vez mais competitivos e interconectados.

No Brasil, na última década, houve uma revolução dentro do contexto de logística. As organizações, que, para se manterem e/ou chegarem a um lugar respeitado em meio ao mercado globalizado, faz-se necessário à aplicação destas ferramentas nas organizações.

Como exemplo de ferramenta dentro de uma área logística, se deu o uso de novas tecnologias aliadas a equipamentos de alta capacidade e softwares poderosos que têm contribuído efetivamente para que as empresas mantenham sua capacidade produtiva neste momento de uma economia global e de grande competitividade em todos os setores.

Embora ainda existam empresas, que mesmo realizando investimentos maciços em tecnologia da informação (TI), e desfrutando de liderança no seu ramo de atuação, há também empresas, que apesar dos investimentos em tecnologia da informação (TI), apresentam os piores resultados em seus setores, o que reforça a questão de melhor emprego e uso, do que o valor empregado por si só em tecnologia, sem saber fazer uso do equipamento.

Dessa forma, os elevadíssimos custos incorridos no desenvolvimento e adoção de novas tecnologias e a sua rápida obsolescência, decorrentes da introdução de tecnologias ainda mais recentes, aumentaram os riscos envolvidos. Sendo assim, o destino de uma organização pode ser afetado profundamente, por

suas decisões tecnológicas. A ousadia pode levar a casos de sucessos de grande repercussão, ou a estrondosos fracassos. Em tempos de competições tão acirradas, as decisões precisam ser tomadas com muita agilidade, postergar decisões pode acarretar em custo muito elevados.

Ter a consciência de que os benefícios advindos do investimento em tecnologia da informação (TI), não estão diretamente ligados aos investimentos, mas ao uso que é feito dela, de como a utilizam. A tecnologia por si só não vale nada para o negócio. O que importa é como a informação gerada por ela é capaz de proporcionar melhor atendimento às necessidades dos seus clientes.

Como exemplo de inovações tecnológica dentro da logística, pode-se citar o sistema de gerenciamento de frota (*Software Dispatch*), tema deste estudo, que é um *software* de gerenciamento de mina que usa o que existe de mais moderno em tecnologia de computadores, comunicação de dados e GPS (Sistema de Posicionamento Global). Serve para prover automaticamente designações otimizadas para os caminhões, tratores e escavadeiras que fazem o transporte do minério em minas a céu aberto.

O *software Dispatch* ajuda, como ferramenta tecnológica, para o gerenciamento das atividades de transporte, fazendo a diferença para aumentar a produtividade reduzindo custos e garantindo maior velocidade na geração de dados e qualidade de informações, proporcionando de certa forma soluções eficientes. O mesmo também auxilia no gerenciamento de operações, com o objetivo de aumentar a produtividade dos equipamentos de carregamento, otimizando as rotas dos equipamentos de transporte e auxiliares de uma mina a céu aberto, além de auxiliar o controle de qualidade e ganho na movimentação de minério e estéril.

Esse dado comprova a grande importância que é a tecnologia da informação (TI), que vem se tornando com os desenvolvimentos tecnológicos, econômicos e sociais, dessa maneira, aliado à logística, contribuindo no aperfeiçoamento dos serviços e operações das organizações.

Na mineração, existem atividades que envolvem decisões complexas e alocação de grande volume de investimentos, logo há necessidade de grandes

decisões nesse tipo de empresa, decisões que precisam e devem ser tomadas com base em critérios científicos bem definidos.

Com base neste contexto, as inovações em logística ligada à Pesquisa Operacional começaram a ser utilizadas como uma importante ferramenta para encontrar soluções de problemas cada vez mais complexos.

A atividade de transporte de material, movimentação de carga, é um dos mais importantes aspectos na operação de minas a céu aberto. O foco desta atividade é mover o material retirado da mina para a usina de modo que o custo seja minimizado, uma vez que esse custo associado influencia a escolha de onde retirar o minério.

A alocação de caminhões é um processo importante e complexo, no ramo da mineração, e uma alocação ótima e bem estruturada pode resultar em significativa economia. É de conhecimento, que a operação de caminhões e equipamentos de carga contribui significativamente para o custo da operação como um todo.

Dessa forma, torna-se necessário aperfeiçoar este transporte, otimizando o processo, o que pode ser conseguido através da utilização do *software dispatch*. O sistema de despacho pode reduzir o custo de capital e da operação, através da redução de frota de caminhões necessária e do aumento da produção com a utilização da mesma frota.

No Brasil, o uso desses *softwares* que tem como base metodológica de pesquisa operacional no setor de mineração ainda é muito pequeno se comparado aos inúmeros benefícios que suas técnicas têm a oferecer.

Ainda hoje, mesmos nas grandes empresas de mineração, problemas de tomada de decisão ainda são solucionados com base no bom senso e em experiências passadas. As decisões tomadas dessa forma, apesar de conduzirem a soluções adequadas, em geral não garantem uma decisão ótima sob o aspecto considerado.

Entre os grandes desafios das empresas de mineração está à locação otimizada de suas frotas de forma que atendam às especificações relativas à qualidade e quantidade com a melhor produtividade, atendendo as restrições

operacionais, permitindo ainda ao usuário decisões por um cenário entre vários propostos e informando cenários futuros.

Pretende se com esta pesquisa, demonstrar para as pessoas, através de dados, informações sobre o sistema de gerenciamento de frota (*software dispatch*), como também a importância da integração das áreas e os ganhos para empresas que investem em inovações tecnológicas como estratégia competitiva.

### 1.1 Problema

Buscar maior compreensão a respeito do gerenciamento da frota de Mina, através da implantação do *Software Dispatch*, confrontando as vantagens e desvantagens da inovação tecnológica neste setor, estudo foi realizado numa mineradora de grande porte.

### 1.2 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é fazer uma análise do *Software Dispatch*, como uma ferramenta importante na logística, no gerenciamento de frotas numa mineração.

### 1.3 Objetivos Específicos

- Aprofundar o conhecimento sobre inovação tecnológica em logística em mineração a céu aberto;
- Pesquisar e fazer uma análise sobre o *Software Dispatch*, e também sobre inovação tecnológica no setor de mineração (industrial) como estratégia de Otimização;
- Identificar a Tecnologia da informação (TI) como importante ferramenta logística para as organizações.
- Confrontar as vantagens e desvantagens da implantação do software.

#### 1.4 Justificativa

Este trabalho justifica-se por se tratar de inovação logística, aliada à tecnologia moderna como vantagem competitiva das atividades da cadeia de valor de determinada empresa, esta linha de pesquisa vem se tornando uma das principais disciplinas de interesse a empresários que investem em controles, mas como toda gestão de risco necessitam conhecer todas oportunidades e ameaças, ainda mais se tratando do ramo da logística.

O tema também é interessante e pertinente, se tratando de inovação tecnológica no ramo da mineração, pois existem poucas aplicações e estudos nesta área, além de realizar uma análise da aplicação direta do *software dispatch*, e suas contribuições para a gestão como todo, operacional e de planejamento para transportes e exploração, de uma mineradora, além de validar e ajudar nos controles, que são expressamente exigidos na legislação, como documentos que reforçam os direitos de exploração da massa mineral e comprovam a exploração de forma sustentável, proporcionando o aproveitamento das vantagens socioeconômicas decorrentes de sua exploração, sendo em moldes adequados à preservação ambiental.

#### 1.5 Diretrizes Metodológicas

Será necessário utilizar como técnica metodológica de desenvolvimento a pesquisa exploratória e a pesquisa bibliográfica visando responder ao objetivo proposto e destaca o papel da logística como fonte de vantagem competitiva.

A natureza básica do estudo em questão é caracterizada como exploratória, tendo em vista que busca maior compreensão a respeito do problema de como o gerenciamento de frota é atualmente realizado dentro do setor, através da implantação do *software Dispatch* com o objetivo de analisá-lo como uma ferramenta importante na logística de gerenciamento de frota de caminhões e escavadeiras na atividade de exploração de minério a céu aberto.

Os estudos exploratórios são indicados para quando se quer criar maior familiaridade em relação a um fenômeno ou fato, quase sempre se busca essa

familiaridade pela prospecção de materiais que possam informar ao pesquisador real importância do problema, o estágio em que se encontram as informações já disponíveis a respeito do assunto, e até mesmo revelar ao pesquisador novas fontes de informação. Por isso, a pesquisa exploratória é quase sempre feita como levantamento bibliográfico, visita técnica, visita a web sites, etc.

Segundo Gil (1999), os estudos exploratórios colaboram para desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno, para a realização de uma pesquisa futura para modificar e esclarecer conceitos.

A pesquisa bibliográfica, baseada em fontes de material já impresso, compreende o levantamento e consulta de publicações avulsas, jornais, revistas, livros, monografias, dissertações, teses, anais de congressos, relatórios de grupos de pesquisa e home pages de instituições com pesquisas na área.

Gil (1999) explica que a pesquisa bibliográfica é desenvolvida mediante material já elaborado, principalmente livros e artigos científicos. Apesar de praticamente todos os outros tipos de estudos exigirem trabalho dessa natureza, há pesquisas exclusivamente desenvolvidas por meio de fontes bibliográficas.

Por meio dessas bibliografias reúnem-se conhecimentos sobre a temática pesquisada. Com base nisso é que se pode elaborar o trabalho monográfico, seja ele em uma perspectiva histórica ou com intuito de reunir diversas publicações isoladas e atribuir-lhes uma nova leitura.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentada, de forma sucinta, uma revisão bibliográfica das principais técnicas referenciadas ao longo deste trabalho. Sendo assim, serão abordados conceitos referentes à Logística, logística empresarial, a tecnologia da informação aplicada ao transporte e sistema de gerenciamento de frota no setor de mineração.

### 2.1 Conceituando sobre Logística

Um ponto de partida adequado para se entender a logística empresarial como uma forma de ser uma vantagem competitiva dentro das organizações é o próprio conceito de logística ou gerenciamento logístico, que segundo Bowersox e Closs (2010), a logística existe para integrar as áreas de forma que atenda as necessidades dos clientes, tornando disponíveis produtos e serviços e que atendam todos requisitos do ponto de vista estratégico.

Assim, a vantagem competitiva de uma organização torna-se a preocupação de todo gerente orientado para as realidades do mercado. E é nesse contexto que um mercado globalizado e com muitas exigências por partes dos consumidores finais, que o sucesso comercial é conquistado através da vantagem de custo ou da vantagem de valor ou, de uma maneira ideal, de ambas.

Ballou (1993) vê esta vantagem oriunda da logística empresarial em relação ao tempo e espaço entre matérias primas e produção e entre produção e consumo. Segundo o autor, “vencer tempo e distância na movimentação de bens ou na entrega de serviços de forma eficiente e eficaz é tarefa do profissional de logística” (BALLOU,1993, p.23).

Coronado (2009) afirma que a logística empresarial não tem o mesmo significado para todas as pessoas, inclusive para as que estão ativamente engajadas no assunto e, que diferentemente da Produção e Marketing, a logística empresarial não tem um título único, e que a área é representada por nomes como transporte, distribuição física, suprimentos, operações, administração de materiais e

logística. O mesmo autor define logística empresarial como um processo gerenciado, ou seja, com planejamento, execução e controle de insumos, produtos e serviços, com informações adequadas à atender toda a cadeia de suprimentos de forma a assegurar o cumprimento de sua missão por contribuições ao resultado econômico.

Dessa forma, “para obter o máximo de vantagem estratégicas da logística, todo o trabalho funcional deve ser executado de maneira integrada”. (BOWERSOX; CLOSS, 2010, p.43)

Esta visão da logística empresarial, da logística integrada, está automaticamente ligada com estratégias de transportes, manutenção de estoques e processamento de pedidos. Neste estudo, a estratégia de transporte torna-se o ponto principal.

## 2.2 A tecnologia da informação aplicada ao transporte

Segundo Chopra e Meindl (2009), o uso de tecnologias de informação no transporte ajuda a transportadora a ser mais responsiva, além de reduzir custos, coordenando melhor as entregas dos clientes com os veículos mais indicados para seu transporte.

A utilização da tecnologia da informação (TI), pelas empresas, possibilita que as mesmas, superem as mudanças inesperadas de mercado, causadas seja elas por clima ou por outro fator inesperado. Assim muitos gerentes vêm tomando decisões através do uso de tecnologia da informação, na tentativa de reduzir custos e melhorar a responsividade em suas redes de transporte.

Chopra e Meindl (2009, p.342) caracteriza a informação como “crucial para o desempenho da cadeia de suprimentos porque disponibiliza os fatos de que os gerentes da cadeia precisam para tomar suas decisões”.

Para Bowersox e Closs (2010), excelência em logística só é possível obtendo uma integração das operações, internas e externas. Essa integração requer clara identificação do papel que a logística assumi na estratégia da empresa.

Dessa forma o fluxo de informações, se faz como fator de grande importância nas operações logísticas (BOWERSOX e CLOSS, 2010).

Ainda em Bowersox e Closs (2010), os sistemas de informações logísticas devem incorporar alguns princípios para atender às necessidades de informação e apoiar adequadamente o planejamento e as operações da empresa.

Os mesmos autores concluem que as informações logísticas compreendem dados em tempo real que fluem em operações de empresas, tais como: fluxos de suprimentos de materiais, status da produção, estoques de produtos, entregas aos clientes e pedidos recebidos, entre outras. Em lugar de simplesmente automatizar o fluxo logístico, as empresas estão reestruturando seus procedimentos logísticos, visando reduzir a quantidade de ciclos e de atividades seqüenciais.

### 2.2.1 O que é tecnologia da informação?

Antes de responder o que é tecnologia da informação, se faz necessário entender primeiro o conceito geral de sistemas de informação.

Para Melo (1999), sistema de informação é todo e qualquer sistema que tem informações como entrada visando gerar informações de saída.

A informação de entrada no sistema de informação tem características muito peculiares diante do que ocorre com as matérias primas e insumos de entrada num sistema de produção: ela não é consumida, em razão de ela ter uma natureza lógica.

A ação a ser executada pelos sistemas de informação necessita de recursos físicos. E são esses recursos físicos que formam a tecnologia da informação ou recursos tecnológicos, que graças à complexidade de suas funções, a gama desses recursos que também são complexas e altamente diversificadas, em razão do avanço tecnológico e dos meios de comunicação.

Os recursos tecnológicos, ao lado dos recursos manuais, evoluíram para o processamento de dados e para o de imagens e sons, oferecendo à empresa, meios de gerenciamento de documentos.

Ainda, Melo (1999) divide o sistema de informação em três estágios: Coletas de dados; Produção ou tratamento da informação; Gerenciamento da informação. Coleta de dados pode ser realizada por diversas formas, desde o uso dos sentidos (órgãos humanos), e assim consegue levar para a memória a expressão de um fato. E existem também os recursos mecânicos, eletromecânicos e eletrônicos que possuem sensores, que simulam tudo que o ser humano não tem condições de fazer em várias situações, tais como: controle de temperatura de alto forno, numa siderúrgica, controle de vazão de fluídos a alta velocidade, operações automáticas de diversas naturezas.

Produção ou tratamento da informação, assim como a coleta de dados, se encontra no nível operacional do sistema de informação. É importante frisar que no nível operacional não são executadas tarefas em que esteja envolvida a criatividade. Tudo segue normas padrão, procedimentos como critérios pré-estabelecidos na execução do planejamento.

