



**FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
DE CONSELHEIRO LAFAIETE**

BACHARELADO EM ENGENHARIA DE MINAS

VANEIDE PIMENTA COSTA

**ANÁLISE DO DESEMPENHO DE EQUIPES DE INFRAESTRUTURA DE
MINA: Estudo de Caso.**

**Conselheiro Lafaiete
2020**

VANEIDE PIMENTA COSTA

**ANÁLISE DO DESEMPENHO DE EQUIPES DE INFRAESTRUTURA DE
MINA: Estudo de Caso.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Minas da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Minas.

Orientador: Prof. Me. Patrícia Souza

**Conselheiro Lafaiete
2020**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, ao Universo e todas as energias de luz que permeiam este mundo. Agradeço a possibilidade que tenho tido de evoluir e me melhorar constantemente como pessoa e profissional.

Agradeço a meus pais, Tide e Lurdinha, minhas irmãs Vanessa e Valéria, e meu irmão Vinicius por todo apoio que sempre me deram em tudo que busquei. Vocês são meu alicerce e minha força. A minha família de um modo geral, eu agradeço. Vovó Luzia onde quer que a senhora esteja, eu a agradeço e honro com todas as minhas forças, sei que está vendo essa conquista.

Agradeço ao meu namorado Henrique, por todo carinho, paciência e compreensão que teve comigo durante esses anos de faculdade e que mesmo com todas as adversidades que temos passado não se abalou e seguiu firme ao meu lado, eu te amo.

Agradeço aos queridos amigos da faculdade por toda parceria, risadas e toda contribuição que tive com cada um de nossa turma. Aos professores que nos acompanharam nessa jornada com todos seus ensinamentos e experiências, eu agradeço.

Tenho imensa gratidão à Gerência de Infraestrutura de Mina em especial ao Ronan Mendes, Ricardo Galo e Arlindo e cada profissional que eu tive contato, por todo conhecimento que foi compartilhado e os trabalhos que realizamos.

Patrícia, minha professora orientadora eu tenho muito a lhe agradecer, não apenas pelo grande apoio na construção deste trabalho mas também por toda a humanidade e o quanto foi compreensiva.

RESUMO

Neste trabalho, utilizou-se a combinação da importação do banco de dados do *software* de despacho de uma mineradora juntamente com uma ferramenta gratuita da *Microsoft*, o *Power BI*, na produção de indicadores específicos para os equipamentos de infraestrutura com o objetivo de obter uma avaliação do desempenho das equipes após alterações de condutas propostas. O estudo de caso foi realizado em uma empresa do Quadrilátero Ferrífero, analisando apenas aspectos particulares das operações de mina. Os dados foram obtidos através do *Smartmine*® e setores internos da empresa, compreendendo um período de um ano.

Palavras-Chave: Trator de esteira. Indicadores de Desempenho. Sistema de Despacho.

ABSTRACT

In this work, was used the combination of importing a mining company's dispatch software database together with a free Microsoft tool, Power BI, to produce specific indicators for infrastructure equipment in order to obtain an assessment of the team performance after changes in proposed conducts. The case study was carried out in a company in the Cuadrilátero Ferrífero, analyzing only particular aspects of mine operations. The data were obtained through Smartmine® and internal sectors of the company, covering a period of one year.

Key words: Bulldozer; Performance indicators;;dispatch system.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Trator de Esteiras	16
Figura 2 - Interior da Cabina Trator de Esteiras.....	18
Figura 3 - Componentes Trator de Esteiras	19
Figura 4 - Trator de Esteiras D11T "Bulldozer"	21
Figura 5 - Lâmina "U"	22
Figura 6 - Escarificador Trator de Esteiras D11	23
Figura 7 - Trator de Rodas "Bulldozer"	24
Figura 8 - Motoniveladora CAT 24M	25
Figura 9 - Tratores de esteira de pequeno porte.....	26
Figura 10 - Tratores de esteira de médio porte	27
Figura 11 - Tratores de esteira de médio porte	27
Figura 12 - Tratores de Rodas grande porte.....	28
Figura 13 - Árvore de Códigos.....	31
Figura 14 - SmartMine Real Time Web Module	33
Figura 15 - Fluxograma Mina Estudada	37
Figura 16 - Fluxo do processo de Lavra na Mina X.....	39
Figura 17 - Apropriações Operando	42
Figura 18 - Árvore de Códigos - Atraso, Impedimentos e Horas Ociosas	43
Figura 19 – Análise Histórica Inicial - Trator de Esteiras 2018 a 1º semestre 2019....	49
Figura 20 - Principais Impactos na utilização – Tratores de Esteiras - 1º semestre de 2018 e 2019	50
Figura 21 - Horas de manutenção Track-Devex	51
Figura 22 - Relatório Gerencial Infraestrutura.....	52
Figura 23 - Esquema do Indicador Diário de Utilização da Infraestrutura.....	52
Figura 24 - INDICADOR DE UTILIZAÇÃO INFRAESTRUTURA - UT Diária Trator de Esteiras.....	53
Figura 25 - INDICADOR DE UTILIZAÇÃO INFRAESTRUTURA - UT Mensal - Frota de Terraplenagem	54
Figura 26 - INDICADOR DE UTILIZAÇÃO INFRAESTRUTURA - UT Mensal – Trator de Esteiras	55
Figura 27 - ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO Tratores de Esteiras – 2019-2020.....	56

Figura 28 - Análise Comparativa 1º semestre e 2º semestre de 2019 –Tratores de Esteiras d11.....	57
Figura 29 - Principais Atividades por equipamento.....	58
Figura 30 - Análise Comparativa 1º semestre e 2º semestre de 2019 – Motoniveladoras e Trator de pneu.....	59
Figura 31 - Análise Comparativa –Principais Impactos na Utilização– Frota Terraplenagem.....	60
Figura 32- Esquema do Indicador de Interferências Infraestrutura.....	61
Figura 33 - Página de resumo do Indicador de Interferência Infraestrutura.....	61
Figura 34 - Estratificação por letra do Indicador de Interferência Infraestrutura.....	62
Figura 35 - Códigos de Interferência da Infra na CARGA.....	63
Figura 36 - Códigos de Interferência da Infra no TRANSPORTE.....	64
Figura 37 - Acompanhamento de Interferências Carga - Acerto de Praça.....	65
Figura 38 - Acompanhamento de Interferências Transporte – Aguardando Condição do Acesso.....	66

SUMÁRIO

1. Introdução	10
2. Objetivos	11
2.1. Objetivo geral	11
2.2. Objetivos específicos	11
3. Justificativa e relevância.....	11
4. Revisão da literatura.....	12
4.1. Infraestrutura de mina	12
4.1.1. Unidades de tração (tratores);.....	15
4.1.1.1. Tratores de Esteiras;	17
4.1.1.2. Tratores de Pneus;	24
4.1.2. Unidades aplainadoras – Motoniveladoras;	25
4.1.3. Equipamentos no mercado brasileiro;.....	25
4.2. Tecnologias da informação;.....	28
4.2.1. Sistemas de despacho nas mineradoras;.....	30
4.3. Indicadores de desempenho;.....	34
4.4. Estudo de caso	36
4.4.1. Descrição do Cenário do Estudo	36
4.4.2. Fluxo de Produção	37
4.4.3. Infraestrutura de Mina X.....	39
4.4.3.1. Terraplenagem	40
4.4.3.2. Drenagem.....	41
4.4.4. Identificação do problema.....	42
4.4.4.1. Indicador de Interferências da Infraestrutura.....	45
4.4.4.2. Indicador de Utilização Equipamentos Infraestrutura	46
5 METODOLOGIA da pesquisa	47
5.1 Caracterização da Pesquisa.....	47
5.2 Coleta e análise de dados.....	47

5.3 Delimitação do tema	47
5.4 População da Amostra.....	48
5.5 Padronização dos Indicadores no Power BI	48
5.6 Padronização da Rotina de Controle	48
7. Resultados e discussão	49
7.1 Indicador de Utilização da Infraestrutura.....	49
7.2. Indicador de Interferências da Infraestrutura.....	60
8. Considerações Finais e Trabalhos Futuros	67
REFERÊNCIAS	68

1. INTRODUÇÃO

Este estudo trata da análise de desempenho das equipes de infraestrutura de mina através da elaboração de indicadores diários visando identificar condutas consideradas baixo desempenho e promover ações para obter melhorias no rendimento das equipes bem como a redução de impactos na operação de mina.