O uso gerencial da informação envolve a função administrativa de planejamento, que ocorre em duas etapas de processamento. Na primeira ocorre o planejamento estratégico, em que são criados os planos referentes aos fins a serem atingidos pela empresa, na forma de objetivos, meta e diretrizes. Para tanto, no nível operacional do sistema de informação, são geradas as informações gerenciais, que trazem ao tomador de decisões estratégicas o necessário para o conhecimento sobre a realidade, quanto aos problemas, necessidades e desafios. Essas informações gerenciais podem ser apresentadas na forma de relatórios, lista de dados históricos ou de projeções feitas com base em estatísticas, técnicas de pesquisa operacional e métodos quantitativos. Na segunda etapa, com base nos planos estratégicos, ocorre o planejamento tático, em que são criados os planos referentes aos meios de atingir os fins almejados. As duas etapas de planejamento que formam o terceiro estágio do sistema de informação ocorrem em um nível gerencial, no qual os trabalhos são intensamente envolvidos de criatividade, de responsabilidade exclusiva do administrador.

A oportunidade de sucesso das empresas, no momento atual, é estar bem informada sobre tecnologia de informação, bem como saber utilizar estações de trabalho conectadas em rede de computadores para aumentar produtividade

pessoal e do grupo de trabalho, equipes de processo, departamentos e organizações. (ROSINI; PALMISANO, 2003).

### 2.2.2 Benefícios e desafios do sistema de informação

De acordo com Melo (1999), em um sistema de informações, utilizando a moderna tecnologia da informação através da Rede Mundial de Computadores: DVDs, Internet, sites e e-mails, as empresas melhoram sua eficiência com menores custos e tempo, a eficácia de seus processos empresariais, no reforço de suas estruturas e culturas organizacionais e no aumento do valor comercial do empreendimento. Além disso, a comunicação de grupos de trabalho fortalece suas posições competitivas em um mercado em rápida transformação (ambiente globalizado).

Rosini e Palimisano (2003) acreditam que os sistemas de apoio fornecidos pela tecnologia da informação são compostos por equipamentos (*hardware*) suas aplicações (*software*) e pessoas (*peopleware*). Os desafios principais para a montagem e a utilização de sistemas de informação são os projetos de sistemas competitivos e eficientes; o entendimento dos requisitos do sistema no ambiente empresarial global; a criação de uma arquitetura de informação que apóie as metas da organização; a determinação do valor dos sistemas para a empresa e projetos de sistemas em que as pessoas possam controlar, entender e usar de um modo social e eticamente responsável.

Um equipamento ou hardware no qual será desenvolvido o sistema de apoio à decisão precisa proporcionar fácil manipulação de dados; estar sempre disponível para o usuário do sistema implantado, facilitar o crescimento pela adição de componentes e possibilitar o acoplamento dos mais variáveis periféricos, além de ser necessário a um sistema de gerenciamento uma conexão com a rede interna e/ou externa, respeitando-se protocolos existentes dentro das organizações de acordo com a estrutura tecnológica em rede de computadores tais como a diretoria de finanças, a comercial, a industrial e a diretoria de sistemas. (ROSINI; PALIMISANO, 2003).

Ainda em Rosini e Palmisano (2003), o *software* pode ser dividido em básico (programas que gerenciam o trabalho do computador internamente ou processador); ferramentas (fornecidas pela fabricante) e aplicativos (desenvolvidos para a utilização do usuário final na organização).

Os sistemas de informação tornaram-se essenciais para ajudar as organizações a enfrentar as mudanças nas economias globais e na empresa comercial, oferecendo comunicação e ferramentas analíticas para conduzirem o comércio e administrar empresas em escala global, permitindo a adoção de estruturas mais achatadas e descentralizadas e arranjos mais flexíveis de funcionários e administradores com quase todos os processos de negócios centrais e relacionamentos com clientes, fornecedores e funcionários habilitados digitalmente (LAUDON, 2004).

Clemons (1990) afirma que o desenvolvimento de um sistema de informação estratégico (que pretende tornar a empresa mais flexível para responder às mudanças nas necessidades dos clientes ou para se adaptar às novas condições impostas por um mercado em rápida evolução) é completamente diferente dos investimentos realizados para automatizar os processos existentes, reduzir custos ou aumentar a capacidade de produção.

Por isso a avaliação de investimento para o desenvolvimento de sistemas com grande impacto competitivo estratégico deve seguir uma metodologia distinta da metodologia normalmente utilizada para justificar investimentos menos complexos, para os quais os métodos financeiros tradicionais são plenamente aceitáveis.

Os benefícios da tecnologia da informação podem ser classificados em dois tipos:

- Benefícios diretos, normalmente curto prazo e facilmente mensuráveis, mas que apresentam menor impacto sobre a capacidade competitiva (CLEMONS,1990); Benefícios indiretos, normalmente de longo prazo e intimamente associado à estratégia competitiva (CLEMONS,1990).

### 2.2.3 Integração da tecnologia da informação e os objetivos estratégicos

Chopra e Meindl (2009, p.342), “a TI é como os olhos e ouvidos da gerência de uma cadeia de suprimento, recebendo e enviando informações necessárias para uma boa decisão.” Ainda, os mesmos autores resumem que sem controle, informações, os gerentes tomam decisões no escuro, sem base concreta de fatos e dados.

Dessa forma o que se observa é um crescente avanço em Tecnologia da Informação dentro das organizações como forma de gerenciamento para obter reduções de custo e/ou gerar vantagem competitiva.

Para Chopra e Meindl (2009, p.342), “o uso dos sistema de TI para receber e analisar informações pode exercer um impacto significativo no desempenho de empresas”.

A Tecnologia da Informação pode ser decisiva para o sucesso de uma organização, se antes a tecnologia era usada apenas para automatizar tarefas e eliminar o trabalho humano, aos poucos ela começou a enriquecer todos os processos organizacionais, auxiliando na otimização das atividades. No entanto, por si só, a tecnologia da informação não é capaz de trazer ganhos para o negócio, sendo preciso que esteja integrada a uma estratégia de negócio - ou seja, os investimentos em TI devem estar diretamente associados a um objetivo organizacional, contribuindo para o seu alcance.

Com o advento das ferramentas da TI, a transferência de informações torna-se mais rápida e o gerenciamento eletrônico de informações proporciona uma oportunidade de reduzir os custos logísticos através da sua melhor coordenação e melhora consideravelmente da oferta de informações aos clientes. Para Nazário (2006, p.2) “o Sistema de Informações Logísticas são como elos que ligam as atividades logísticas em um processo integrado, combinando hardware e software para medir, controlar e gerenciar as operações logísticas”.

Ainda em Nazário (2006), quatro níveis funcionais são considerados em logística, ou seja, o sistema transacional, o controle gerencial, o apoio à decisão e planejamento estratégico, como apresentado na FIG 1.



Figura 1 – Funcionalidades de um Sistema de Informações Logísticas  
Fonte: Nazário (2006, p. 02)

O Sistema Transacional é visto como base para as operações logísticas, pois contém informações logísticas que são compartilhadas com outras áreas da empresa, tais como *marketing*, finanças, entre outras e precisam ser totalmente formalizadas e integradas. No próximo nível, o Controle Gerencial, acontece a permissão e utilização das informações disponíveis no sistema transacional para o gerenciamento das atividades logísticas. No Apoio à Decisão, o uso de softwares apóia as atividades operacionais, táticas e estratégicas que possuem elevado nível de complexidade. No Planejamento Estratégico, as informações logísticas são como sustentáculos para o desenvolvimento e aperfeiçoamento da estratégia logística como extensões do nível de apoio à decisão a menos que sejam menos estruturadas e com foco em longo prazo (NAZÁRIO, 2006).

Para complementar, e Laudon (2004) ensina que o propósito de um sistema de informação é coletar, armazenar e difundir informações do ambiente e das operações internas de uma organização com a finalidade de apoiar funções organizacionais e tomadas de decisões, comunicação, coordenação, controle, análise e visualização. Esses sistemas transformam dados brutos em informações úteis por meio de três atividades básicas: entrada, processamento e saída. Do ponto de vista de uma empresa, um sistema de informação representa uma solução organizacional e gerencial baseada na tecnologia de informação, para um desafio apresentado pelo ambiente.

A capacitação em sistemas de informação requer o entendimento de suas dimensões organizacionais e gerenciais, bem como das dimensões técnicas dominadas pela capacitação em computadores. A capacitação em sistemas de informação baseia-se nas abordagens técnicas e comportamentais ao estudo desses sistemas. Ambas as perspectivas podem ser combinadas em uma abordagem sócio-técnica desses sistemas.

#### 2.2.4 A tecnologia da informação e a logística

Como a tecnologia de informação está evoluindo muito mais rapidamente do que a maioria das outras capacitações logísticas como transporte e manuseio de materiais, deve ser constantemente analisada novas tecnologias para determinar aplicações logísticas alternativas.

Segundo Bowersox e Closs (2001, p.191) “os executivos de logística vêem a tecnologia de informação como uma fonte importante de melhoria de produtividade e competitividade.” Os autores ainda ressaltam que ao contrário dos outros recursos, inovação em tecnologia de informação vem numa crescente, que supera em capacidade e velocidade de tecnologia, e com preços de mercado aceitáveis, ou seja, a um menor custo. Embora surjam diariamente novas capacidades, cinco tecnologias específicas demonstraram amplas aplicações logísticas.

Estas cinco tecnologias são: o intercâmbio eletrônico de dados (EDI), computadores pessoais, Inteligência artificial e sistemas especialistas, comunicações e códigos de barra e leitura óptica (BOWERSOX; CLOSS, 2001). O intercâmbio eletrônico de Dados (EDI) é uma troca automatizada, de computador para computador, um meio de intercâmbio de documentos e informações entre empresas, que segue um padrão. Os computadores Pessoais tornou-se quase onipresente no ambiente logístico atual. Os mesmos estão influenciando o gerenciamento logístico por facilitar informações e as mesmas serem mais precisas e em tempo hábil ao responsável pelo processo decisório; Aumento na capacidade de resposta e a flexibilidade, permitem oferecer serviços mais específicos e aumentam a capacidade da empresa; E maior interatividade dos computadores, o uso de recursos gráficos facilitam o apoio à decisão, tais como localização de

instalações, análise de estoque, roteamento e programação. A inteligência artificial e sistemas especialistas são voltados para a logística, principalmente em situações em que o conhecimento especializado tem a probabilidade de aumentar o retorno sobre o ativo da empresa. A tecnologia da informação também aumenta significativamente o desempenho logístico em decorrência dos meios de comunicação amplamente disseminados e mais rápidos.

Como resultado, a utilização de tecnologias de radiofrequência (RF), de comunicações via satélite e de processamento de imagens superou os problemas causados pela movimentação e pela descentralização geográfica. Entretanto, a principal vantagem dessa tecnologia de comunicação não é a redução de custos, mas melhores condições para a prestação de serviços aos clientes.

O código de Barras e Leitura óptica são tecnologias de identificação que facilitam a coleta e a troca de informações logísticas. A tecnologia por leitura óptica tem duas aplicações importantes na logística. A primeira situa-se no ponto de vendas, além de emitir recibos para os clientes, sua aplicação ajuda no controle de estoque preciso da loja, a segunda aplicação logística da leitura óptica é o manuseio e rastreamento de materiais.

### 2.3 Sistema de gerenciamento de frota no setor de mineração

As empresas do setor de mineração estão entre as empresas que vêm fazendo maiores investimentos no país. Assim crescem as oportunidades de desenvolvimento de tecnologias que favoreçam a organização e o controle dos processos de extração e beneficiamento de minério.

Segundo Saayman *et al.* (2006), em ambientes mais perigosos, como minas subterrâneas, há maior necessidade em automatização de veículos, devido às condições de trabalho do ambiente de tais minas, enquanto que, em minas a céu aberto, só na década passada, houve vasta implementação de sistemas computadorizados de gerenciamento em tempo real. Ainda para os autores, a otimização de sistemas de gerenciamento de frotas nas mineradoras são de grande importância, necessários, principalmente para aumentar a eficiência de todo o

processo e modo de gerenciamento, porém os mesmos autores reforçam que os princípios de gerenciamento de frotas para este ramo de atuação são os mesmos, ou seja, tanto em minas à céu aberto quanto em minas subterrâneas.

Embora os princípios gerais de gerenciamento de frotas, sejam os mesmos as rotas se alteram com maior frequência em minas subterrâneas, uma vez que, constantemente, novas galerias são abertas, ao passo que galerias antigas são eliminadas, comparado com minas à céu aberto, as estradas também dificultam o rendimento operacional, da frota, além da questão do inter-peres impactar diretamente nas vias e estradas, porém com menor intensidade que em minas subterrâneas. Independente do tipo de mina, para os autores deve ser consideradas também pelo sistema de gerenciamento de frotas, as condições das estradas, uma vez que as estradas são danificadas com grande frequência, em função do peso da carga dos caminhões, o que torna necessário uma manutenção regular das estradas, com conseqüentes atrasos no deslocamento dos veículos (SAAYMAN *et al.* 2006),

Em minas a céu aberto, os caminhões se deslocam até uma das frentes de lavra, pontos da mina onde o minério (ou estéril) está sendo retirada, e após serem carregados, se deslocam para algum ponto de descarga (RODRIGUES, 2006).

Os pontos de descargas podem ser:

- a) Usina de Beneficiamento – onde o minério é tratado;
- b) Pilhas de homogeneização – para mistura de material ( Pilha pulmão);
- c) Pilhas de estéril (material não aproveitado pelo processo);

Ainda em Rodrigues (2006), minas a céu aberto utilizam dois critérios para alocação de caminhões: a alocação estática e a dinâmica. Na alocação estática, conforme FIG 2, os caminhões são fixados a um ponto de carga e a um ponto de descarga, ou seja, o seu deslocamento ocorre apenas entre esses dois pontos durante um determinado período de tempo. (RODRIGUES, 2006).



Figura 2 – Alocação Estática de Caminhões

Na alocação dinâmica, conforme FIG 3, descreve que para cada carga e/ou descarga o caminhão é direcionado para um ponto específico de acordo com os critérios previamente estabelecidos. (RODRIGUES, 2006).

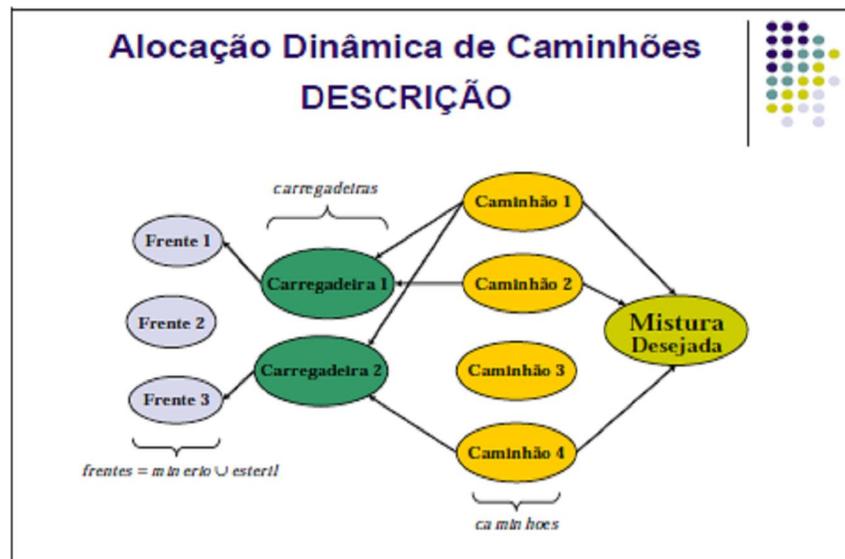


Figura 3 – Alocação Dinâmica de Caminhões

Historicamente, as minas a céu aberto sempre operaram utilizando a alocação estática, devido a falta de ferramentas e modelos consistentes, mas com o advento da possibilidade de monitoramento e controle por computador, vêm utilizando atualmente, a alocação dinâmica, despachando os caminhões para a

lavra com maior possibilidade de contribuição para o atendimento dos objetivos de produção a curto prazo (KOLONJA *et al.*,1993).