A lavra por bancadas (*open pit mining*) em minas de minério de ferro é realizada através de operações unitárias como perfuração, desmonte, carregamento e transporte. No entanto, existem as operações auxiliares que são cruciais para a viabilização da lavra, como por exemplo, a construção de pilhas de estéril e estoques, visto que em geral neste método o corpo mineral está recoberto por um capeamento espesso gerando assim grande volume de estéril que precisa ser destinado. Além disso, a operação de lavra a céu aberto é impactada com chuvas, poeira e cerração sendo necessários os estoques para estas ocasiões. Estas e outras atividades compõem a infraestrutura de mina, que através dos equipamentos auxiliares proporcionam condições operacionais para operação de mina.

Antecedendo as equipes de produção, a infraestrutura é responsável também pela liberação de frentes de lavra, acessos e garantir a segurança operacional da lavra, sendo assim o desempenho dos operadores e equipes das operações auxiliares impactam na produtividade da mina, podendo até render paradas quando não realizada de maneira satisfatória. Em um cenário de alta competitividade e concorrência, a busca por baixo custo na produção não condiz com paradas imprevistas. Fazendo assim dos indicadores peça chave para obtenção dos objetivos estratégicos da empresa.

Os indicadores são variáveis métricas que precisam possibilitar a comparação de melhorias nos processos por meio de medidas do desempenho ao longo do tempo de qualquer processo, através do uso de metodologias analíticas, onde se destacam as ferramentas estatísticas. A utilização de ferramentas como os indicadores operacionais é fundamental para se obter uma avaliação do desempenho dos operadores e das equipes a qual fazem parte, onde é possível estabelecer um critério único de comparação de eficiência operacional. De acordo com o processo de desenvolvimento e treinamento de operadores existe uma variedade de habilidades e experiências individuais, o que influencia diretamente a lavra, a produção e os indicadores.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a importância do uso de indicadores específicos para infraestrutura de mina visando a identificação e correção de condutas operacionais para a obtenção de melhorias no desempenho das equipes

2.2. Objetivos específicos

- Identificar os principais atrasos gerados pelas equipes de infraestrutura no desempenho das equipes de produção;
- Desenvolver uma análise comparativa no período do estudo observando as alterações de condutas propostas e os resultados obtidos no desempenho das equipes;

3. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Através de indicadores de desempenho específicos para equipes de infraestrutura é possível obter bases para tomada de decisão bem como melhor uso da frota, buscando sempre avaliar as equipes e promover melhorias.

Em todas as fases, etapas ou estágios da vida de uma mina é essencial acompanhar o desempenho dos setores produtivos por meio de índices que medem a eficiência de um processo. Ferramentas como gráficos de controle monitoram a variabilidade e a estabilidade de um processo, avaliando se este está de acordo com o desempenho desejado. Essa avaliação é obtida por intermédio de indicadores de desempenho como a reconciliação, aderência nas lavras, relação estéril / minério, disponibilidade física e utilização dos equipamentos, aderência econômica, entre outros.

Em geral, são diversos os indicadores que medem o desempenho das equipes de carregamento e transporte, no entanto, nas operações auxiliares quase nunca se trabalha com o mesmo nível de detalhe visto que indicadores como produtividade horária não são utilizados em infraestrutura. Porém, medir e avaliar o desempenho das equipes auxiliares torna-se relevante no atendimento aos planos de lavra, produção e a eficiência do empreendimento.

4. REVISÃO DA LITERATURA

Sabe-se que no Brasil a predominância do método de lavra a céu aberto é perceptível, conseqüentemente a lavra por bancadas também. Dentre as características desse método, que em geral é aplicado a minerais metálicos, os capeamentos extensos e a grande geração de estéreis e rejeitos fazem as atividades de auxiliares serem determinantes para o bom desenvolvimento da lavra.

Para Hartman e Mutmansky (2002) para lavra em bancadas, a estabilidade de taludes, controle de particulados, bombeamento e drenagem, disposição de rejeitos e manutenção de estradas são algumas operações auxiliares mais relevantes.

Estas atividades são comumente negligenciadas por não serem diretamente responsáveis por “gerar valor” para a empresa, Vieira (2013) salienta ainda a atividade suplementar chamada Infraestrutura de mina demonstrando sua importância como viabilizadora de condições operacionais para as demais operações unitárias

4.1. Infraestrutura de mina

Para se ter uma ideia da importância da infraestrutura Vieira (2013) descreve o ciclo básico da mina onde com base na visão estratégica da empresa o planejamento de lavra define os avanços, a operação de mina executa as definições do planejamento e para que seja possível tudo isso, a infraestrutura da às condições para o cumprimento dos planos na prática e que o desempenho da operação seja satisfatório. Com isso percebe-se que a relação da equipe de infraestrutura com a operação de mina e o planejamento de lavra é estreita, e um bom compartilhamento de informações é deveras importante para o desempenho eficiente das atividades na mina.

Pinto e Dutra (2008) justificam a atribuição de baixa prioridade as operações auxiliares por estas não gerarem lucro diretamente. Contudo, hoje, observa-se cada vez mais a compreensão da sua importância na viabilização das operações unitárias de lavra.

Referente à definição das etapas que contemplam as atividades da infraestrutura na mina Rodovalho (2019) diz que método de lavra, características geológicas, presença de comunidades nas proximidades, condições climáticas, porte, tipo de equipamentos utilizados na produção são algumas das premissas a seguir. Estas informações serão úteis também no momento de se definir a frota de equipamentos da infraestrutura.

A atividade da infraestrutura durante a vida útil da mina é responsável por realizar a construção de acessos, manutenção de praças, pilhas de estéril, estoques de oportunidade, conformação de drenagens, estabilidade de taludes, desmonte mecânico entre outras.

Um conceito importante dentro da infraestrutura é a terraplenagem, que conforme a definição de Ricardo e Catalani (2007) é um conjunto de operações necessárias para remover a terra dos locais em que se encontra em excesso para locais em que está em falta, segundo um projeto determinado.

A atividade de terraplenagem pode se classificar em manual e mecanizada, Rego Chaves (1955) diz que a movimentação de terras era feita pelo homem, utilizando ferramentas tradicionais como pás, picaretas, carroças ou vagonetas com tração animal para transportar os materiais. Esta forma de trabalho se define como terraplenagem manual.

O advento das máquinas foi determinante para modificar a realidade da movimentação de solos e materiais rochosos, antes, dado seu baixo rendimento, completamente dependente de mão de obra abundante e barata, algo que com o desenvolvimento social e tecnológico caminhava para a escassez (Curi, 2017)

Terraplenagem mecanizada conforme Ricardo e Catalani (2007) surgem com o aumento do custo e escassez da mão de obra em decorrência da industrialização e pela grande produtividade dos equipamentos mecanizados. Suas características principais são o alto custo dos equipamentos sendo necessário grandes capitais de investimento, serviços tecnicamente planejados e executados algo que em geral se restringe a empresas de alto padrão de eficiência, redução da mão de obra em contra partida acarreta a necessidade de mão de obra mais especializada e com isso melhor remuneração, permite movimentar em curtos prazos grandes volumes.

A execução de serviços de terraplenagem pode ser dividida em quatro operações básicas, definidas a seguir:

- Escavação: empregada para romper a compacidade do solo ou capeamento em seu estado natural, a fim de possibilitar o manuseio.
- Carga do material escavado: equivale ao enchimento da caçamba do equipamento de transporte, ou acúmulo diante da lâmina do trator.
- Transporte: o mesmo pode ser transporte com carga ou transporte vazio;
- Descarga e espalhamento: em geral, ocorre nas pilhas de estéril;

Existem também casos em que é necessária a etapa de escarificação, para se romper a resistência quando o solo a ser escavado for compacto. A execução destas etapas pode ser realizada por equipamentos distintos ou não. Como por exemplo, o trator de esteiras que provido de lâmina pode desempenhar todas as quatro (Ricardo e Catalani, 2007)

Portanto, a terraplenagem é à base das atividades de infraestrutura durante a vida útil da mina. A frota de equipamentos de infraestrutura geralmente é composta por tratores de esteiras de variados portes, tratores de pneu, escavadeiras, motoniveladoras, rolo compactador, retro-escavadeiras entre outros. Naturalmente, por envolver grandes movimentações de solos, os equipamentos na mineração merecem grande atenção.

No que se refere à escolha de equipamentos, cabe considerar:

Existem três princípios que regem a escolha econômica dos equipamentos de forma que, a natureza, as condições e o volume das obras a executar são os principais fatores a serem verificados na determinação do equipamento mais apropriado. Essa escolha deverá obedecer, sempre que possível e dentro dos meios disponíveis, aos seguintes princípios básicos: Redução, tanto quanto possível, dos investimentos de capital; Equilíbrio de trabalho entre as diversas unidades mecanizadas, a fim de que o rendimento, por máquina, seja o máximo; Custos unitários de produção sempre menores do que aqueles que resultariam do emprego de outras máquinas ou de outros quaisquer métodos de trabalho. (Vieira, 2013, p. 4 *apud* Rego Chaves,1955)

As escavadeiras de médio e pequeno porte realizam atividades como retaludamento, criação e manutenção de estruturas de drenagem. Retro-escavadeira é um dos equipamentos versáteis que realiza principalmente trabalhos de drenagem.