Segundo Munirathinam e Yingling (1994), sistemas de gerenciamento de frotas estão sendo cada vez mais aplicados para melhorar a utilização de equipamentos e a produtividade em minas a céu aberto e para ajudar a assegurar que as operações de extração nessas minas estejam dentro das premissas de desempenho estabelecidas.

Já Rodrigues (2006), define a alocação estática como o método mais utilizado nas minerações, em função de não depender da utilização de um sistema automático de alocação.

Por ser um método simples e apresentar baixos custos, esse tipo de alocação é, geralmente, aplicado em minas de pequeno e médio porte. Porém, esse método proporciona menor produtividade, pois pode ocasionar filas e ociosidade dos equipamentos.

A utilização da alocação dinâmica requer o uso de um sistema de despacho, sistema de gerenciamento de frota.

Segundo Knights e Bonates (1999), pode se dizer que os termos “alocação dinâmica” e “despacho” são equivalentes.

Tu e Hucka (1985) explicam que, no sistema de gerenciamento de frotas, ao contrário da alocação estática, os caminhões não são alocados para uma mesma carregadeira durante todo o tempo, o que significa que, após cada descarregamento, o caminhão é enviado a uma carregadeira de acordo com a situação de momento da mina.

Os sistemas de despacho utilizam critérios previamente estabelecidos como qualidade, capacidade e produtividade dentre outros.

Kolonja *et al.*(1993) afirmam que a introdução de um sistema gerenciamento de frota em uma mina pode alcançar ganhos operacionais através da melhora de performance nos tempos fixos, na redução do tempo de espera e obtenção de outros benefícios através do maior controle e melhor monitoramento, como também

de um roteamento ótimo. Entretanto, a eficiência no emprego da frota de caminhões e equipamentos de carga depende da estratégia usada, da complexidade do sistema caminhão/equipamento de carga e de uma série de outras variáveis.

Além disso, as operações diárias de uma mina a céu aberto são muito afetadas pelas várias políticas de operação e de gestão, tomadas de decisões sobre a óptica de estratégia, que não podem ser arbitrariamente determinadas. O problema de determinação dessas políticas requer previsão de desempenho do sistema através da consideração de várias combinações de caminhão/equipamento de carga selecionados sob condições realistas (KAPPAS; YEGULALP, 1991).

Para Kolonja *et al.* (1993), o transporte de caminhão é a maneira mais empregada para extração de minério e estéril, e também a mais cara. Por isso, os sistemas de transporte em minas a céu aberto envolvem grande volume de capital e recursos, qualquer redução percentual nos custos de transportes é significativo, o que torna como objetivo principal do transporte em mineração, minimizar o custo de transporte dessa movimentação (material retirado da mina para a usina).

Sendo que esse custo de transporte do minério influencia diretamente a escolha de onde retirar o mesmo (GERSHON, 1982).

Neste intuito, o sistema de gerenciamento de frota pode reduzir o custo de capital e da operação, através da redução da frota de caminhões necessária e do aumento da produção com a utilização da mesma frota, porém de uma forma mais otimizada.

O potencial que o sistema de gerenciamento de frota possui de melhorar a utilização de seus equipamentos é obtido através da melhor rota para os caminhões levando em conta a capacidade e eficiência da máquina carregadeira, enquanto outra pode situação a mesma poderia estar aguardando caminhões e gerando filas. Já o potencial de melhorar a qualidade é obtido despachando os caminhões para as carregadeiras que melhor contribuem para a mistura na pilha ou usina, considerando as condições de momento, ou seja, atendendo às restrições de qualidade e reduzindo a variância dos teores alimentados (TU; HUCKA, 1985).

Gershon (1982) alerta que não se deve otimizar um dos fatores ligados à atividade mineral (como limite de cavas final, teor de corte, programação da produção, necessidade de equipamentos entre outros) independentemente de outro, pois, se os fatores forem resolvidos separadamente, as várias otimizações podem ser conflitantes, criando uma série de soluções que poderiam não ser viáveis para colocar em prática. Assim o problema do transporte, de produtividade para alocação de caminhões e o problema de blendagem, de qualidade devem ser resolvidas simultaneamente para obter melhores resultados.

Vale ressaltar que, enquanto o objetivo do problema de transporte é mover o material retirado da mina para a usina de modo que o custo seja minimizado, o objetivo do problema de blendagem em mineração é manter o teor de minério em um nível quase constante para alimentar a mina (GERSHON,1982).

Segundo Kolonja *et al.*, (1993), com o grande avanço da tecnologia computacional, existem vários sistemas de gerenciamento de frotas, nos quais aumentam o potencial de melhoria da produtividade dos caminhões e dos equipamentos de carga, desde que usados de forma coesa a estratégia, podendo assim gerar, economias para o sistema. Para estes mesmos autores o uso de um sistema de gerenciamento de frota, como uma ferramenta estratégica e de integração entre as áreas numa mina pode gerar ganhos operacionais pela redução dos tempos de espera e obtenção de outros benefícios, como melhor monitoramento, roteirização ótima e controle de teor.

Diversos métodos têm sido desenvolvidos para implementar o gerenciamento de frotas (TU; HUCKA, 1985). Tais métodos podem ser agrupados em três tipos básicos de sistemas de gerenciamento de frotas “despacho de caminhões”:

- Sistema de despacho manual
- Sistema de despacho semi-automático
- Sistema de despacho automático

Com o surgimento e avanço de novas tecnologias, e melhorias significativas nas tecnologias já usadas nas indústrias, muitas empresas têm levado a

desenvolver muitos modelos de tomada de decisão para auxiliar na melhor alocação possível dos equipamentos em mina a céu aberto.

Os sistemas de gerenciamento de frotas recentes têm implementado controles que monitoram a execução do plano de produção a curto prazo e esse, por sua vez, remete a objetivos múltiplos e interativos como maximizar taxa de produção, minimizar remanuseio, satisfazer as necessidades da mistura de minério e atender as restrições de qualidade (MUNIRATHINAM; YINGLING, 1994).

O principal objetivo do gerenciamento de frota ou “despacho” computadorizado é maximizar o tempo total produtivo da mina, minimizar a quantidade de caminhões necessária para o transporte, maximizar a produção dos equipamentos de carga e atender os padrões de qualidade da usina de tratamento (CHIRONIS, 1985) .

Saayman *et al.*, (2006) presumem que o principal passo e mais importante na criação de um sistema de gerenciamento de frota é determinar a importância relativa dos diferentes parâmetros (tempo, distância etc) que serão levados em conta.

Um sistema de gerenciamento de frota, “despacho” bem planejado e implementado pode gerar boas economias para a empresa, ao reduzir, por exemplo, o tamanho da frota necessário de caminhões (CHIRONIS, 1985).

Segundo Tu e Hucka (1985), a substituição de equipamentos como caminhões e escavadeiras (a qual se faz de tempos em tempos), o aumento da profundidade das minas e os altos custos de energia combustível contribuem para o aumento dos custos na operação da frota. Esses autores afirmam que têm sido observadas melhorias de 3% a 15% na produtividade do transporte por caminhões nas operações de mina a céu aberto que implementaram sistemas computadorizados de gerenciamento de frotas.

Para se implementar um sistema computadorizado de gerenciamento de frota em tempo real é necessário decidir um critério (ou política) de despacho (TU e HUCKA, 1985). As políticas mais comuns usadas são:

- Maximização da produtividade dos caminhões;

- Maximização da produtividade das carregadeiras;

A eficiência da frota de caminhões e carregadeiras depende da estratégia do gerenciamento de frota em uso, da complexidade do sistema em uso e de uma variedade de outras variáveis (KOLONJA *et al.*, 1993).

White e Olson (1993) acreditam que para que o sistema de gerenciamento de frota, seja de uma precisão incomum e completo nas suas funcionalidades, é importante que o sistema de monitoramento dos equipamentos seja preciso e confiável, de modo que as operações da mina possam ser otimizadas em tempo real.

Além disso, segundo Soumis *et al.* (1989), as atividades de planejamento operacional e gerenciamento de frota têm que ser resolvidas de maneira integrada, juntamente com outras áreas, já que existem muitas ligações entre elas. O autor ainda afirma que o planejamento operacional é um plano estratégico e estabelece o cenário para a operação ótima que, subsequentemente, é reproduzida pelo despacho, área que gerencia as frotas. Juntas elas informam para o *software* de otimização, através dados que reproduz a melhor operação e/ou rota, de forma a otimizar todo o processo, caso não façam isso de forma integrada, então o mesmo não se aproximam do ótimo e podem ser considerado contra produtivos.

Soumis *et al.*, (1989) defendem que a alocação de um equipamento para um determinado destino deve ser feita de forma a otimizar seu destino juntamente com os destinos dos demais caminhões a serem gerenciados posteriormente a este equipamento, uma vez que uma decisão tomada considerando apenas um caminhão por vez pode estar distante do ótimo.

De acordo com Chanda e Dagdelen (1995) na mineração, uma meta de produção para o processo é o fornecimento de minério com qualidade (teor e tonelagem) uniforme, com base nas necessidades da planta, de forma a garantir a eficiência operacional da mesma. Neste caso, para assegurar a uniformidade da alimentação do processo de beneficiamento é necessário estudar e simular misturas minérios de qualidade diferentes de várias frentes de lavra da mina e/ou de diferentes minas, e acompanhar esta evolução, capacidade e qualidade realizada.

A blendagem pode ser vista como um processo sistemático, comum para minas com alto grau de variabilidade de teor, ou seja, para minas não homogêneas, especialmente para (minério de ferro, ouro, carvão entre outros), onde a qualidade do produto é importante. Assim em situações nas quais os limites de qualidade de produto se torna mais estritos, seja por motivos econômicos, ambientais, ou por outras razões, a blendagem se torna um aspecto importante no planejamento estratégico de mina (CHANDA; DAGDELEN,1995).

### 3 DESENVOLVIMENTO

Nesta seção será tratado o foco da pesquisa, que é a compreensão do *software Dispatch* como ferramenta de gerenciamento e inovação tecnológica na área de logística de uma mineradora de grande porte.

#### 3.1 *Software Dispatch*

O sistema *dispatch* é integrado, basicamente, por *software* simulador (princípios de Pesquisa Operacional aplicada), e a comunicação se dá através de antenas GPS instaladas em todos os equipamentos em operação nas minas e rádio de comunicação, conforme a FIG 4, seção D.

Além da busca pela otimização dinâmica das operações, ele também é responsável pela coleta e armazenamento de todas as informações necessárias para controles de produção, indicadores de desempenho, entre outros. Um dos pacotes disponíveis neste banco de dados torna possível acesso a informações completas quanto aos ciclos dos caminhões e seus desmembramentos.

O sistema consta de um conjunto central de computadores responsável pelos cálculos de otimização da movimentação, uma rede de comunicação - composta por antenas repetidoras e consoles gráficos de bordo (GOIC) instalados nos equipamentos de mina. Cada aparelho dispõe de um sistema GPS (*Global Positioning System*) que permite a determinação do posicionamento do equipamento na mina. A posição deste equipamento é reportada à central de computadores por meio de sinal de rádio UHF.

Para garantir uma cobertura total em todas as regiões do complexo existem repetidoras posicionadas em locais estratégicos. No entanto, como os equipamentos se deslocam livremente pelas diversas regiões da mina, o canal de comunicação destes com o central devem ser sempre ajustados de acordo com a região onde se encontra. Este constante monitoramento de canais dos equipamentos é feito automaticamente pelo sistema, onde comandos da central são enviados aos equipamentos quando estes são detectados nos pontos de transição entre as regiões da mina.

A interação entre o sistema e operador se dá por um terminal local instalado em cada equipamento de mina, possibilitando ao operador receber instruções do sistema, assim como também retornar informações, como exemplo, o estado do equipamento, apropriação e mensagens, como mostra a FIG 4 seção B, console gráfico colorida e a FIG 4 seção C, console gráfico monocromática.



Figura 4 - **Computador de bordo, tela CGC, antenas de GPS e rádio**  
Fonte: Manual de Otimização e operação do sistema (HEIDENREICH, 2008, p. 02).

Para que haja essa interação entre o sistema de campo, do operador do equipamento de transporte e a sala de controle, ou seja, a central de tráfico de mina, é preciso a interligação de todos esses acessórios como demonstra a FIG 5. Onde se tem um *nobreak* para fornecer energia aos terminais de controle (*hub, switch, modem*). As antenas para transmitir e receber os sinais dos equipamentos de mina, como também das informações dos técnicos da central de tráfico de mina. Logo depois se tem o *Access Point* para converter o sinal transmitido ou recebido pelos *Wireless*. Além dos *Switchs* e modem para a interligação dos computadores matriz (onde está instalados o *software*, os servidores, os banco de dados), enfim interconectando-os a todos os outros computadores que acessam o sistema do *Disptach*.

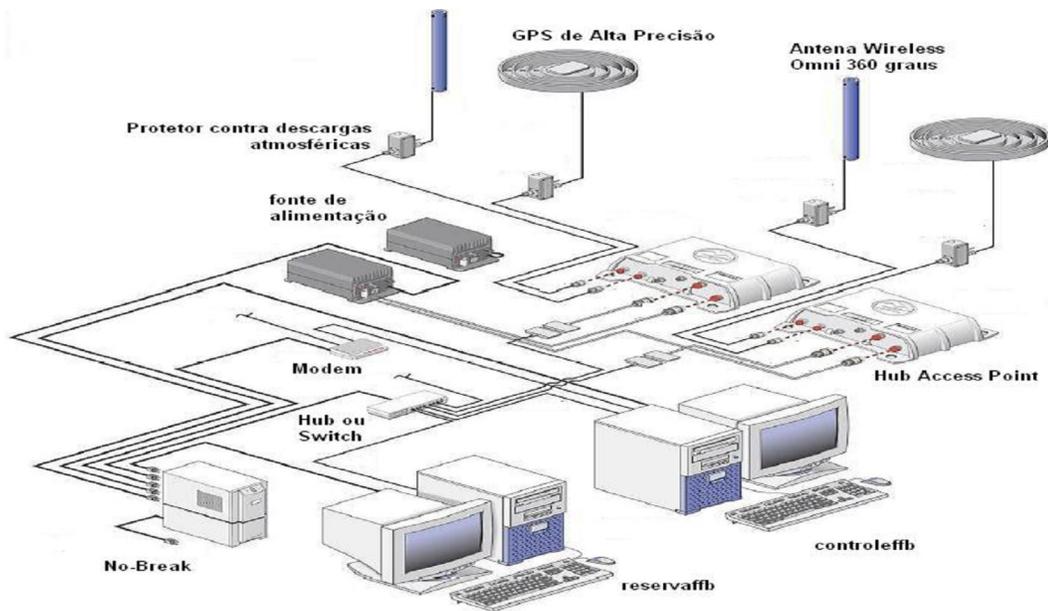


Figura 5 – **Configuração do controle central do sistema Dispatch.**  
 Fonte: Manual de Otimização e operação do sistema (HEIDENREICH, 2008, p. 02).

Os equipamentos móveis (caminhões, escavadeiras etc) são localizados na mina através de seus GPS, mas para que a central receba essa informação são necessárias algumas antenas instaladas em locais estratégicos. Essas antenas, conforme FIG 6, possuem repetidoras que ampliam o sinal de rádio fazendo com que sejam identificados pela central de tráfico de mina, sala de controle.