O trator de esteiras, dentre suas aplicações estão disposição de estéril em pilhas, construção de rampas e acessos e obras diversas, estão entre as mais importantes e conforme Vieira (2013) todas estão ligadas a garantia operacional do empreendimento.

Ricardo e Catalani (2007, p.43 *apud* Rego Chaves,1955) classifica os equipamentos de terraplenagem da seguinte forma:

- Unidades de tração (tratores);
- Unidades escavo-empurradoras;
- Unidades escavotransportadoras;
- Unidades escavocarregadoras;
- Unidades aplainadoras;
- Unidades de transporte;
- Unidades compactadoras;

Unidades escavo-elevadoras;

Na mina onde o estudo foi realizado são utilizadas as unidades especificadas a seguir.

4.1.1. Unidades de tração (tratores);

Os tratores (unidades de tração), o objeto principal deste trabalho, conforme Ricardo e Catalani (2007) são considerados o equipamento básico de terraplenagem, pois as demais máquinas disponíveis são derivações dele. Conforme seu meio de locomoção sobre pneumáticos ou esteiras, as unidades tratoras recebem as designações, respectivamente, de tratores de rodas ou tratores de esteiras.

Para se compreender esta máquina matriz de terraplenagem, é necessário definir algumas características pertinentes conforme Ricardo e Catalani (2007);

- Esforço trator: varia conforme o meio de locomoção do equipamento, podendo ser a força que o trator possui na barra de tração para tratores de esteiras ou a força nas rodas motrizes para tratores de pneus. Essa força é usada para executar funções como rebocar ou empurrar outros equipamentos ou implementos.
- Velocidade: característica também variável se sobre rodas ou esteiras, é a velocidade de deslocamento da máquina. Em geral, equipamentos sobre esteiras são mais lentos.
- Aderência: define a capacidade de deslocamento do trator sobre terrenos ou superfícies revestidas sem que haja “*patinamento*” da esteira ou pneus sobre o solo que o suporta.
- Flutuação: característica responsável por permitir o deslocamento do equipamento sobre terrenos de baixa capacidade de suporte, sem que haja afundamento excessivo da esteira ou pneus.
- Balanceamento: qualidade que permite boas condições de equilíbrio sob variadas condições de trabalho, característica resultante de uma boa distribuição de massa e de um centro de gravidade a pequena altura do chão;

Dadas estas características as aplicações para estes equipamentos são diversas, além disso, existem os chamados implementos que garantem ainda mais possibilidades de realização de tarefas com os tratores.

Conforme Ricardo e Catalani, 2007):

Os tratores de esteiras ou de pneus, recebem a adaptação de um implemento que o transforma em uma unidade capaz de escavar e empurrar a terra, chamando-se, por isso, unidade escavo - empurradora.

Este implemento é denominado lâmina e, possuindo, o equipamento passa a chamar-se trator de lâmina ou “*bulldozer*”.

A Figura 1 mostra exemplos dos modelos disponíveis no mercado de trator de esteiras “*bulldozer*” Os implementos disponíveis podem variar também conforme o modelo do trator e a finalidade para qual ele foi criado. Existem também modelos variados de lâminas no mercado, permitindo ainda a adequação às atividades pertinentes ao equipamento escolhido.

Figura 1 - Trator de Esteiras



Fonte: CATERPILLAR /www.cat.com Trator de Esteiras D11

Além das lâminas existem outros implementos utilizados nas unidades de tração, que serão apresentados a diante. Porém é necessário conhecer as particularidades de cada um dos tipos de tratores conforme seu dispositivo de montagem, esteiras ou rodas. A Tabela 1 apresenta a classificação das características básicas dos tratores conforme seu meio de locomoção:

Tabela 1 - Comparativo Trator de Esteiras e Pneus

Caraterísticas	Trator de Esteiras	Trator de Rodas
Esforço Trator	Elevado	Elevado, Limitado a aderência
Aderência	Boa	Sofrível
Flutuação	Boa	Regular a má
Balanceamento	Bom	Bom
Velocidade	Baixa (<10 km/h)	Alta (< 70km/h)

Fonte: RICARDO E CATALANI, 2007. Adaptado.

Dentre as características observadas, o trator de esteiras é limitado apenas no quesito velocidade sendo eficiente nas demais, contrário ao trator de pneus que alcança velocidades maiores, porém possui resistências em geral variando conforme a capacidade de suporte do terreno.

Os campos de aplicação são distintos para tratores de esteiras ou pneus devido às características peculiares de cada um. O ideal para os tratores de esteira são rampas de grande declividade devido a topografia acidentada ou que o solo é pouco competente, não dando assim o suporte necessário ao equipamento, desprezando o fator velocidade. No entanto, quando a topografia é favorável e as condições de suporte e aderência do solo são boas, os tratores de rodas podem fazer uso de sua maior vantagem que é desempenhar maiores velocidades, significando também maiores produções. (Ricardo e Catalani, 2007)

4.1.1.1. Tratores de Esteiras;

Para se conhecer o desempenho deste equipamento e necessário estar ciente de suas partes constituintes. Conforme Ricardo e Catalani (2007) na cabina do operador de trator com transmissão “*Power-Shift*” encontra-se:

- Alavanca de servo transmissão: possibilita a troca de marchas sem a interrupção de torque, avante ou ré;
- Alavancas de direção: permitem o giro da máquina, quando acionadas individualmente interrompem o fluxo de torque respectivamente às esteiras esquerda e direita;

- Acelerador manual: aumenta a velocidade da máquina ao subir a admissão de combustível e o número de rotações do motor;
- Desacelerador: diminui a velocidade do motor sem que haja alteração na posição do acelerador;
- Controle das posições das lâminas;
- Controle das posições e da força do escarificador;
- Alavanca de segurança: responsável por travar a transmissão quando a máquina está estacionada.

Sabe se que estes são os itens básicos para a cabina do equipamento, como são diversos os fabricantes existentes no mercado, pode haver algumas variações. Para empresas de grande porte é comum ver junto à cabina do operador algum equipamento de despacho eletrônico, ou até mesmo outras tecnologias para auxiliar a operação da máquina, como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Interior da Cabina Trator de Esteiras.



Fonte: CATERPILLAR /www.cat.com Trator de Esteiras D11

Os tratores de esteiras como mostra figura 2, são compostos por motores a diesel que permite fornecer a potência devida para o equipamento vencer as resistências ao movimento e assim realizar as atividades propostas. A troca de marchas acontece devido à embreagem principal que é um dispositivo de discos múltiplos que separa e uni momentaneamente o eixo

do virabrequim ao eixo da transmissão (responsável por ligar a embreagem principal à caixa de câmbio) para permitir que as engrenagens da caixa de câmbio sejam acopladas, e também a interrupção do fornecimento de torque a parte restante da transmissão. (Ricardo e Catalani, 2007)

A parte rodante do equipamento é o nome dado ao conjunto de peças que compõem as esteiras de locomoção do trator. Composta pelas esteiras, rodas de guia que são responsáveis por alinhar e dar a tensão correta as esteiras, roda motriz que irá transmitir o torque as esteiras, roletes inferiores e superiores, “chassis” da esteira que é o elemento estrutural que recebe o peso próprio da superestrutura do trator e o transmite para os roletes, a mola tensora que absorve os choques sofridos pela esteira, elos, pinos, buchas e sapatas. (Ricardo e Catalani, 2007)

Na figura 3 pode se observar os componentes de um trator em operação. Segundo Vieira (2013) outro componente importante no conjunto de peças do material rodante é a garra:

As placas das esteiras possuem, na superfície de contato com o terreno, uma saliência chamada garra, que nele penetra, aumentando a aderência entre a esteira e superfície de suporte. De acordo com o tamanho dessas garras haverá maior ou menor aderência entre as superfícies, mas com maior dificuldade de manobra da máquina.

Figura 3 - Componentes Trator de Esteiras



Fonte: Acervo Pessoal

Conforme Vieira (2013) as esteiras são produzidas em placas de aços rígidas, com variados tipos e tamanhos, ligadas umas às outras, e para que a mesma possa se adaptar as irregularidades do terreno é necessário que haja articulação entre elas.