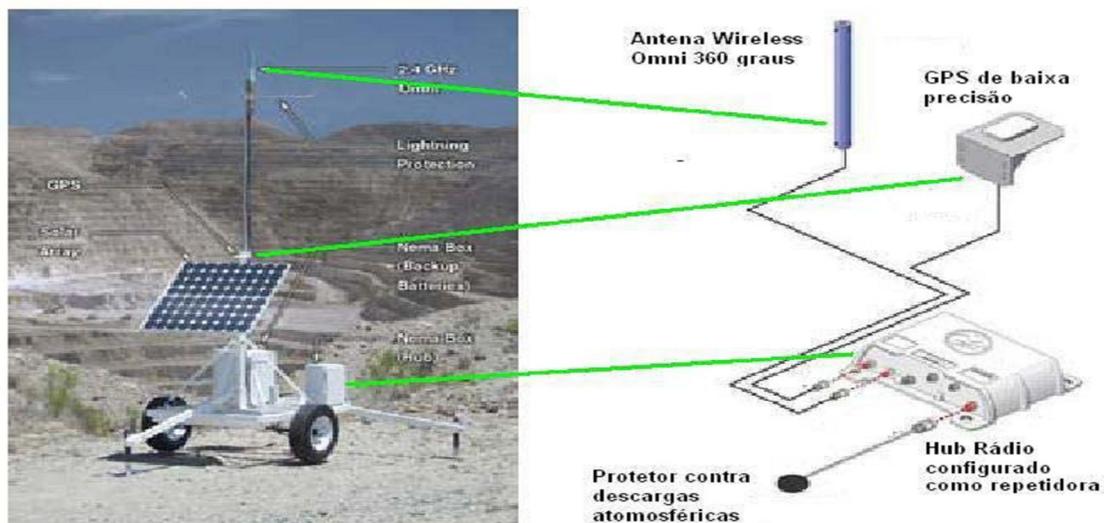


Figura 6 – **Modelo de antena repetidora móveis de campo Master Link**  
 Fonte: Manual de Otimização e operação do sistema (HEIDENREICH, 2008, p. 03).

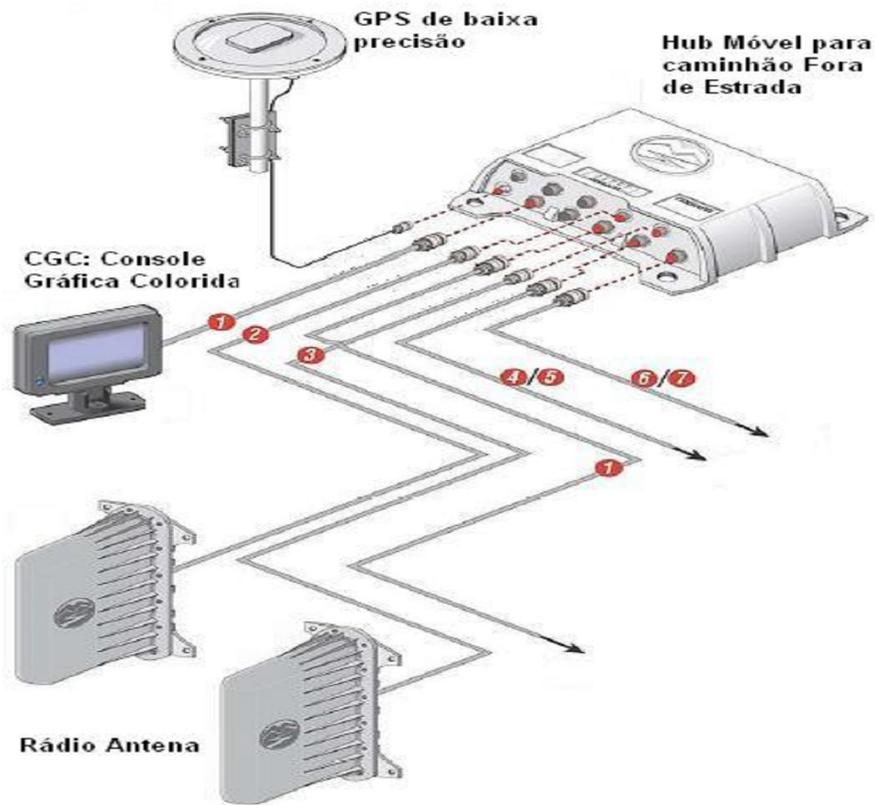


Figura 7 – **Configuração do controle nos equipamentos (frota)**  
 Fonte: Manual de Otimização e operação do sistema (HEIDENREICH, 2008, p. 03)

Cada equipamento móvel de transporte possui um conjunto de acessórios, conforme FIG 7, com um terminal de console, um GPS, uma antena e um *hub* para interligação e comunicação com *software Dispatch*.

### 3.1.1 Principais recursos (módulos) do *Software Dispatch*

Os principais recursos que este tipo de software, alavanca ao sistema, a nível de controle e gerenciamento das operações de mina é composto de no mínimo módulos com as seguintes funções:

- Despacho otimizado das frotas de transporte e carregamento: Módulo que utiliza Programação Linear e Dinâmica para maximizar produtividade e minimizar ociosidade das frotas produtivas.

- Análise de Carga: Interface com as balanças dos caminhões, provendo informação em tempo real para o equipamento de carregamento e análise histórica de sub e sobre-carregamento nos equipamentos de transporte.
- Telemetria do *status* dos equipamentos: Interfaces com os sistemas de monitoração de dados vitais dos equipamentos de mina, provendo alarmes em tempo real e histórico. Disponibilidade de interfaces para comunicação através de protocolo MODBUS e comunicação com os sistemas de monitoração de dados vitais de equipamentos de grande porte de fabricação Caterpillar, Komatsu e outros.
- Sistema de Relatórios: Módulo para configuração e emissão de relatórios a partir das bases de dados do sistema de controle. Recursos disponíveis:
- Acesso aos relatórios via browser Microsoft Internet Explorer através de rede intranet;
- Disponibilidade para acesso a base de dados via ODBC;
- Desenvolvido em plataforma Microsoft Windows;
- Exportação de dados de relatórios para planilhas do Microsoft Excel com atualização automática dos dados em tempo real
- Relatórios customizados pelo usuário;
- Recursos para controle de acesso em múltiplos níveis
- Identificação de dados anômalos de forma automática conforme regras configuradas no sistema.
- Módulo de gerenciamento e despacho para o abastecimento: Otimiza os eventos de abastecimento de combustível, minimizando perdas de produção devido às filas nos postos de abastecimento e evitando escalas fixas de abastecimento.
- Módulo de controle de qualidade e gerenciamento dos estoques: Acompanhamento de até 20 parâmetros de qualidade. Acompanhamento em

tempo real da qualidade basculada nas britagens e estoques. Permite a identificação da qualidade ponderada basculada em certo período de tempo em uma região específica de um estoque.

- Módulo de reconciliação da movimentação de material: Reconcilia a saída de material das frentes de carregamento com a descarga do material em depósitos de estéril, estoques de minério, unidades de britagem e remanejamentos (material depositado em estradas, bancos).
- Módulo de Simulação: Permite que o usuário simule qualquer situação operacional utilizando dados reais acumulados pelo sistema ou dados fictícios manualmente alimentados, gerando inclusive todos os relatórios de produção e produtividade à disposição no sistema. Entre outros, pode-se simular o impacto nas operações da abertura de estradas e rampas, construção de novas unidades de britagem, mudança da frota produtiva, mudança nos procedimentos operacionais (hora de refeições, número e duração de turnos, etc.).
- Módulo de registro de inspeção inicial do turno: Permite a configuração de telas e fluxo de informações nos painéis de operação embarcados para registro de itens observados durante as inspeções realizadas pelos operadores dos equipamentos de grande porte no início dos turnos.
- Gerenciamento e Suporte às Tarefas do Supervisor: Módulo para configuração das informações enviadas ao supervisor da mina permitindo a monitoração do progresso de todas as atividades em execução bem como a mudança de estratégias de operação durante o turno.

### 3.1.2 Estratégia de Otimização do *DISPATCH*

A estratégia de otimização do *Dispatch* envolve a alocação ótima de recursos de transporte (caminhões) e recursos de carga (escavadeira) com o objetivo de maximizar a produtividade global dos caminhões. Essa alocação de tonelada é limitada por restrições operacionais (capacidade dos britadores, parâmetros de

qualidade, capacidades de escavação etc) e prioridades (prioridade de material, prioridade de escavadeira etc).

A estratégia utiliza dois mecanismos que são compostos por três modelos matemáticos de programação, ilustração FIG 8: BP melhor rota (Best Path) – PL Programação linear – PD Programação dinâmica; para maximizar a produtividade global dos caminhões na mina.

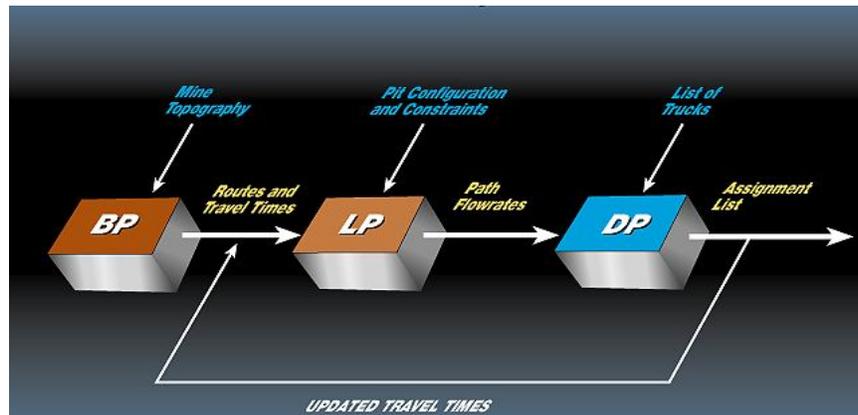


Figura 8 – Modelo de programação do Software Dispatch Algorithms.

Fonte: Arquivo interno da empresa, acessado em 07 de junho de 2011

No primeiro mecanismo (BP + PL), a necessidade de informações da programação linear, de redes de estradas e da topografia da mina, antes de tentar qualquer otimização. A melhor rota por sua vez, calcula a menor rota entre dois pontos A e B, e alimenta a programação linear com essa informação. A melhor rota é recalculada toda vez que ocorre uma mudança nas rotas e topografias, essas mudanças ocorrem conforme a necessidade de estratégia de lavra da mina.

Nesta fase, a programação linear, cria um plano mestre teórico, para maximizar a produtividade dos caminhões na mina. Este plano conhecido como “solução da PL – Programação Linear”, contém circuitos otimizados de produção que indicam quais os pontos de básculo que devem fornecer “recursos” (caminhões vazios) para quais escavadeiras deverão ser designados com base na taxa de escavação e localização das mesmas. A programação linear designa um “peso” para cada circuito “possível” (restrições como barramento de material, rotas fechadas, etc., tornam alguns circuitos “impossíveis”).

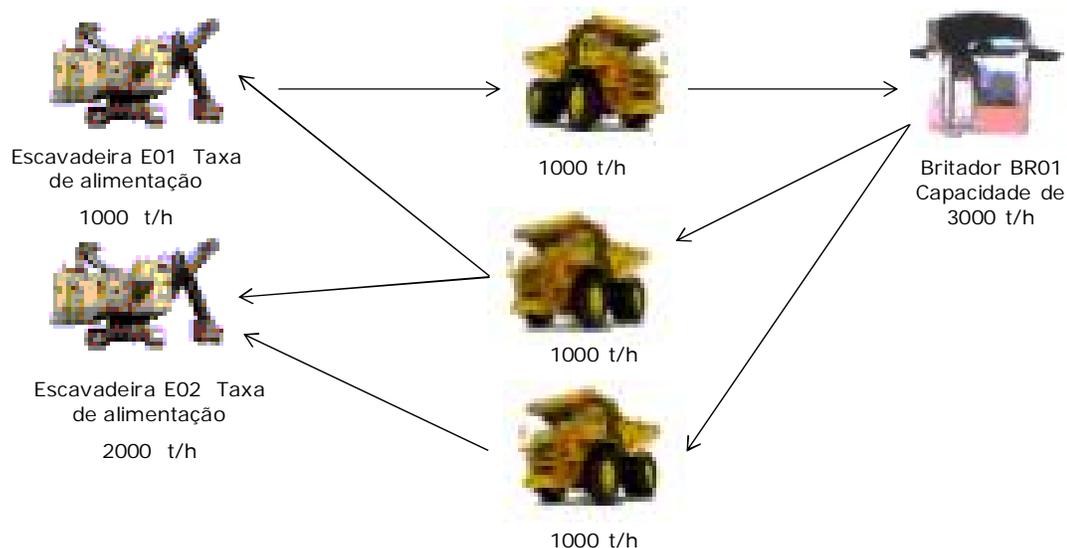


Figura 9 – Circuito otimizado de uma solução hipotética.

A taxa de carregamento é dependente do tipo de caminhão que ela carrega. Por exemplo, uma escavadeira pequena pode demorar mais tempo carregando um caminhão maior devido à maior dificuldade de despejar o material. A relação do tamanho da caçamba máquina de carga versus tamanho do caminhão, também é muito importante e determina o número de caçambas necessárias para encher e liberar o caminhão. A programação linear “PL” utiliza de dados históricos para, sempre que possível, alocar o caminhão ótimo (LPTRUCK) para o circuito produtivo da escavadeira.

Após rastrear o circuito possível, a programação linear seleciona as rotas que geram os circuitos mais produtivos, ou seja, menor tempo de viagem e maior taxa de carregamento. Esses circuitos mais produtivos são chamados de “circuitos da PL”.

A programação linear “PL” aloca para os circuitos uma taxa de alimentação mais alta possível, sendo que limitada pelas diversas restrições (taxa de escavação, % de utilização, limites de britadores, parâmetros de qualidade etc.) e pelos recursos de transportes disponíveis (número de caminhões aptos).

Além de determinar as taxas de alimentação para os circuitos da programação linear, a mesma calcula o número de caminhões necessários para atingir a meta.

No segundo mecanismo, a programação dinâmica tenta atingir, em tempo real, as taxas de alimentação dos circuitos de produção calculados pela programação linear, designando caminhões do tipo LPTRUCK (quando possível; senão designa caminhões de tamanho não ótimo) para os circuitos programação linear. A programação dinâmica considera algumas limitações tais como: frente fixa, fechamento de rotas etc.

Prioridades influenciam a programação linear em casos onde a mina está sub capacitada de caminhões (operando com menos caminhões do que o número necessário calculado pela programação linear). Nos casos de haver um número igual ou maior de caminhões (sobre capacidade), prioridades não afetam a programação linear, pois existem recursos necessários para programação linear cobrir as escavadeiras 100%.

No caso de sub capacitação, algumas escavadeiras podem ficar ociosas ou totalmente inutilizadas pela programação linear. Contudo, o operador do sistema pode alterar quais escavadeiras que vão ficar ociosas ou menos utilizadas, geralmente essa “alteração” só é feita para atingir metas de produção e qualidade estabelecendo prioridades. A melhor designação é aquela que vai gerar a menor perda de produção.

### 3.1.3 Módulo principal: Tela de Produção

O sistema a todo instante registra os tempos de ciclo com base nas interações dos operadores com o console gráfico de bordo (CGC) ou através de coordenadas de GPS via beacons. Os beacons são dispositivos virtuais que possuem uma identificação, números e letras, que têm a função de identificar ou atualizar a localização dos equipamentos na mina. Estas informações de ciclos são de extrema importância para alimentar o banco de dados em tempo real com os tempos de ciclo para uso dos algoritmos de otimização.

O acompanhamento da otimização da frota é dada através de uma tela de produção, monitorado pelo profissional da sala de despacho.