Durante a operação do trator, o material rodante é sem dúvida o sistema que mais sofrem desgaste. Com isso, os fabricantes estão constantemente realizando adequações a fim de aumentar a vida útil do componente, Um exemplo disso é a elevação da roda motriz em relação ao plano médio da esteira, que resultou em várias vantagens como a prevenção de impactos e choques provenientes da lâmina e da barra de tração nos comandos finais e embreagens laterais de direção (Ricardo e Catalani, 2007)

Os implementos trazem versatilidade e permitem que os tratores de esteiras realizem atividades diversas, fazendo com que as unidades de tração com esteiras sejam equipamentos chave para obras de terraplenagem. A lâmina, figura 4, é o implemento que torna o equipamento capaz de escavar e empurrar, assim a máquina passa a se chamar trator de lâmina ou “*bulldozer*” quando provido de lâmina o trator pode realizar diversos tipos de serviços como corte em meia encosta, corte com canto de lâmina, corte em trincheiras, espalhamento de terra em ponta de aterro, entre outros. (Abreu, 2017, p.21 *apud* Ricardo e Catalani, 2007)

Figura 4 - Trator de Esteiras D11T "Bulldozer"



Fonte: Acervo Pessoal

O meio de suporte das lâminas são braços laterais fixados no “chassi” da esteira, a cada lado. Para acioná-las nos modelos antigos eram necessários um sistema de guincho, polias e cabos de aço, nos modelos atuais o acionamento, ou seja, sua movimentação no sentido vertical foi modificada para o tipo hidráulico. Para que isso aconteça são necessários dois pistões de duplo efeito que sustentam a lâmina e se movem pela pressão que vem de uma bomba hidráulica de alta pressão. (Ricardo e Catalani, 2007)

São diversos os modelos de lâminas existentes no mercado, conforme Abreu (2017):

A escolha do tipo da lâmina que será acoplada no trator é um fator que interfere diretamente na produtividade deste e busca-se aquela que resulta em sua máxima produtividade, os aspectos que devem ser levados em conta nesta seleção são: tipo de serviço que o trator irá realizar a maior parte do tempo, características do material a ser movimentado e fatores limitantes do trator (p.22, *apud* CATERPILLAR, 2012).

Para ter-se um aproveitamento máximo da produção é necessário que haja a combinação adequada do trator com a lâmina, devendo ser analisado com base no tipo de trabalho que o equipamento realizará na maior parte de sua vida útil. Após isso é necessário considerar os

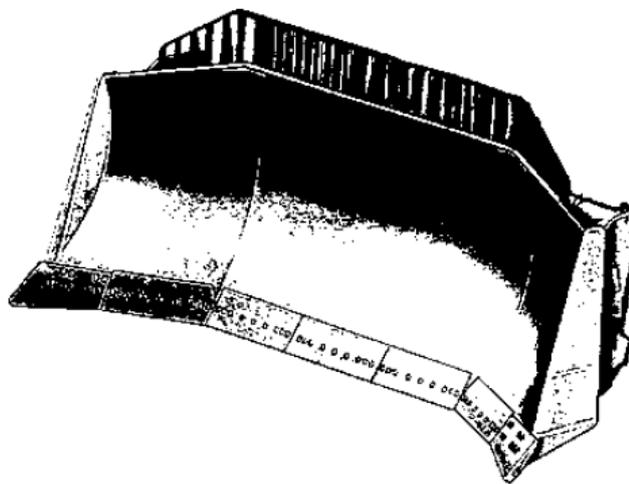
materiais a serem movimentados e as limitações do trator. Em geral, a lâmina pode trabalhar na maioria dos materiais, porém seu desempenho irá variar conforme algumas características do material como:

- Tamanho e Forma das Partículas – a penetração da borda cortante é dificultosa quanto maiores às partículas individuais, além disso, partículas pontiagudas tendem a resistir à ação natural de rolamento da lâmina.
- Vácuos – material que se encontra bem granulado e praticamente sem vazios, é geralmente, pesado e difícil de ser removido de seu estado natural.
- Teor de Umidade – o teor ideal de umidade não deve ser alto, pois o material fica pesado e de difícil remoção, e nem mesmo deve faltar umidade, pois isso reforça a liga entre as partículas dificultando o trabalho.

Quanto às limitações do trator, a capacidade de empuxo é definida pelo peso e a potência da máquina. Esta relação acontece porque nenhum trator pode exercer empuxo superior ao seu próprio peso e a potência capaz de desenvolver em seu trem de força, estas limitações também são conforme as condições do terreno. (Caterpillar, 2012)

Dentre os modelos de lâminas existentes cada uma possui suas particularidades e consequentemente seus campos de aplicação. A lâmina “U” (Universal) conforme a Figura 5, por exemplo, é apropriada para movimentar grandes cargas a grandes distâncias, se aplica melhor em solos de baixa a média resistência ao corte.

Figura 5 - Lâmina "U"



Fonte: Manual Caterpillar (2009)

Existem também o escarificador ou *ripper*, mostrado na Figura 6, outro implemento que pode ser adaptado ao trator de esteiras na sua parte traseira. O mesmo é composto de um ou mais dentes reforçados e providos de pontas cortantes, este implemento é utilizado para realizar cortes em terrenos muito compactados. A eficiência é aumentada com a ação de pistões hidráulicos que forçam os dentes sobre o solo (Ricardo e Catalani, 2017)

Figura 6 - Escarificador Trator de Esteiras D11



Fonte: Acervo Pessoal

Tanto a lâmina quanto o escarificador são implementos decisivos nas operações do trator de esteiras, principalmente para realizar desmonte mecânico. Segundo Ricardo e Catalani (2007) os dois pistões de acionamento hidráulico que sustentam a lâmina geram uma vantagem expressiva para realizar cortes com o equipamento, pois estes pistões podem exercer um empuxo (E) sobre o solo, forçando a lâmina ou, principalmente, a faca sobre a superfície a ser cortada, facilitando expressivamente a operação do equipamento até mesmo em materiais mais compactos.

O escarificador, conforme Abreu (2017, p. 22 *apud* Celso, 2014):

Os tratores de esteira de grande porte podem ser aplicados em atividades de desmonte mecânico para evitar o uso de explosivos na etapa de fragmentação. Neste caso o material é escarificado através de dois componentes chamados de *ripper* e *shank* que se localizam na parte posterior do trator e se movimentam por meio de cilindros hidráulicos. O *ripper* ou escarificador é a estrutura metálica que recebe e sustenta o *shank*, sendo este o elemento cortante em questão que fragmenta o material e possibilita o desmonte mecânico.

4.1.1.2. Tratores de Pneus;

Tanto o trator de esteiras quanto o de pneus, podem ser chamados de unidade escavo-empurradora conforme a adaptação de um implemento. Porém, observa-se que a operação com tratores de rodas exige algumas características que irão contribuir para um bom desempenho.

Eles possuem aderência ao solo inferior ao equipamento de esteiras, tendo assim dificuldades para desempenhar certas atividades. Ficando restrito as características dos solos entre outros fatores.

Abaixo, na Figura 7, também temos os modelos de tratores de rodas ou pneus com o implemento de lâmina (*bulldozer*).

Figura 7 - Trator de Rodas "Bulldozer"



Fonte: CATERPILLAR /www.cat.com Trator de Esteiras D11

A fim de tornar cada vez mais amplo as aplicações das máquinas de pneus, alguns fabricantes e projetistas de equipamentos tem se preocupado cada vez mais em introduzir modificações nas partes mecânicas para obter melhorias no quesito flutuação e aderência dos

mesmos. Alterações como a utilização de tração nas quatro rodas, aumento de potência dos motores fazem com que os tratores de pneus possam realizar tarefas antes consideradas completamente inviáveis para máquinas com esta montagem. (Ricardo e Catalani, 2007)

4.1.2. Unidades aplainadoras – Motoniveladoras;

Se trata de equipamentos que são responsáveis por conformar o terreno de acordo com greides do projeto, devido sua capacidade de acabamento, grande mobilidade da lâmina e precisão nos movimentos.

A motoniveladora, conforme Figura 8, é o equipamento básico da infraestrutura para obter condições operacionais de tráfego e manutenção destes acessos. Conforme Thompson e Visser (2008), as más condições nas vias é fator importante para diminuição da segurança e eficiência do transporte, impactando nos lucros da operação.