A Tela de Produção é uma das principais telas do sistema. Através dela são realizadas as alterações sobre os estados dos equipamentos, a localização, a mudança de cotas, envio de mensagens aos operadores e etc.

A Tela de Produção é responsável também por exibir a posição do equipamento em rota, através de uma linha que tem relação direta com o tempo estimado daquele ciclo. A medida em se avança no tempo, o equipamento muda sua posição passando uma informação visual ao controlador sobre a localização do equipamento.

Quando o caminhão passa por um beacon (detectores virtuais que atualizam os posicionamentos dos equipamentos) de re-designação ou de passagem, o sistema atualiza a posição do caminhão nesta linha do tempo.

A Tela de Produção apresenta também de forma visual qual equipamento de transporte está sendo carregado em qual escavadeira, a presença de fila, os equipamentos em manutenção no campo ou oficina, equipamentos em abastecimento, os estados operacionais de cada equipamento, equipamentos em atraso em relação ao tempo estimado (média dos 4 últimos ciclos) para completar o ciclo (carregamento, tempo de viagem cheio ou vazio, basculamento e manobra).

A tela de Produção, FIG 10, se divide em cinco seções que serão apresentadas na figura a seguir.

- (Seção A: Escavadeira para Depósito);
- (Seção B: Depósito para Escavadeira);
- Destino final (Seção C);
- Barra de Ferramentas (Seção D);
- Barra de Menu (Seção E);

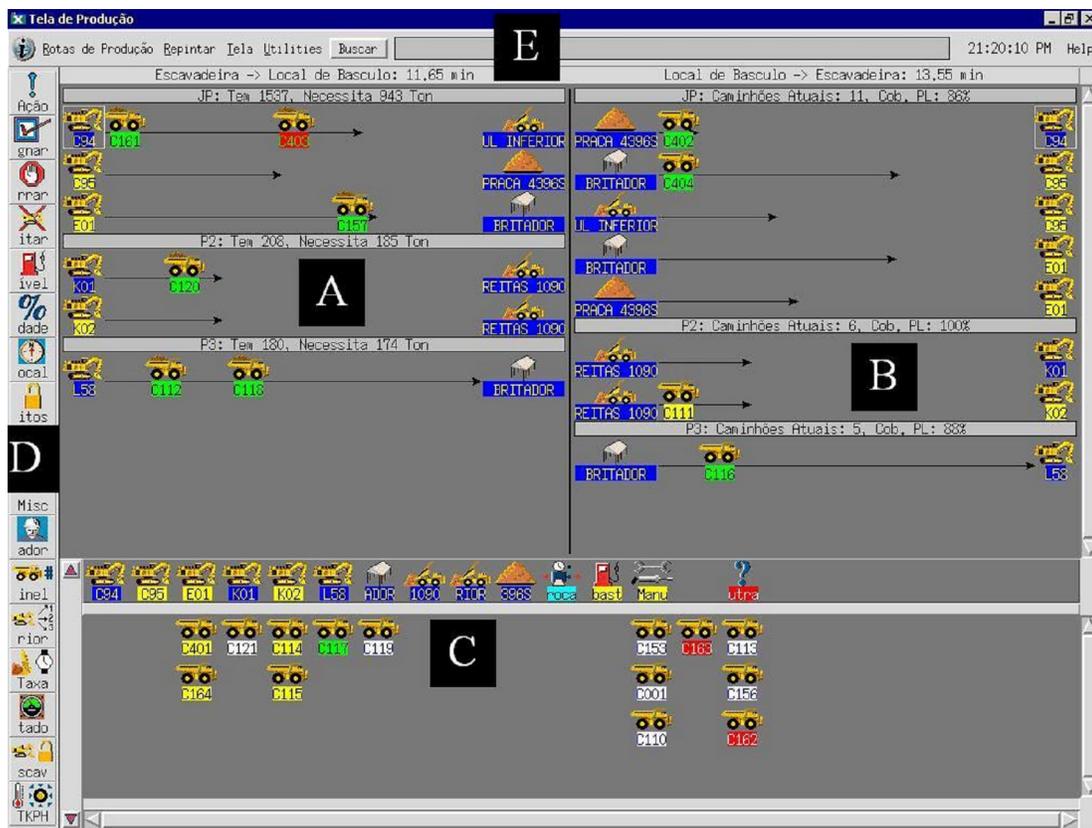


Figura 10 - Tela de produção.

Fonte: Arquivo interno da empresa, acessado em 07 de junho de 2011

De acordo com a FIG 10, a seção A mostra que cada rota exibida de escavadeira para depósitos apresentam uma linha de tempo que corresponde à média de tempo de viagens dos equipamentos. A maior linha representa o maior tempo de viagem e é exibido abaixo da barra de menu o seu tempo médio do ciclo, para que se possa comparar com os demais.

Esta tela é dividida por regiões e no topo de cada região tem o número de caminhões designados e a média ideal de caminhões. Outra informação que pode ser exibida ao invés da quantidade de caminhões necessários é a tonelada necessária para cumprir o plano da programação linear para a hora atual.

A localização do caminhão é atualizada com o decorrer do tempo em relação à média do ciclo e também quando o equipamento passa por algum beacon. Quando um equipamento fica em vermelho e que não esteja parado para manutenção, isto implica que o mesmo está atrasado para completar o ciclo ou que sua antena de recepção de coordenadas de GPS está com problemas.

Geralmente o equipamento fica vermelho ao superar 2,5 minutos de atraso para executar a próxima ação em relação a média do ciclo. Este tempo pode ser configurado para mais ou para menos, mas o que importa é questionar o operador, ou via tela de mensagens ou rádio, sobre o que está ocorrendo, como exemplo de problemas mais comum são: problemas mecânico, problema de acesso da via, interpéres entre outros

A FIG.10, também nos mostra a seção B que exibe as rotas realizadas dos Depósitos para as Escavadeiras, apresentando uma linha de tempo que corresponde à média de tempo de viagem dos equipamentos. A maior linha representa o maior tempo de viagem e é exibido abaixo da barra de menu o seu tempo médio do ciclo, para que se possa comparar com os demais.

Esta tela é dividida por regiões e no topo de cada região temos o número de caminhões designados e a taxa de cobertura das escavadeiras. A localização do caminhão é atualizada com o decorrer do tempo em relação à média do ciclo e também quando o equipamento passa por algum beacon (detectores virtuais que atualizam os posicionamentos dos equipamentos).

A taxa de cobertura da programação linear pode não estar a 100% para uma determinada região por vários motivos como, por exemplo: Não existe escavadeira com prioridade alta para esta região. A região está sub-capacitada de caminhão, existe alguma restrição no depósito que não suporta a tonelada que as escavadeiras são capaz de produzir.

Na última seção, demonstrada na FIG.10, a seção C, observa se a localização e status dos equipamentos que estão em fila ou carregando nas frentes de lavras bem como os equipamentos nos postos de abastecimento, locais de basculamento, estacionamentos e oficinas.

As principais características dessa tela principal de produção resume em:

- Automaticamente, otimizar as designações dos caminhões de produção;
- Acompanhar os equipamentos auxiliares;

- Designação automática de abastecimento;
- Monitoramento dos sinais vitais dos equipamentos;
- Acompanhar a manutenção.

O sistema pode aumentar ainda mais a produtividade dos equipamentos da Mina, tendo em vista todas as facilidades de otimização dos trabalhos relacionados à produção, utilizando uma tecnologia avançada e com maior precisão.

### 3.2 Tempos fixos e produtividade

Na definição do sistema eletrônico em questão, a produtividade (t/h) dos equipamentos de transporte é função, basicamente, dos chamados tempos fixos, distância média de transporte (km), velocidade média (km/h) e carga média executada (t). São considerados tempos fixos:

- tempo médio em fila para carga;
- tempo médio de manobras para carga;
- tempo de carga;
- tempo médio em fila para basculamento;
- tempo de basculamento.

Estes tempos são considerados fixos por estarem intrínsecos na operação.

O dinamismo das operações de mina está atrelado a grandes possibilidades de variações e combinações, o que remete à necessidade de um gerenciamento contínuo para proposição de ações e tomada de decisões.

Os tempos fixos estão inseridos dentro da operação conforme mapa de processo da FIG 11, que mostra o passo a passo do ciclo dos caminhões, começando pelo basculamento de uma carga, quando o caminhão recebe a informação de qual é o seu destino, o deslocamento até esse destino é o tempo de

deslocamento vazio, chegando ao destino ele realiza a manobra de posicionamento para o equipamento de carga, onde inicia o carregamento, após sua conclusão o caminhão é liberado para seu destino de báscula, deslocamento cheio, chegando em seu destino final, o mesmo manobra e realiza a báscula encerrando assim o ciclo.

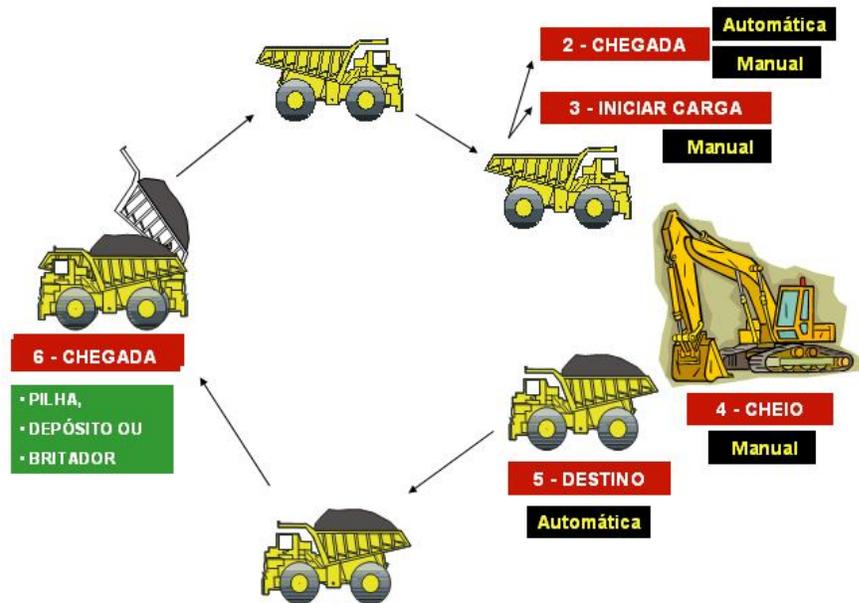


Figura 11 – Fluxo do ciclo de produção  
Fonte Manual de Otimização e operação do sistema (p. 04).

O sistema faz todo o monitoramento das atividades dos equipamentos e separa estas atividades em tempos. Desta forma é possível atuar nos pontos em que a operação estiver com os tempos acima do estabelecido como meta para determinada atividade.

Pode-se dividir esses tempos em:

- Tempo de manobra;
- Ociosidade das máquinas de carga;
- Tempo de fila dos caminhões;
- Tempo de basculamento;
- Tempo de transporte;

O tempo de manobra para o caso de não ter nenhum caminhão na escavadeira quando o caminhão chegar é definido como a diferença entre o tempo que o caminhão inicia carga menos o tempo em que o caminhão chega na escavadeira. E para o caso onde já tenha um caminhão carregando na escavadeira quando o caminhão chega é definido como a diferença entre o tempo que o caminhão inicia carga menos o tempo que a escavadeira libera o caminhão cheio que estava sendo previamente carregado.

O tempo de ociosidade das máquinas de carga é definido como a diferença da chegada de um caminhão na máquina e o momento em que ela liberou o caminhão que estava sendo carregado anteriormente. Se os caminhões estão continuamente nas máquinas de carga, então o tempo médio será contado pelo sistema como zero segundo.

O tempo em fila dos caminhões é definido como a diferença entre o tempo que a escavadeira libera o caminhão previamente carregado menos o tempo em que o caminhão atual chega à escavadeira. Se nenhum caminhão estiver carregando na escavadeira o tempo médio será contado pelo sistema como zero segundo.

O cálculo do tempo da manobra do basculamento é uma média da diferença entre o momento da chegada do caminhão no ponto de descarga até o momento em que ele conclui o basculamento, subtraído do tempo basculamento propriamente dito, (este é definido pelo usuário do sistema), e o pedido de um novo destino para uma máquina de carga. Este tempo é limitado por limites superiores e inferiores para este valor. Estes limites significam que existe um tempo preestabelecido pelo sistema para a execução do basculamento, desta forma é possível fazer o acompanhamento através de relatórios e atuar quando o limite superior está acima do tempo preestabelecido. Para o caso de estar ocorrendo um tempo menor que o limite inferior, deve-se fazer o acompanhamento da operação para verificar se não está ocorrendo alguma falha do sistema ou se o limite inferior deve ser reajustado.

### 3.3 Tipos de Alocações em Minas a céu aberto

São duas as principais possibilidades de alocações de frota, na mineração a céu aberto: a alocação estática ou não otimizada e a alocação dinâmica ou otimizada.

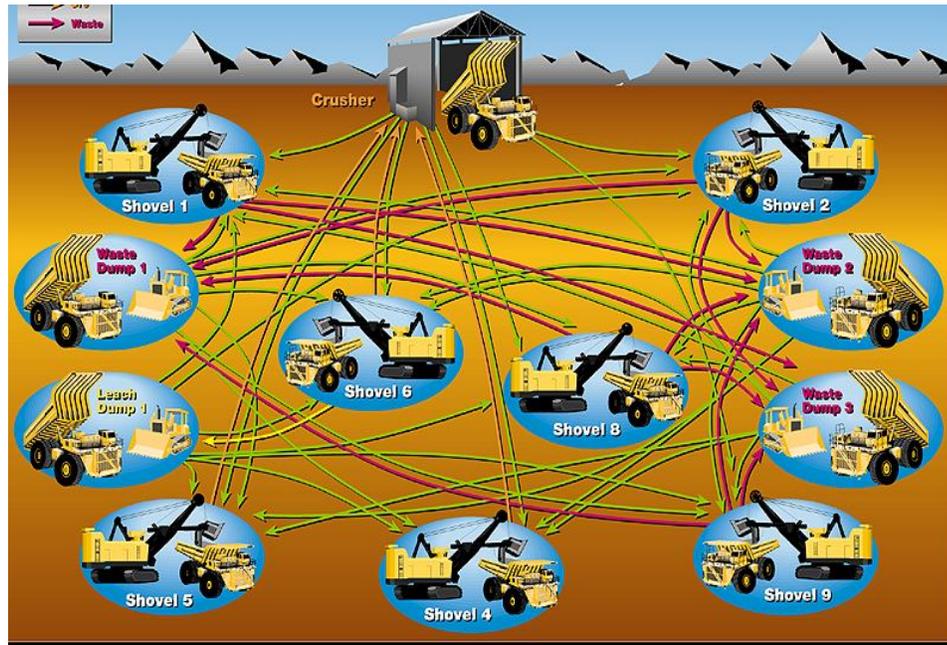


Figura 12 - Possibilidades de alocação de frota de transporte  
Fonte: Arquivo interno da empresa, acessado em 07 de junho de 2011

A FIG 12 mostra as possibilidades de alocação identificadas pelo sistema, onde, dentre estas, ele escolherá a melhor alocação levando-se em conta as possíveis restrições que implicarão diretamente na definição do desígnio do caminhão.

#### 3.3.1 Alocação Otimizada

A estratégia de otimização envolve a alocação ótima de recursos de transporte (caminhões) entre atividades competidoras (escavadeiras) com o objetivo de maximizar a produtividade global dos caminhões. Essa alocação de tonelada é limitada por restrições operacionais (como capacidade dos britadores, parâmetros

de qualidade, capacidades de escavação etc.) e prioridades (prioridades de material, prioridades de escavadeiras etc.).