Figura 8 - Motoniveladora CAT 24M



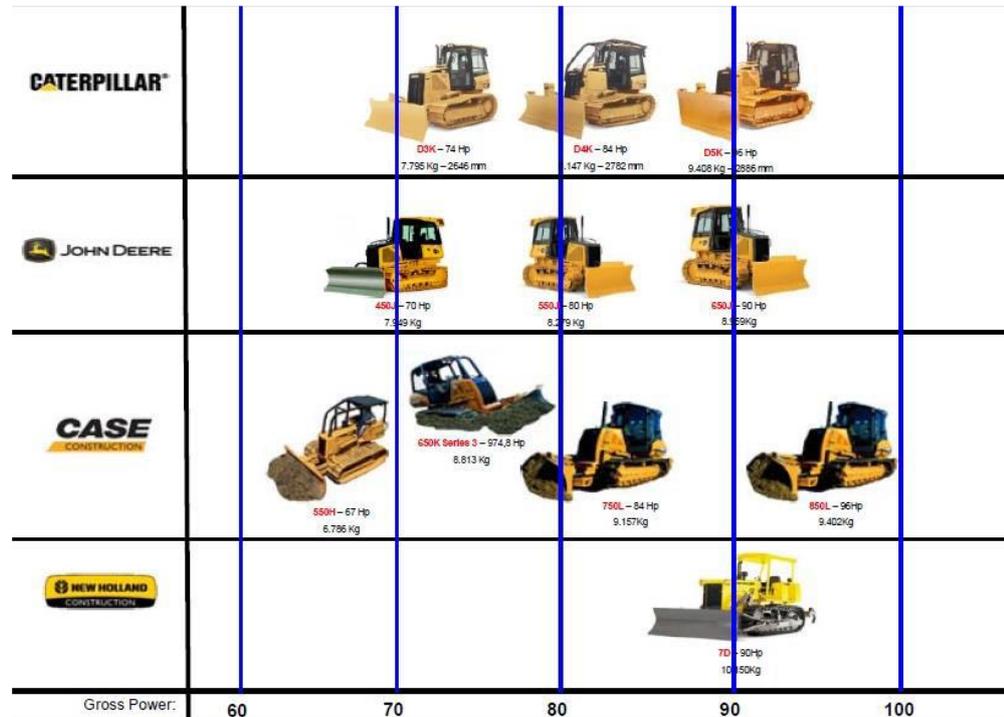
Fonte: CATERPILLAR /www.cat.comMotoniveladora

4.1.3. Equipamentos no mercado brasileiro;

Com o vasto campo de aplicação dos tratores de esteiras, o mercado vem cada vez mais apresentando novos modelos com diferentes tamanhos e capacidades para a realização de

serviços variados. O porte dos equipamentos varia de pequeno, médio e grande porte, tudo isso para se adequar a necessidade produtiva de cada empreendimento. Na Figura 9 temos os fabricantes e alguns modelos de pequeno porte disponíveis no mercado brasileiro:

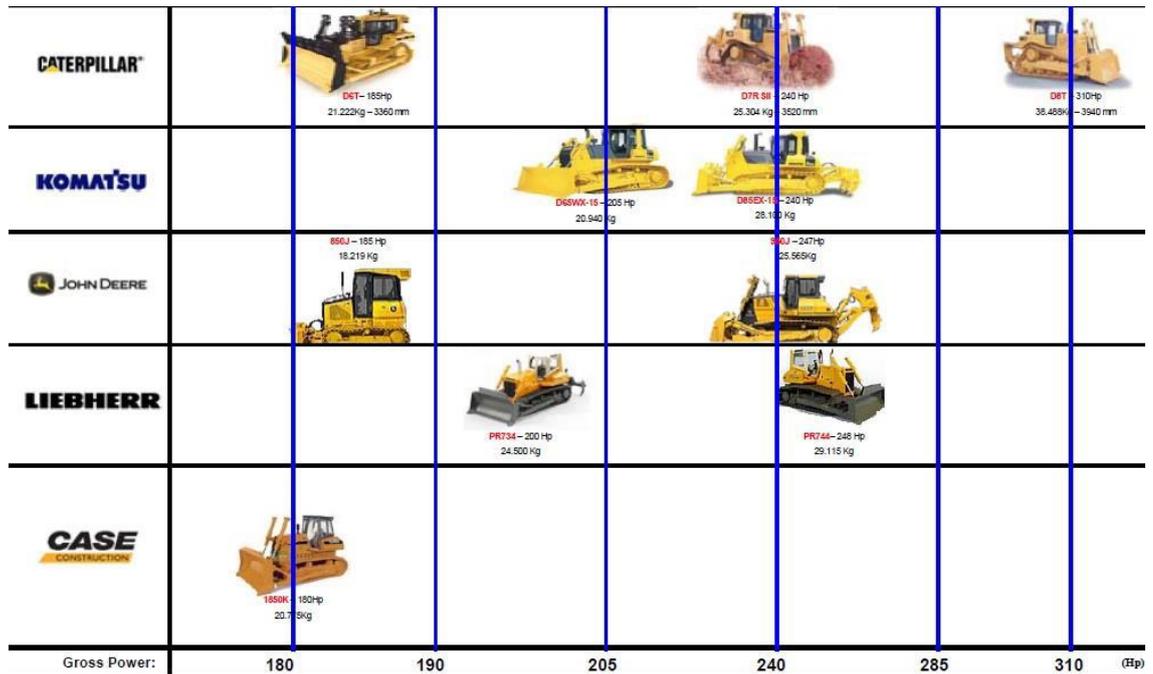
Figura 9 - Tratores de esteira de pequeno porte



Fonte: Abreu, 2017 *apud* VIEIRA, 2013.

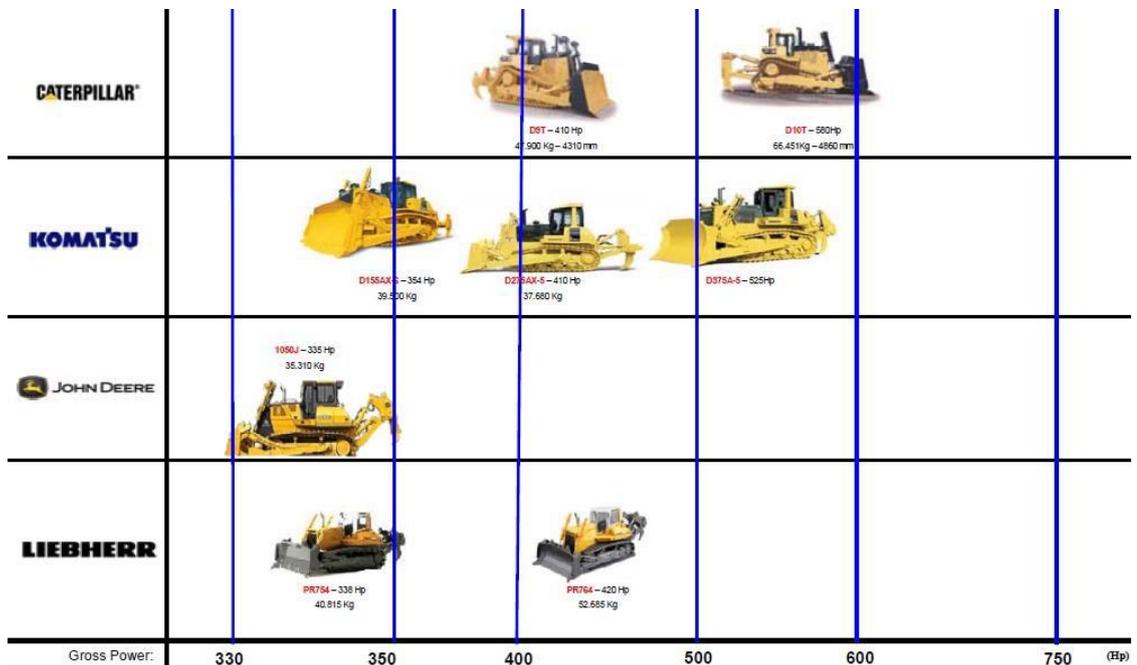
As dimensões e algumas características de desempenho variam de um fabricante para outro, nem sempre haverá o modelo exatamente correspondente. Nas Figuras 10 e 11 são apresentados os modelos de médio e grande porte.

Figura 10 - Tratores de esteira de médio porte



Fonte: Abreu, 2017 *apud* VIEIRA, 2013.

Figura 11 - Tratores de esteira de médio porte



Fonte: Abreu, 2017 *apud* VIEIRA, 2013.

As marcas que dominam o mercado de Tratores de esteiras são basicamente as mesmas quando falamos em Motoniveladoras e Tratores de rodas. Em geral, as máquinas pesadas de uso na mineração possuem um mercado bem delimitado no Brasil. Atualmente, vê-se algumas

montadoras de equipamentos agrícolas se aventurando no mercado de equipamentos para mineração.

Na Figura 12, vê-se um dos modelos de Trator de rodas de grande porte muito utilizado nas mineradoras brasileiras, sendo duas fabricantes muito renomadas nas minas, Komatsu e Caterpillar.

Figura 12 - Tratores de Rodas grande porte



Fonte: Adaptado de <https://www.komatsu.com.br/source/catalogo.php?C-7-2>
https://www.cat.com/pt_BR/products/new/equipment/dozers/wheel-dozers.html

4.2. Tecnologias da informação;

Maximizar os lucros reduzindo custos, é o objetivo econômico básico de qualquer empreendimento com a alta competitividade no mercado, destacam-se as empresas que saem na frente utilizando os recursos disponíveis como aliados. Sendo assim com advento das Tecnologias de Informação (TI) utilizado como uma ferramenta estratégica dentro da empresa deu margem ao desenvolvimento de muitos empreendimentos. O uso eficaz da TI ultrapassa a ideia de uma ferramenta de produtividade, quando há um alinhamento da TI com a estratégia e as características do negócio e de sua estrutura organizacional, está se torna muitas vezes um fator crítico de sucesso. (LAURINDO, SHIMIZU, CARVALHO & JR, 2001)

Keen (1993) diz que tecnologia da informação se trata de um conceito muito abrangente, pois este envolve aspectos humanos, administrativos e organizacionais. Não podendo ser resumidos apenas em sistemas de informação, engenharia de software, informática ou o conjunto de hardware e software. Sobre o termo *Sistemas de informação* gera divergências entre autores, uns o consideram uma parte inclusa nas Tecnologias de Informação (TI). Sendo ela

responsável por gerar informações através da coleta, processamento e transformação dos dados a fim de se ter conhecimento para tomada de decisões.

Os sistemas são classificados em: sistema de nível estratégico, de conhecimento, tático e operacional. As informações geradas pelos sistemas de nível estratégico são utilizadas na definição do planejamento estratégico da organização, ou seja, tomada de decisão. Os sistemas de nível tático são usados no controle dos planejamentos operacionais, define as táticas ou metas a serem cumpridas. Os sistemas de conhecimento envolvem a transmissão de conhecimento e informação entre os departamentos. Os sistemas de nível operacional são utilizados para o desenvolvimento das tarefas diárias da empresa, como exemplo: sistema de compra/venda. (BATISTA, 2004).

Para que o empreendimento possa estar constantemente preparado para enfrentar as tendências e competitividade do mercado, utilizam-se sistemas de informações que objetivam a constante resolução de problemas organizacionais internos. (FERNANDES E SILVA 2012)

Um empreendimento mineiro possui um grande e crescente geração de dados e informações ao longo de sua operação. Desde os dados de quanto foi produzido até quanto se gastou em papéis, tudo isso são informações relevantes e que devem ser analisadas de alguma maneira. Atualmente são diversos os sistemas de informação utilizados pelas empresas dentre eles o *Data Warehouse*. Dentro de casa um destes termos existem softwares e ferramentas específicas que realizam os trabalhos de coleta, armazenamento e tratamento dos dados de uma empresa.

Data Warehouse esse conceito consiste em organizar os dados corporativos de maneira integrada, com uma única versão da verdade, histórico variável com o tempo e uma única fonte de dados. Tal integração possibilita à empresa identificar tendências em sua corporação, o que a possibilita posicionar-se estrategicamente no mercado de forma mais competitiva e, conseqüentemente, aumentar os lucros. (RASLAN E CALAZANS, 2014)

Conforme afirma Vladimir Michels, diretor do segmento de Manufatura e Distribuição e Logística da Totvs a revista Minérios & Minerales:

“A tecnologia tem como essência trazer agilidade, conectividade, acuracidade e segurança nas informações. As empresas precisam garantir a disponibilidade de sua linha produtiva. Se um equipamento parar, sem planejamento, todo o beneficiamento ficará parado. Nesse sentido, agregar produtividade, aumentar segurança nos processos, reduzir custos com manutenção, aumentar vida útil dos equipamentos e executar gestão de frotas são alguns dos objetivos dos softwares de gestão desenvolvidos para o setor de mineração”.(2015)

O uso das tecnologias de informação na mineração, especificadamente, nas operações de carga, transporte e equipamentos auxiliares da mina são extremamente importantes para a análise do desempenho destes equipamentos. O armazenamento de informações sobre o processo ao longo do tempo permite com que a tomada de decisões seja assertiva ao se basear no histórico do empreendimento e não apenas em conhecimento empírico.

4.2.1. Sistemas de despacho nas mineradoras;

Na mina, as tarefas de monitorar, controlar e investigar a operação dos equipamentos de produção são realizadas por sistemas de despacho. Os sistemas de despacho (alocação) surgiram com a necessidade de maior controle dos caminhões que trefegavam pela mina. Até mesmo atualmente, os sistemas de despacho são diversamente produzidos com foco em equipamentos de carga e transporte. O planejamento de lavra necessita de informações confiáveis referentes a produtividade da mina. É necessário planejar, programar e controlar a necessidade de recursos que dite o ritmo de lavra (toneladas/h) a ser implementado em cada frente, atendendo dessa maneira as especificações quantitativas e qualitativas da usina.

De acordo com Felsch Junior (2014) *apud* Pinto (2008) diversos são os métodos de implementar o despacho de equipamentos. Estes podem ser agrupados em três tipos básicos sendo eles:

- Sistema de despacho manual: o despachador dependia de um local onde tivesse uma visão estratégica dos caminhões ao longo da mina. As decisões eram tomadas com base em seu ponto de vista e em sua experiência pessoal e assim envia as informações através de rádio transmissores aos equipamentos.
- Sistema de despacho semiautomáticos: Agora fazendo o uso de computadores, porém sem uma ligação direta entre o computador e o equipamento, fazendo com que ainda sim, o despachador tenha que decidir e comunicar as instruções aos demais. No entanto, este processo é facilitado pois o computador possui a função de gravar um status e a localização dos equipamentos, assim a tomada de decisão do despachador referente a alocação dos caminhões pode ser mais assertiva.
- Sistemas de despacho automáticos: Estes sistemas já mais avançados e atualmente os mais encontrados na literatura, permite que o computador tome decisões referentes ao despacho e envie para os caminhões, sem que haja a interação com o despachante.

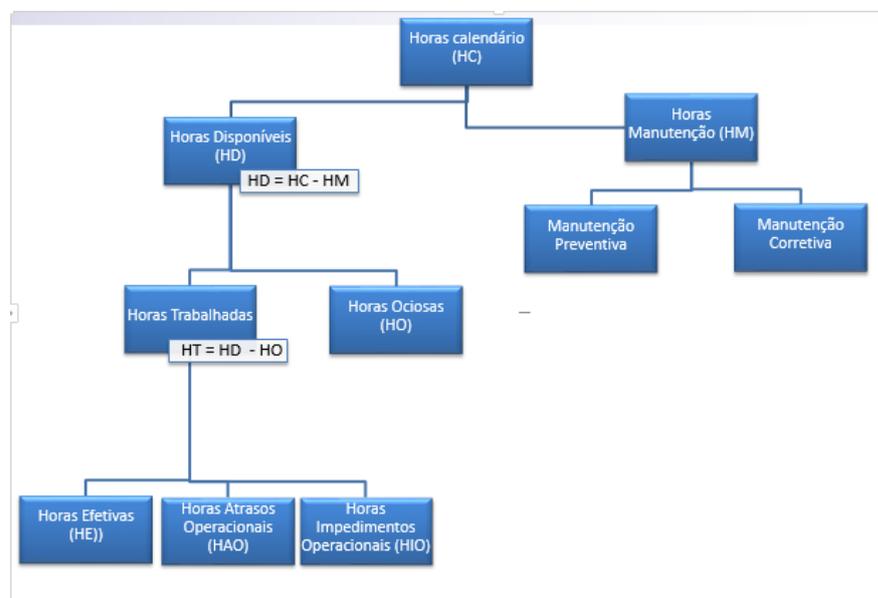
Segundo Felsch Junior (2014) os sistemas de despacho são essenciais na geração de informações reais e confiáveis. Os dados enviados pelos equipamentos ao sistema são armazenados

em um servidor exclusivo, assim é possível realizar consultas frequentes a esses dados e com isso gerar relatórios e indicadores.

Para que se tenha um aproveitamento dos recursos dos sistemas de despacho é necessário que haja foco nos indicadores básicos, estes gerados através dos apontamentos (apropriações) feitas no equipamento. Cada empresa adota uma maneira padronizada para geração destas apropriações, utilizando o que chamamos no senso comum de “árvore de códigos” ou árvore de categorias de tempo. As categorias de tempo são basicamente classes de serviços predefinidas que divide o tempo, como por exemplo Horas Ociosas que engloba um grupo de códigos que se encaixam nesta classe. Essa nomenclatura a empresa define como for melhor para o seu ritmo de trabalho. Para se ter o controle detalhado do tempo gasto em que o equipamento ficou realizando determinada atividade utilizam-se as apropriações. Estas são extremamente importantes pois mapeiam não apenas as atividades realizadas quanto os atrasos, as manutenções e todos os eventos na rotina diária.