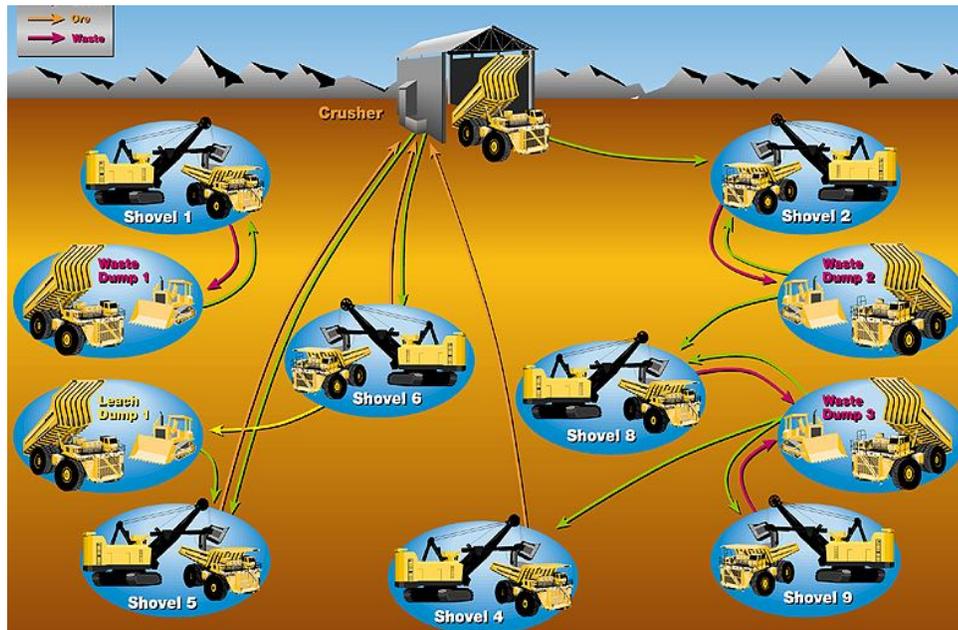


Figura 13 – Rota aberta pelo sistema entre frentes de lavra e pontos de basculamento.  
Fonte: Arquivo interno da empresa, acessado em 07 de junho de 2011

A FIG 13 mostra as rotas abertas pelo sistema já de forma otimizada, procurando reduzir distâncias entre pontos de basculamento e máquinas de carga. Neste momento o sistema já fez a leitura das restrições impostas a ele e já definiu qual a melhor opção de alocação. Isto porque a solução da programação linear mede o fluxo contínuo para o circuito de produção, ou seja, a quantidade de recursos que chegam nas escavadeiras ou depósitos devem ser iguais as quantidades de recursos que partem das escavadeiras ou depósitos.

As equações que a programação linear PL usa para calcular os pesos de produtividade dos caminhões, resulta na criação dos circuitos de produção com base nos trajetos mais rápidos (menos tempo de viagem) e com a melhor taxa de carregamento (implicando na seleção do tipo caminhões para os trajetos).

Para determinar a taxa de alimentação para os trajetos nos circuitos de produção, a PL aloca para os trajetos (em teoria) a mais alta taxa de alimentação possível, em face de uma variedade de restrições. Estas restrições incluem a taxa

de carregamento e o nível máximo de utilização desejado, capacidade dos pontos de depósitos, parâmetros de blendagem e recursos de transportes disponíveis.

Sendo que para um mesmo material, a programação linear PL vai dar preferência para as escavadeiras com prioridades alta, normal e baixa respectivamente. Técnicos, em geral, priorizam escavadeiras em longos trajetos e escavadeiras no minério. Note que uma escavadeira no minério com prioridade alta não necessariamente é mais produtiva do que uma escavadeira no estéril com prioridade normal. Para garantir que todas as escavadeiras sejam prioritárias, é necessário utilizar a prioridade global de materiais.

Quando usado a prioridade, deve-se utilizar também a prioridade global de materiais: minério igual a estéril, Minério acima de estéril e Estéril acima de minério. Por exemplo, se você definir que deseja Minério acima de estéril, o sistema estará tratando de cobrir os circuitos de minério, e o que sobrar de recursos vai para o circuito de estéril. Veja que neste caso não há preocupação de algum circuito de estéril ser mais produtivo do que o de minério. Esta situação na prática pode levar a perda de produção. Por isso é preciso ter sempre certeza da necessidade real de alterar a prioridade global de materiais.

Quadro 1 - O quadro um mostra como fica o ranking das escavadeiras na utilização das prioridades de materiais e escavadeira

<b>Minério igual a Estéril</b>		
<b>Material Escavado</b>	<b>Prioridade</b>	<b>Ranking</b>
<b>Minério e Estéril</b>	<b>Alta</b>	<b>1</b>
<b>Minério e Estéril</b>	<b>Normal</b>	<b>2</b>
<b>Minério e Estéril</b>	<b>Baixa</b>	<b>3</b>

Neste primeiro quadro considerou se a mesma prioridade para minério e estéril, neste caso o sistema cobre as máquinas de minério e estéril sem levar em

consideração o tipo de material, porém o sistema da prioridade as máquinas que possuem uma rota mais produtiva para os caminhões.

Quadro 2 – O quadro dois mostra como fica o ranking das escavadeiras na utilização das prioridades de materiais e escavadeira na relação minério estéril

<b>Minério acima de estéril</b>		
<b>Material Escavado</b>	<b>Prioridade</b>	<b>Ranking</b>
<b>Minério</b>	<b>Alta</b>	<b>1</b>
<b>Minério</b>	<b>Normal</b>	<b>2</b>
<b>Minério</b>	<b>Baixa</b>	<b>3</b>
<b>Estéril</b>	<b>Alta</b>	<b>4</b>
<b>Estéril</b>	<b>Normal</b>	<b>5</b>
<b>Estéril</b>	<b>Baixa</b>	<b>6</b>

No segundo quadro a prioridade do minério está acima do estéril assim sendo o sistema cobre primeiro as máquinas que estão alocadas no minério e que sobra dos caminhões são direcionados para às máquinas de estéril.

Quadro 3 – O quadro três mostra como fica o ranking das escavadeiras na utilização das prioridades de materiais e escavadeira na relação estéril minério

<b>Estéril acima de minério</b>		
<b>Material Escavado</b>	<b>Prioridade</b>	<b>Ranking</b>
<b>Estéril</b>	<b>Alta</b>	<b>1</b>
<b>Estéril</b>	<b>Normal</b>	<b>2</b>
<b>Estéril</b>	<b>Baixa</b>	<b>3</b>
<b>Minério</b>	<b>Alta</b>	<b>4</b>
<b>Minério</b>	<b>Normal</b>	<b>5</b>
<b>Minério</b>	<b>Baixa</b>	<b>6</b>

No terceiro quadro a prioridade de estéril acima do minério aqui o sistema cobre primeiro às máquinas que estão alocadas no estéril e o restante dos caminhões são distribuídos nas máquinas de minério.

É importante ressaltar que para que o técnico do gerenciamento de frota estabeleça a prioridade de materiais, e para que a prioridade seja estabelecida é necessário acompanhar o plano de lavra de mina que é feito pelo planejamento de lavra de curto prazo. Esse plano de lavra é atualizado diariamente e diz quantas toneladas de minério e estéril deve ser lavrado de cada frente em operação.

Ficar atento às mudanças das máquinas de carga também é importante, pois as escavadeiras mudam constantemente de local e conseqüentemente na maioria das vezes o tipo de material também muda. Estas mudanças podem afetar diretamente a prioridade da escavadeira e a sua produtividade, por isto é uma boa prática questionar ao operador quanto às condições de carregamento para que as prioridades possam ser definidas adequadamente. Não é uma boa prática aumentar a prioridade ou a taxa de alimentação de uma escavadeira que não é produtiva dentro do ciclo atual, pois assim estaria retirando recursos de transporte de outras escavadeiras mais produtivas.

Esta prática certamente levará a perda de produtividade. Para que o trabalho com prioridades de matérias e maquina funcione bem é importante que haja uma boa interface entre o técnico do despacho e os operadores dos equipamentos, pois o sistema não consegue realizar o trabalho sozinho ele não reconheci por exemplo que uma praça de carregamento esta ruim e dificultado a lavra ou uma frente que esteja com material resistente na sua lavra.

### 3.3.2 Alocação sem o sistema de otimização (Frente fixa)

Quando a mina trabalha sem um sistema de otimização geralmente as operações acontecem em frente fixa. Uma operação sem o sistema gera falta de sistemática e dificuldade de se estabelecer os circuitos de produção mais produtivos devido a sua complexidade.

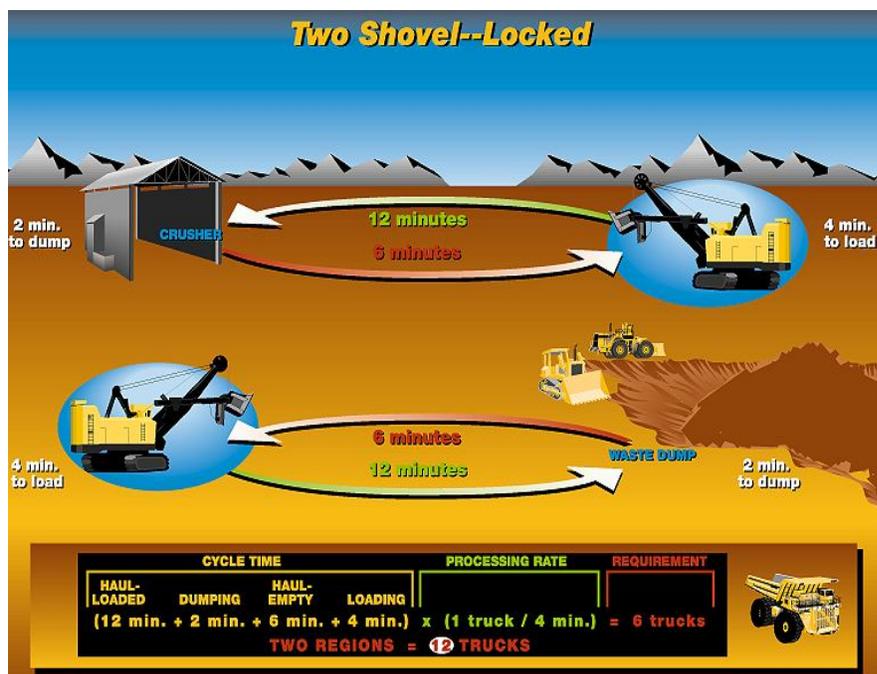


Figura 14 – Tempos de ciclo entre pontos de carga e descarga sem o sistema de otimização.  
 Fonte: Arquivo interno da empresa, acessado em 07 de junho de 2011

A FIG 14 mostra os tempos de ciclo entre pontos de carga e descarga, com fechamento dos tempos e cálculo do número de caminhões necessários para fazer a cobertura das frentes de lavra. Neste exemplo não se tem a atuação do sistema de otimização.

A FIG 15 mostra as mesmas opções de carga e descarga mostradas na FIG 14, porém neste caso o sistema definiu a melhor opção para o circuito de produção e pode-se observar que para alimentar o mesmo circuito de produção foi necessário um caminhão a menos no ciclo. Este é um exemplo claro do propósito do sistema.

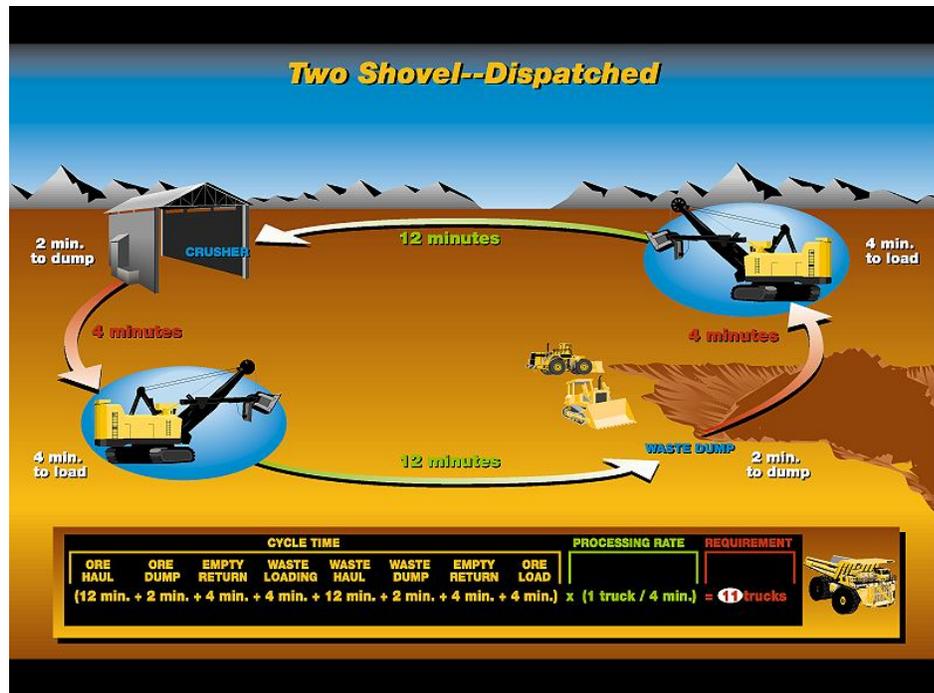


Figura 15 – Tempos de ciclo entre pontos de carga e descarga de forma otimizada.  
 Fonte: Arquivo interno da empresa, acessado em 07 de junho de 2011

Dessa forma o sistema de gerenciamento de frota (*software Dispatch*), gera um ganho substancial na produtividade, mantendo o mesmo número de caminhões e escavadeiras ou reduzindo o número de caminhões e/ou escavadeiras necessário para a produção requerida.

### 3.4 A importância da atualização do mapa da mina

O mapa da Mina (Pitgraphics) que é uma interface gráfica que deve ser atualizada constantemente para representar as condições reais da rede de estradas, bancos, depósitos etc. Para cada ponto cadastrado no Mapa da Mina existem informações associadas que determinam o tipo de entidade (Banco, Britador, Ponto de Chamada, Depósito, Oficina e Estoque), coordenadas (X, Y e Z), estados (Apto, Atraso, Disponível e Manutenção) e ações (tipos de Beacons).

Desta forma pode-se dizer que existem várias entidades cadastradas e conectadas entre si formando uma estrutura de rede de estradas, cujo objetivo é informar a programação linear PL qual é a melhor rota para se chegar no destino de

carga ou básculo em menor tempo, e ao mesmo tempo retratar a realidade do campo quanto à localização real dos pontos para que ações pré-programadas (Tipos de Beacons) possam ser executadas com o apoio do GPS instalado no caminhão. Os pontos amarelos são os rastros dos GPS dos caminhões, os pontos em lilás são os rastros das máquinas de carga e os pontos azuis são os equipamentos auxiliares (tratores, perfuratrizes, motoniveladoras etc.).

A atualização da rede de estradas é fundamental para garantir uma ótima otimização, pois é através das entidades cadastradas na rede de estrada que o sistema se baseia no tempo necessário para percorrer uma rota, e alimentar a programação linear PL quanto à seleção das melhores rotas. A atualização da rede de estradas deve ser perfeita quanto a sua posição, distância e inclinação.

Como exemplo, se tem-se uma inclinação de +4% (rampa em auge) com uma distância de 130 metros, o sistema de despacho vai atualizar o tempo gasto para percorrer este trecho à medida com que o caminhão passa pela rota. Este tempo terá uma grande precisão caso exista entre as duas entidades, beacons para detecção do caminhão, ou seja, o sistema vai saber o instante exato em que o caminhão entrou no primeiro beacon e quando passou pelo segundo, fechando o tempo real de seu deslocamento entre os pontos. O despacho calcula este tempo individualmente para cada caminhão quando estima o tempo necessário para percorrer uma distância entre 2 pontos levando consideração a sua posição, distância e inclinação.