Estes apontamentos previamente configurados no sistema de despacho podem variar conforme o tipo do equipamento e as funções exercidas pelo mesmo. Abaixo a Figura 13 mostra um sistema de árvore de códigos comumente usados nas minas de ferro para equipamentos de infraestrutura.

Figura 13 - Árvore de Códigos



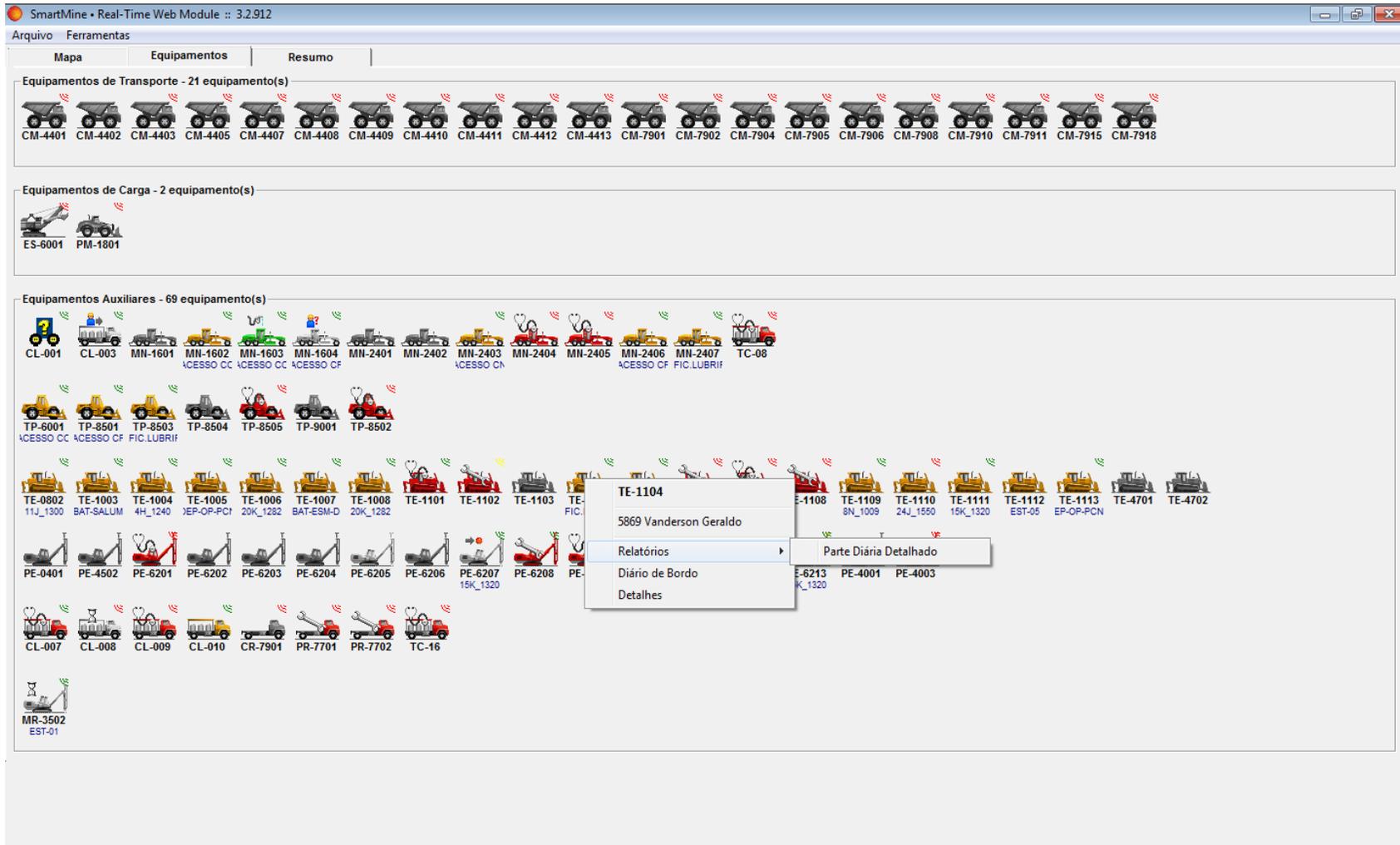
Fonte: Adaptado de <https://www.instalatecnologia.com.br/post/gest%C3%A3o-de-frota-na-minera%C3%A7%C3%A3o-categorias-de-tempo>

Dentre os softwares conhecidos de sistema de despacho o *SmartMine®* é *software* intensivo de gerenciamento de mina em tempo real. Criado pela Devex, é uma solução integrada em software e hardware. O sistema é composto por módulos sendo eles:

- *Dispatch Module*: módulo de controle da operação da mina, este foi criado desde a primeira versão do software. É o responsável por capturar os movimentos de materiais e equipamentos que ocorrem durante a operação de mina, armazenando-os em um banco de dados, além de indicar ao operador do sistema o que está acontecendo na mina durante todas as 24 horas do dia;
- *Manager Module*: módulo de planejamento da mina. Além do modulo anterior este foi o segundo também presente desde a primeira versão do software. Ele mostra a interface entre o planejamento e a operação de mina. São definidos os equipamentos de carga, transporte e demais equipamentos da mina com suas propriedades.
- *Real Time Web Module*: neste módulo é possível realizar consultas aos dados que o *software* armazena, conforme a Figura 14, utilizando um computador na rede, permitindo que as variáveis importante sejam acompanhadas como ocorrem na mina;
- *GPS Tracking Module*: módulo que permite a maior parte das automatizações da operação do sistema.
- *Optimization Module*: ele recebe as informações em tempo real da mina e faz múltiplas simulações, utilizando algoritmos genéticos para geração de soluções. Essas soluções são enviadas ao tracker esperando confirmação do operador do caminhão ou do sistema.

Para que seja possível toda essa comunicação o sistema existe alguns equipamentos, sendo um deles o Tracker. Este consiste em um computador embarcado usado para registrar os status e as informações do GPS e enviar ao módulo despacho (SILVA, 2003).

Figura 14 - SmartMine Real Time Web Module



Fonte: Arquivo de pesquisa

4.3. Indicadores de desempenho;

Sabendo que a mineração é um setor da economia com alto risco e capital de investimento escasso, medir o desempenho operacional em cada etapa do processo produtivo é de suma importância, representa juntamente com a constante busca por aumento da produtividade e redução de custos um forte aporte de investimentos.

Costa (2015) diz que em todas as etapas ou estágios da vida de uma mina é essencial acompanhar o desempenho dos setores produtivos por meio de índices que medem a eficiência de um processo. Ferramentas como gráficos de controle monitoram a variabilidade e a estabilidade de um processo, avaliando se este está de acordo com o desempenho desejado. Essa avaliação é obtida por intermédio de indicadores de desempenho como a reconciliação, aderência nas lavras, relação estéril / minério, disponibilidade física e utilização dos equipamentos, aderência econômica, entre outros.

Segundo Caldeira (2012) para melhorar a gestão de uma empresa não basta apenas administrá-la, é necessário medir o seu desempenho. Este afirma ainda que um gestor não é capaz de melhorar o desempenho de uma empresa se não for capaz de medir o seu próprio desempenho.

Os indicadores são variáveis métricas que possibilitam comparação de melhorias nos processos por meio de medidas de desempenho ao longo do tempo de qualquer processo, através do uso de metodologias analíticas, onde se destacam as ferramentas estatísticas. (TEIXEIRA, ASSIS, ARAÚJO, SIMÕES, GOUVEIA 2019)

A identificação de problemas de forma a atuar nas ações de melhorias é possível quando a organização realiza de maneira efetiva a medição de seu desempenho. Tornando assim possível realizar comparações do desempenho atual com o desejado. Conforme Caldeira (2012) os indicadores de desempenho têm a função de medir os resultados de uma empresa para que possam comparar as metas aos possíveis desvios de performance.

Costa (2015) *apud* Parmenter (2010) definem quatro tipos de indicadores de performance:

- Indicador de resultado (*result indicator – RI*), este é responsável por dizer o que tem sido feito;
- Indicador de performance (*performance indicator – PI*) ele irá dizer o que deve fazer;

- Indicador chave de performance (*key performance indicator – KPI*) irá dizer o que fazer para aumentar significativamente o desempenho;

No âmbito da infraestrutura de mina existem alguns indicadores que são necessários para acompanhar o desempenho das equipes. São eles a disponibilidade física, utilização e produtividade. Através dos apontamentos expurgados no sistema de despacho é possível ter os dados que são utilizados na geração destes indicadores.