Desta forma, quando se diz que o sistema calcula a melhor rota, ele vai verificar entre os pontos de carga e descarga, qual a rota de menor distância que os equipamentos deverão percorrer.

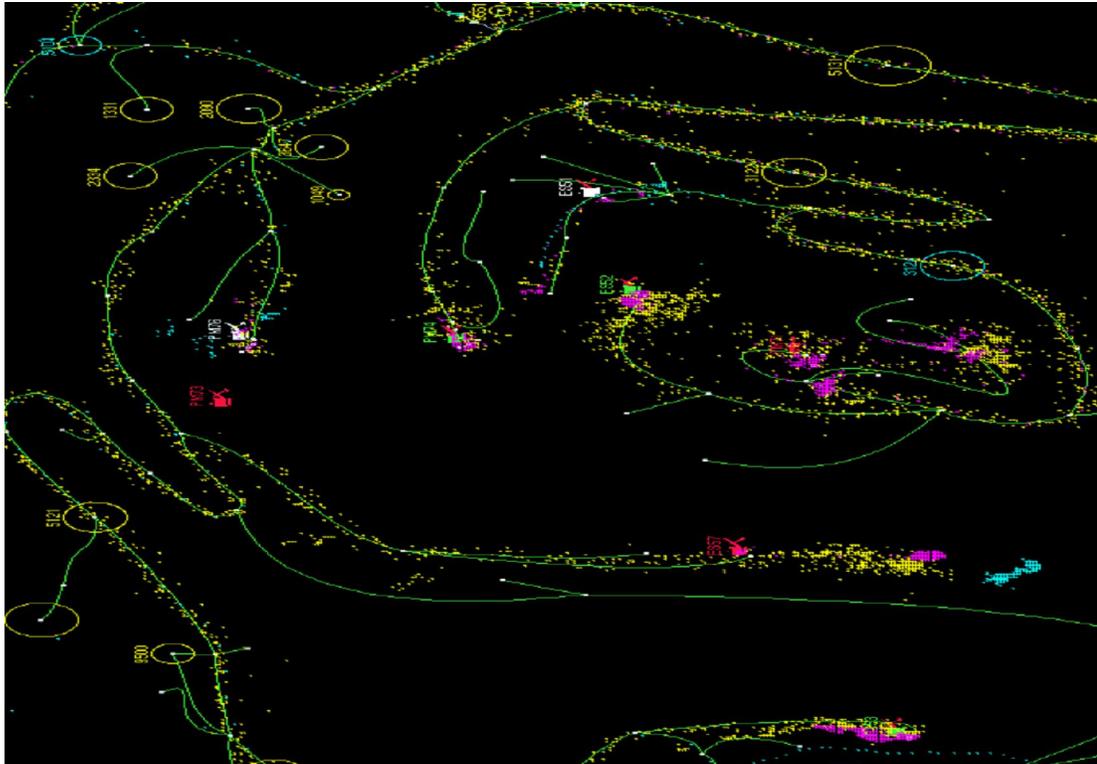


Figura 16 - Tela gráfica com a rede de estradas da mina.  
 Fonte: Arquivo interno da empresa, acessado em 07 de junho de 2011



Figura 17 - Tela de atualização de status dos equipamentos  
 Fonte: Arquivo interno da empresa, acessado em 07 de junho de 2011

Ainda na atualização do mapa da mina, essa interface gráfica ajuda na operação, que respeita, assim, o limite pré-estabelecido, e programado para exploração do minério. Este mesmo mapa serve também como foto documento anexo, as documentações de licença da lavra junto a órgãos fiscalizadores. Ou seja, um diferencial do sistema nesse confronto entre a proposta da empresa (licenciada), em relação a sua situação atual, segurando assim a prevenção contra os riscos ambientais e de segurança.

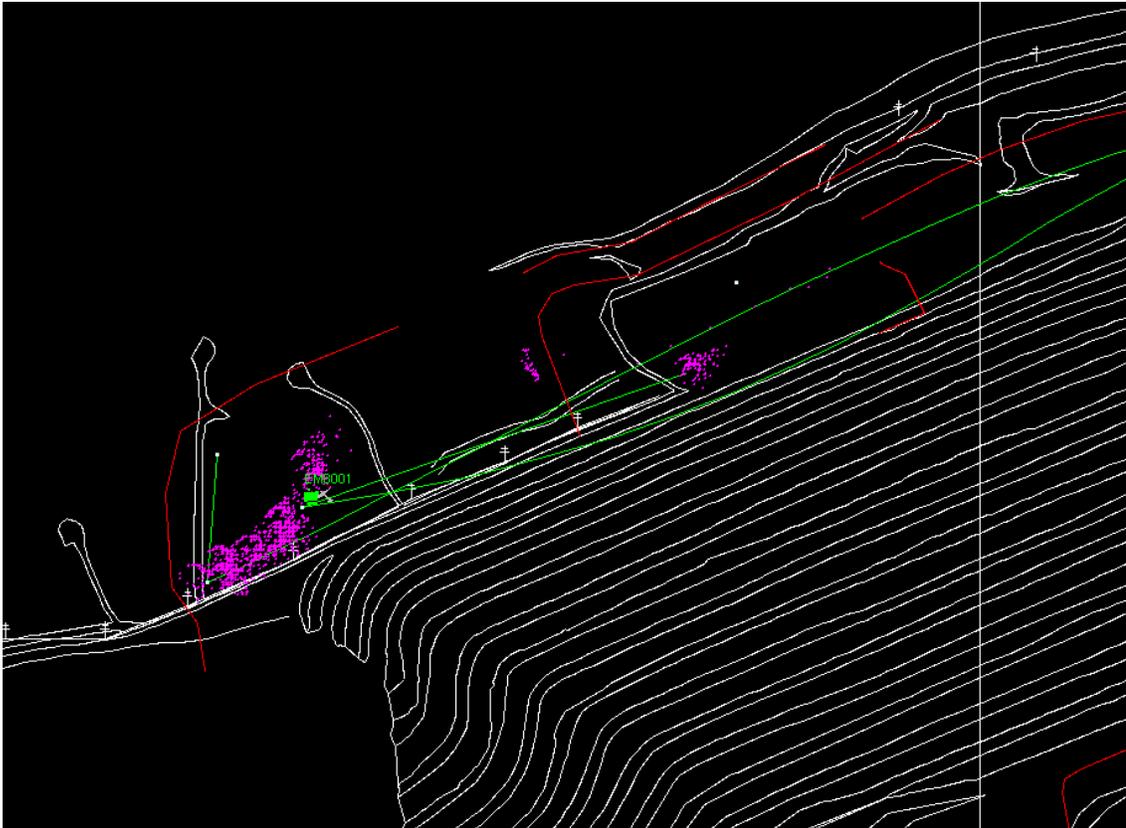


Figura 18 - **Tela gráfica com a rede de estradas da mina.**  
Fonte: Arquivo interno da empresa, acessado em 07 de junho de 2011

A linha vermelha na FIG 18, acima é a proposta licenciada da empresa, os pontos em roxo correspondem às movimentações atuais na exploração da lavra.

## 4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo mostra os ganhos obtidos com a implantação do sistema eletrônico de despacho, como também confronta e discute os resultados, levando-se em consideração as vantagens e desvantagens da implantação do *software*.

### 4.1 Análise de produtividade após implantação

O primeiro ano com a implantação do sistema superou as expectativas como um todo, e alguns fatores foram responsáveis por esses resultados: i) o envolvimento de toda a equipe operacional, pela nova ferramenta e dedicação; ii) a mudança de postura da supervisão na parte de movimentação de mina, foi uma dificuldade das mais graves observadas no período, devido ao fato de muitos supervisores terem como visão a sua interferência no domínio das operações, interferindo assim na alocação da frota de transporte, ocasionando conflitos com o sistema e impactando negativamente na otimização. Porém foi de fácil compreensão tais atitudes devido a outros fatores externos, como a crise econômica mundial que ocorreu neste mesmo período.

Com a familiarização de todos os envolvidos com o sistema, os resultados foram melhores, pois foram corrigidas as imperfeições, a operação de mina se adequou à nova forma de trabalhar e houve uma sinergia entre as operações de mina, despacho e demais áreas.

A produtividade dos equipamentos (máquinas e caminhões), além de estar ligada à otimização do sistema, também está ligada de forma direta às condições operacionais da mina. As condições de praça de carga, densidade do material a ser carregado, granulometria do material, disponibilidade de material, resistência da frente de escavação e outras variáveis impactam na produtividade dos equipamentos. O fator tempo também é uma variável que compromete a produtividade, nos períodos chuvosos comprometem os acessos, as praças e vias, questão de segurança dos equipamentos, no calor intenso, aumenta o nível de poeira, a serração nos períodos noturno prejudica a visibilidade dos operadores chegando até mesmo a paralisar todas as operações conforme sua intensidade.

Pode se observar que após o levantamento dos dois primeiros anos de aplicação do sistema de despacho eletrônico otimizado, uma consolidação confiável e precisa da existência de um banco de dados, através do qual se identifica pontos de melhoria nas operações, que em qualquer tipo de controle paralelo seria impossíveis de estratificar devido a sua complexidade. O FIG 19, abaixo ilustra o ganho em movimentação, para o primeiro ano 2009.

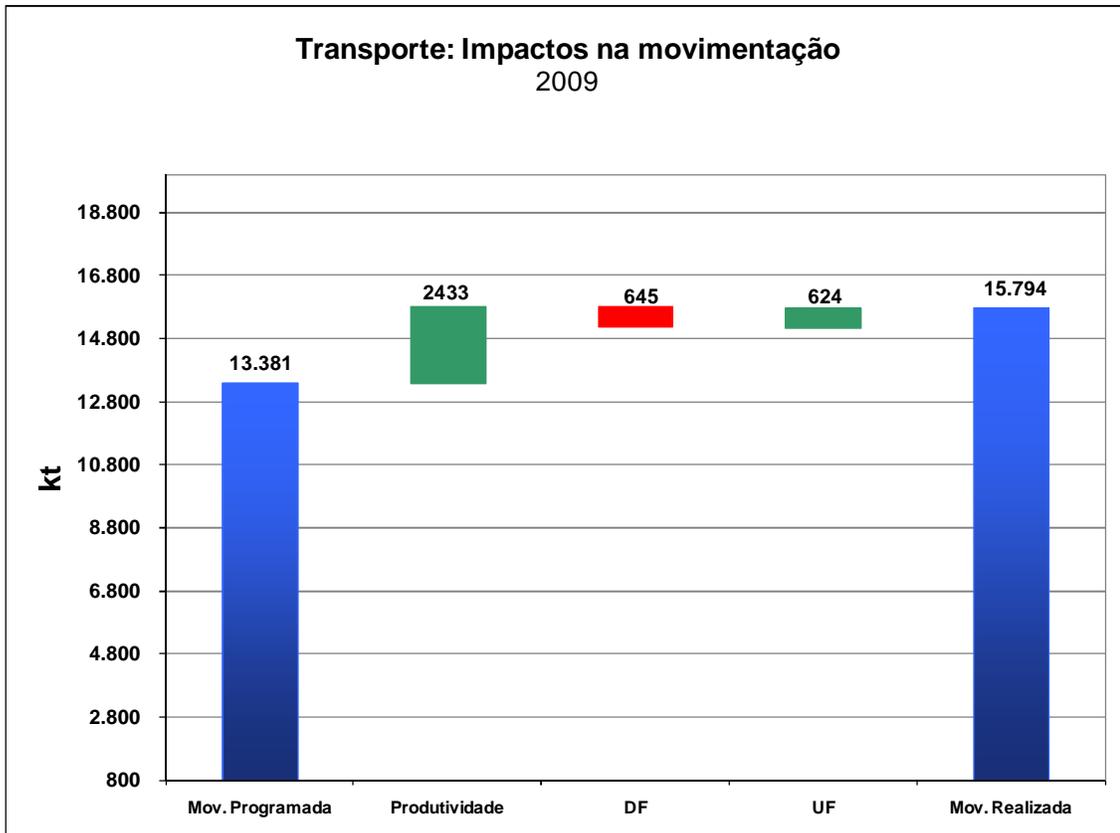


Figura 19 – Movimentação 2009

Se estratificar a produtividade se observar os seguintes ganhos e perdas acerca do programado, FIG 20:

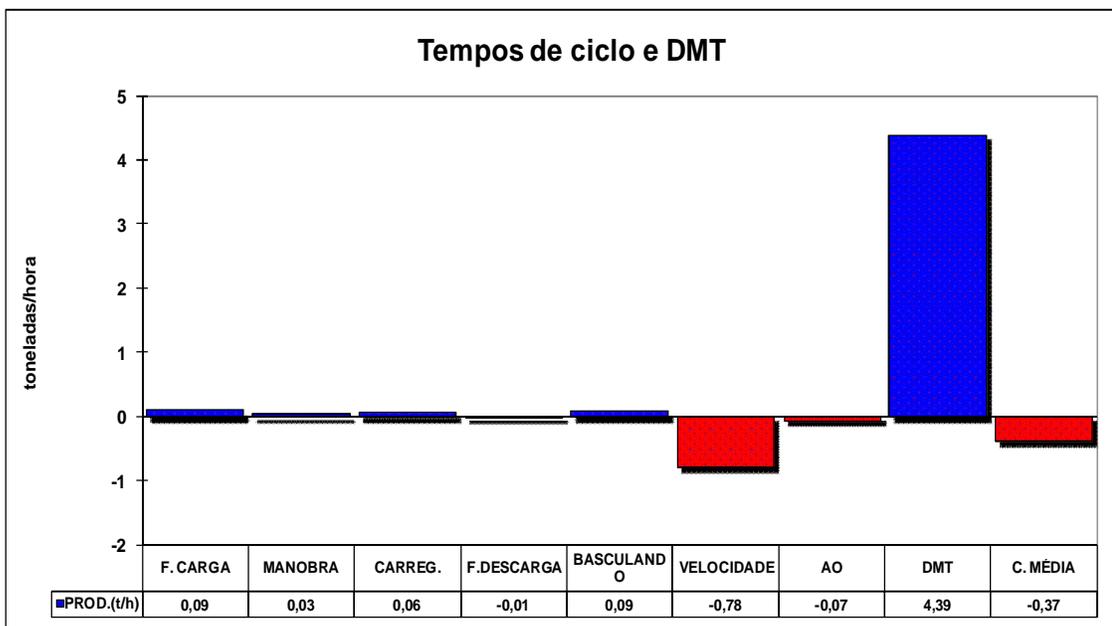


Figura 20 – Análise da produtividade, ano 2009 (Ganhos x Perdas)

Pode-se observar que no ano de 2009, houve melhoria nos tempos fixos em relação ao programado, e a velocidade realizada foi de 2,57 % a menor do que a prevista para o período. Segundo a programação do ano, existia uma meta de velocidade global dos equipamentos de 17,17 Km/h e realizou-se menor de 16,73 Km/h. Faz-se necessário verificar as condições das pistas de rolamento e distância média de transporte, pois a mesma, se menor, pode acarretar fila de carga (interferência com tempo fixo) e baixa velocidade devido a distância de segmento (respeitados 30 metros) entre os caminhões, como também avaliação do primeiro trimestre do ano, devido a crise econômica mundial, no período adotou-se uma estratégia diferenciada para superar a crise, no qual ocorreu reduções significativas nas operações.

Os atrasos Operacionais (AO) no período geraram uma perda em relação ao programado de 0,07 t/h, podendo ser considerado irrisório. Para uma análise crítica desse indicador, basta avaliar nas operações, pois o mesmo é composto por acertos de praça carga/manobra, pesagens, o tempo em que o equipamento aguarda definição dos gestores da frota “despacho”, toda essa análise deve ser verificada, para traçar um plano de ação, mesmo quando o impacto não for tão significativo, uma vez que o atraso operacional, está intrínseco nas operações, e muitas vezes basta mudar a postura e forma de trabalho e pensamento. Houve

perda em carga média em uma tonelada, que sugere perda de capacidade nominal de movimentação. O grande ganho no ano, então fica por conta da distância média de transporte (DMT), onde se teve um ganho de quase 5 t/h no período.

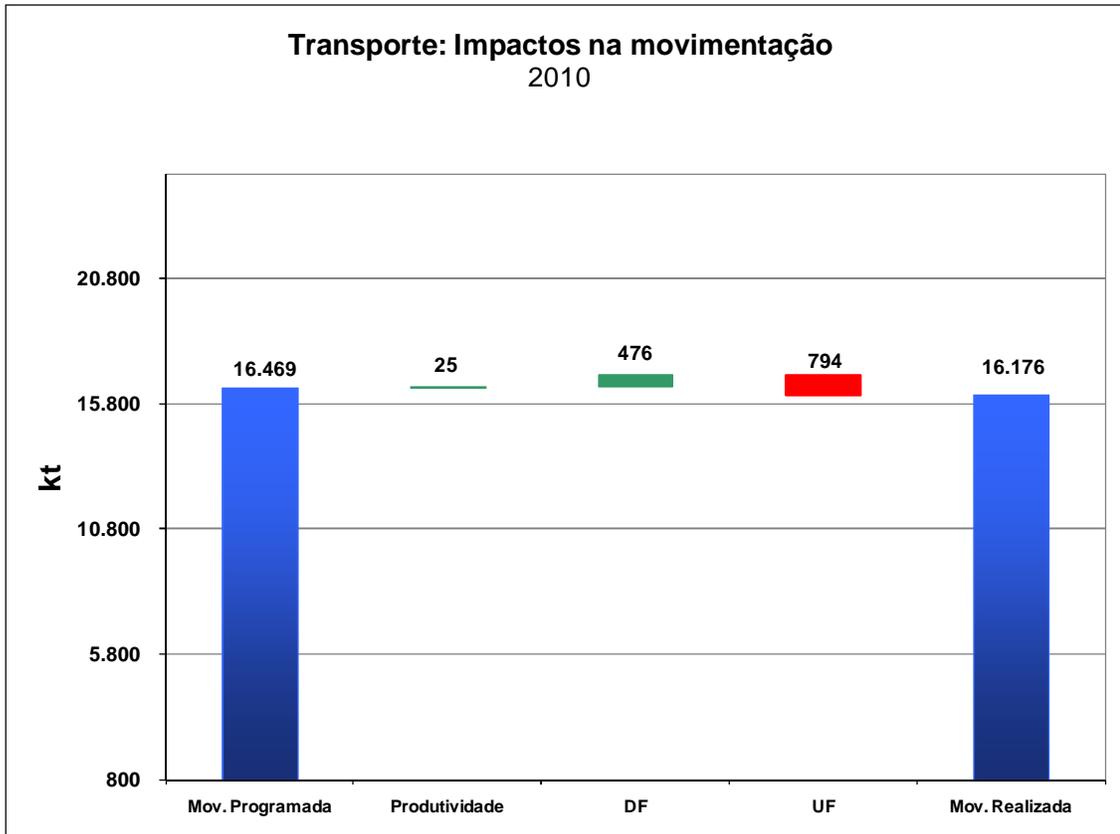


Figura 21 – Movimentação 2010

Em 2010, a movimentação total proposta, conforme FIG 21, foi de 16,469 toneladas, sendo executado 16,176 toneladas de movimentação. Os ganhos e as perdas podem ser vistos no gráfico acima, sendo de 476 toneladas com ganhos em disponibilidade física dos transporte, perda de 794 toneladas com utilização física dos equipamentos de transporte e ganho em produtividade de 25 toneladas.

Vale acrescentar aqui, fazendo um trade-off rápido em relação ao ano de 2009, que em 2010, a frota estava sendo reestruturada, com novos operadores que foram contratados no período pós crise, e não tinham conhecimento e vivência na mina, ou seja, não dominava por completo as vias e rotas o que ocasionou para o ano de 2010, nesta perda de produtividade no que se refere ao tempo de ciclo.

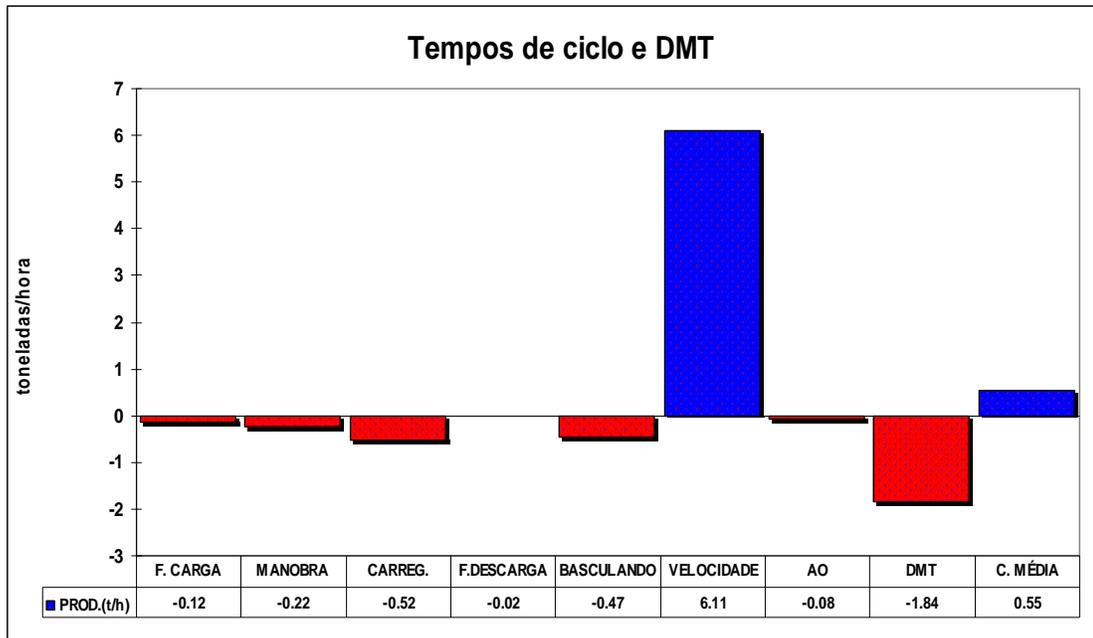


Figura 22 – Análise da produtividade, ano 2009 (Ganhos x Perdas)

Pode-se observar na FIG 22, estratificando perdas e ganhos acerca do programado na produtividade, que houve perdas consideráveis no rendimento da frota, principalmente no que tange os tempos fixos (perdas na carga, manobra, descarga e basculamento), o que vale melhor rastreamento dos dados e avaliação das estratégias tomadas durante o período, para que se possa traçar um melhor plano de ação onde se possa cumprir as produções e movimentações programadas, houve também aumento da distância média percorrida pela frota, impactando em 1,84 ton/hora de perda. Sendo que o grande ganho ficou por conta da velocidade média de transporte, contribuindo com 6 ton/hora em ganho de produtividade, ou seja, uso do *software* na monitoração do desempenho do transporte cheio e vazio foi de grande valia e esforço para ajudar no ganho da produtividade do período, mesmo com perda mínima nos tempo do ciclo dos equipamentos.

#### 4.2 Alocação antes e depois da implantação do *software Dispatch*.

Com relação à distribuição da frota de equipamentos móveis na Empresa de Mineração a Céu Aberto antes da implantação do sistema de gerenciamento de frota e como ficou após a implantação do sistema.

Antes da implantação do sistema, a distribuição da frota era feita pelo supervisor da mina, que não era levado em consideração a DMT (Distância Média de Transporte) nem o tempo de carga que as máquinas levava para carregar os caminhões, a escala era fixa o equipamento fazia o mesmo trajeto durante todo o turno e isso era ruim para os operadores. As apropriações de paradas como manutenção, abastecimentos, lanche e troca de turno eram feitas por partes diárias, ou seja, nem sempre a informação lançada condizia com a realidade. Porque muitas vezes o operador esquecia-se de lançar algumas paradas ou então anotavam o horário inicial de uma parada e não anotavam o final, e em lançamentos de viagens também era muito comum ocorrer de lançar viagens para mais e para menos. Com a implantação do sistema a frota passa a rodar de forma dinâmica, ou seja, os caminhões não carregam mais turno todo em uma mesma máquina, eles passam a carregar em equipamentos que estão mais próximos e que estão disponíveis no momento.

Sendo assim, a escala fixa praticamente deixa de existir a não ser que em casos restritos usa-se a escala fixa. Com isso, os equipamentos de transporte passam a carregar em equipamentos e locais diferentes durante o turno, tornando as operações menos desgastantes e mais produtivas para os operadores.

Quadro 4 – Comparação da situação anterior a implantação do sistema de despacho e a situação atual

<b>Itens de Controle</b>	<b>Situação Anterior</b>	<b>Situação Atual</b>
Índices de Fila: Escavadeira e Britadores	Não tinha	Tem
Relação km cheio /km vazio (retornos)	Não tinha Rodava em escala fixa	Otimizado
Tempos Médios (Manobra, carregamento, básculo)	Não tinha	Tem
Velocidade Média (Cheio e vazio)	Não tinha	Tem
Apropriação (Parte Diária)	Manual	Eletrônica-Online
Disponibilidade de Relatórios Gerenciais	1 a 2 semanas	Online
Forma de comunicação entre as Interfaces	Lenta	Online
Consistência das informações	Não era precisa	100%

## 5 CONCLUSÃO

Com base no estudo feito é possível observar a importância da atualização tecnológica como ferramenta para vantagem competitiva, pode se dizer inicialmente que o *software Dispatch*, obtém reduções de custo e ganhos a nível de controle gerencial, por se uma aplicação da tecnologia da informação direta que se destina a enriquecer todo o processo organizacional de transporte numa mineradora.

É de conhecimento geral que para qualquer esforço no sentido de se automatizar um processo apenas terá êxito caso o cenário de sua implementação se ache organizada e sob controle. A automatização busca a substituição do ser humano em funções repetitivas, de detalhes entediantes, que podem conduzir à ocorrência de erros.

O trabalho mostra neste sentido de pesquisa, os ganhos obtidos através do *software dispatch* numa mineradora, que tem como base a utilização de algoritmos de otimização. Trata se então, de uma evolução de técnicas, porém de forma muito mais aprimorada, customizada, que resultou em uma ferramenta de tomada de decisão, uma ferramenta gerencial, que possui uma velocidade tal, que seria difícil para um ser humano efetuar sem o auxílio de um sistema.

A compreensão dos processos produtivos, entendendo o *software* como produto, fruto de um projeto e de disciplinas produtivas, passou a ser um ponto decisivo para que se considere como um agente econômico. Daí definir que a real modernidade da produção do *software* não recai unicamente no uso de ambientes, linguagens e ferramentas, mas na forma como se trabalha e na obtenção de resultados ótimos de integração de equipe e qualidade do processo produtivo.

Ao se fazer uma análise do *software Dispatch*, pode se concluir que o programa atende a proposta do gerenciamento logístico das informações através de seus componentes que constitui de equipamentos de alta precisão, transformando a logística interna da mineradora altamente produtiva e gerenciada.

Pode se também concluir que o programa está em concordância com o conhecimento sobre logística empresarial e gerenciamento de risco por ter uma aplicação que gera vantagem competitiva para organização, acrescentando valor e

maximizando lucros. O *software Dispatch* pode ser visto, desta forma, como uma solução e forma eficiente e eficaz da aplicação da logística, investimento em logística dentro da empresa, com retorno significativo.

Para finalizar, pode se ainda concluir que o papel da tecnologia da informação, como ferramenta logística para a organização, é de obter maior integração entre as áreas, confiabilidade de informações e rapidez das mesmas, reduzir custo e gerar vantagem competitiva, sendo tanto por meio de sistemas, quanto pelo avanço de hardwares, fundamentais para o desenvolvimento da logística empresarial.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLOU, Ronald H. Logística Empresarial: transportes administração e distribuição física. São Paulo: Atlas, 1993.

BOWERSOX, Donald J; CLOSS, David J. Logística Empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento. 1 Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

BOWERSOX, Donald J; CLOSS, David J. Logística Empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento. São Paulo: Atlas, 2001.

CHANDA, E. K. C. e DAGDELEN, K., “Optimal blending of mine production using goal programming and interactive graphics systems”, International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment 9, 203-208, 1995.

CHIRONIS, N. P., “Computer Monitors and Controls all Truck-Shovel Operations”, Coal Age, 50-55,1985.

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. Gerenciamento da cadeia de suprimentos. Capítulo 12, p. 341-361. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

CLEMONS, E. K. e WEBER, B. W. “Strategic information technology investments: guidelines for decision making”, Journal of Management Information Systems, vol.7, núm. 2, págs. 9 a 28, 1990.

CORONADO, Osmar. Logística integrada: modelo de gestão. 1 Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GERSHON, M., “A linear programming approach to mine sheduling optimization”, Proceedings of the 17th Application of computers and operations research in the mineral industry, 483-493,1982.

GIL, Antônio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 1999.

HEIDENREICH, L. E., “Manual interno de treinamento da empresa, Otimização e Operação do sistema dispatch”. Ano de revisão 2008.

KAPPAS, G. e YEGULALP, T. M., "An application of closed queueing networks theory in truck-shovel systems", International Journal of Surface Mining and Reclamation 5, 45-53, 1991.

KNIGHTS, P. F. e BONATES, E. J. L., "Applications of discrete mine simulation modeling in South America ", International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment 13, 69-72,1999.

KOLONJA, B., KALASKY, D.R. e MUTMANSKY, J. M., "Optimization of dispatching criteria for open pit truck haulage system design using multiple comparisons with the Best and common random numbers", Proceedings of the 1993 Winter Simulation Conference, 393-401,1993.

LAUDON, Kenneth C.; LAUDON, Jane P. Sistemas de informação gerenciais. 5 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

MELO, Ivo Soares. Administração de sistemas de Informação. São Paulo: Pioneira, 1999.

MUNIRATHINAM, M. e YINGLING, J. C., "A review of computer-based truck dispatching strategies of surface mining operations", International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment 8, 1-15,1994.

NAZÁRIO, Paulo. A Importância de Sistemas de Informação para a Competitividade Logística. Disponível em: <<http://www.cel.coppead.ufrj.br/fs-public.htm>>. Acesso em: 10/04/2011.

RODRIGUES, L. F. "Análise comparativa de metodologias utilizadas no despacho de caminhões em minas à céu aberto". Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

ROSINI, Alessandro Marco; PALMISANO, Ângelo. Administração de sistemas de Informação e a gestão do conhecimento. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

SAAYMAN. P., CRAIG. I. K., CAMISANI-CALZOLARI, E. "Optimization of an autonomous vehicle dispatch system in an underground mine". Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy. 106: 2, 77-86, 2006.

SOUMIS, F., ETHIER, J. e ELBROND, J., "Truck dispatching in an open pit mine", International Journal of Surface Mining 3, 115-119, 1989.

TU, J. H. e HUCKA, V. J., "Analysis of open pit truck haulage system by use of a computer model", CIM Bulletin 78:879, 53-59, 1985.

WHITE, J.W., OLSON, J. P. e VOLNOUT, S. I., "On improving truck / shovel productivity in open pit mines", CIM Bulletin 43-49, 1993.