Para equipamentos auxiliares a estimativa de produtividade não é tão relevante visto que a operação destes equipamentos é direcionada à liberação de frentes de lavra, acessos, depósitos e obras de manutenção na estrutura da mina, com isso avalia se a atividade finalizada. Já a disponibilidade física (DF) e a utilização (U) são de suma importância para se avaliar se uma área está ou não trabalhando adequadamente

O cálculo destes índices possui a ideia central de sua denominação, porém, varia a nomenclatura conforme a árvore de códigos que cada empresa utiliza. Alguns conceitos básicos para o entendimento são:

Horas calendário (HC) ou horas horizontes (HH) – em geral vai variar conforme a escala de trabalho do empreendimento, se trata das horas totais da máquina ou seja, se o regime de trabalho é de 24 horas diárias divididas em turnos, em um ano temos 365 dias x 24 horas totalizando 8760 horas calendário em um ano;

Horas disponíveis (HD) – compreendem o tempo em que o equipamento está liberado da manutenção, ou seja, está apto para operar.

A disponibilidade física determina o quanto os equipamentos estão realmente disponíveis para a operação da mina, sendo a disponibilidade passível de quedas à medida que a frota envelhece. Conforme a definição de Branco Filho (2000) DF é “a probabilidade de que um item possa estar disponível para utilização em um determinado momento ou durante um determinado período de tempo”.

Os fabricantes estimam a vida útil do equipamento a partir de um histórico, assim o empreendedor já terá uma ideia de quando será necessária a troca do equipamento, tendo em vista que, se há um aumento na produção ou na retirada de estéril em proporção a de minério será necessário refazer esta estimativa de desmobilização do equipamento, sempre conforme as condições operacionais da mina. (VALER - EDUCAÇÃO VALE)

Um importante trabalho é exercido pelas equipes de manutenção responsável por colocar caminhões, escavadeiras e equipamentos auxiliares trabalhando o máximo possível de horas

dentro da mina. Para isso, existem dois tipos de manutenção: a preventiva, que ocorre segundo o programado, e a corretiva (no caso de quebra). Esta última deve ser evitada, porque acontece sem nenhuma programação, onerando muito os custos operacionais. A DF mede a eficiência da manutenção: uma DF alta é sinônimo de eficácia no trabalho das equipes que colocam os equipamentos para funcionar.

Abaixo o cálculo de disponibilidade física (DF) conforme a empresa:

$$DF (\%) = \frac{\text{Horas Calendário (HC)} - \text{Horas Manutenção (HM)}}{\text{Horas Calendário (HC)}} = \frac{H. Disponíveis}{H. Calendário} \times 100$$

A utilização é um indicador-chave de desempenho porque mostra o uso efetivo dos equipamentos, ou seja, o percentual das horas disponíveis para a operação que foram realmente trabalhadas. É basicamente a relação entre as horas efetivamente utilizadas na produção e as horas disponíveis. Para se calcular a Utilização (UT) é feito o seguinte cálculo conforme a empresa:

$$UT (\%) = \frac{H. Disponíveis (HD) - \text{Horas não utilizadas}}{H. Disponíveis (HD)} = \frac{\text{Horas Efetivas (HE)}}{\text{Horas Disponíveis (HD)}} \times 100$$

4.4. Estudo de caso

4.4.1. Descrição do Cenário do Estudo

No estudo de caso são descritos os processos produtivos de interesse para este trabalho e como estes são realizados na Mineração X, descrevendo como é feita a interface dos setores envolvidos.

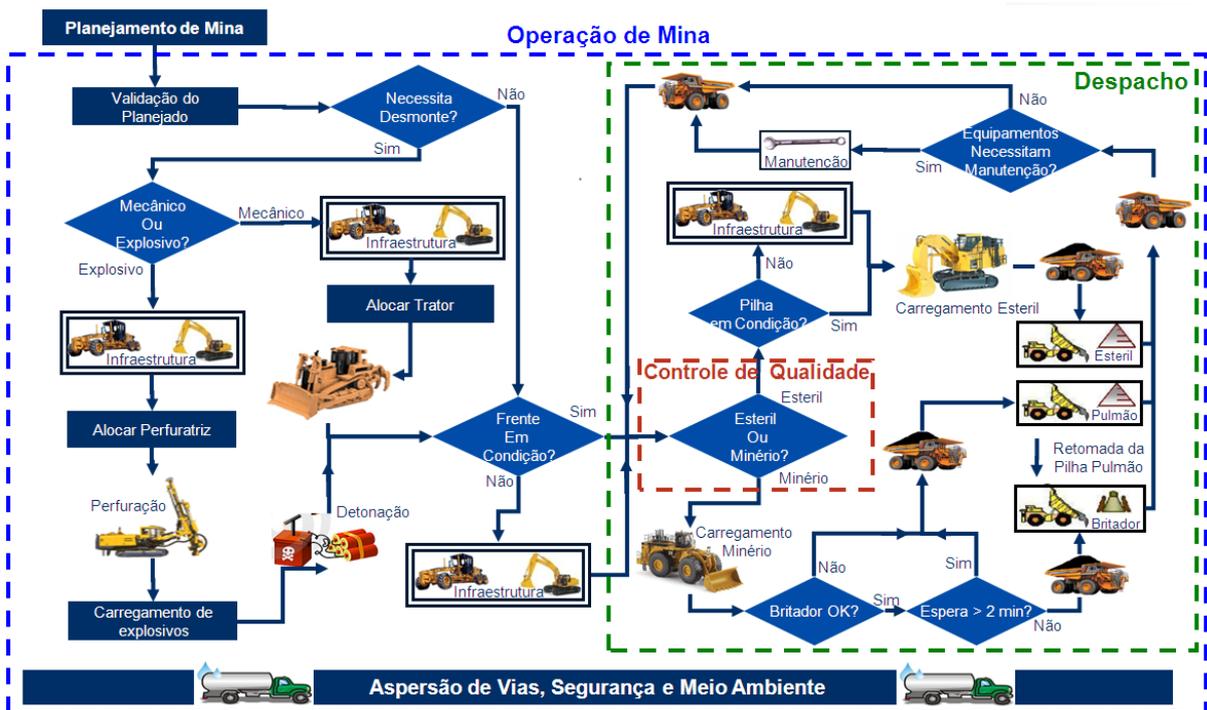
A Mineração X localiza-se no estado de Minas Gerais, na região geológica conhecida como Quadrilátero Ferrífero. Essa região de montanhas de 7.000 Km² forma o divisor de águas entre dois grandes sistemas de drenagem brasileiros, a bacia do rio São Francisco e do Rio Doce. A região tem elevação que varia de 650 metros acima do nível do mar a 1.500 metros e tem um clima relativamente ameno.

O minério é lavrado por escavadeiras hidráulicas modelos da Caterpillar 6060 e Komatsu PC 5500 e pá-carregadeiras Caterpillar 994H. O transporte do minério é feito por caminhões Caterpillar com capacidade de 240 toneladas da série 793-F e 793-D que segue para o beneficiamento na Planta Central (rota úmida) ou nas Plantas Moveis (rota seca). A empresa conta com ampla frota de equipamentos de infraestrutura que dão todo o suporte para produção e desenvolvimento da mina.

4.4.2. Fluxo de Produção

O fluxo produtivo da mina X ocorre graças a integração de vários setores, que se complementam e compõem cada etapa necessária para o desenvolvimento da lavra. A Figura 15 mostra o fluxograma com as atividades que compõem o processo produtivo.

Figura 15 - Fluxograma Mina Estudada



Fonte: Arquivo pessoal

O planejamento de lavra da Mina X está subdividido em planejamento de lavra de Longo, Médio e Curto prazo.

O planejamento de longo prazo enquadra num modelo de planejamento estratégico. É no longo prazo que são obtidos os planos até a exaustão da mina. A elaboração desse plano visa à

cubagem da reserva tecnicamente lavrável, aponta a quantidade de estéril a ser removida, define por consequência a REM (relação estéril / minério), obtêm-se o limite de cava final, que delimita a área de lavra impedindo que haja a construção de obras permanentes dentro desses limites.

No planejamento de lavra de curto prazo desenvolvem-se os planos trimestrais, mensais, diários de lavra a partir do plano de lavra anual repassado pela equipe de longo prazo.

Na mina X para o desenvolvimento das geometrias, projetos e sequenciamentos de lavra é utilizado o *software MineSight* de uma forma bastante ágil, interativa e otimizada, o *software* possibilita a visualização da cava, modelo geológico em 3-D.

São as equipes de geologia que ficam responsáveis por fazerem as amostragens em campo a fim de alimentar o sistema com as informações geológicas da mina.

As equipes de controle de qualidade são responsáveis pela programação diária de produção através da formação das pilhas *blends*, formação dos estoques de atendimento às Unidades de Plantas Moveis (UPM) e Instalação de Tratamento de Minério (ITM). Os técnicos da equipe de controle de frentes de lavra rotineiramente turno a turno acompanham todas as frentes de lavra em operação e juntamente com o direcionamento da geologia auxiliam na destinação dos materiais para os respectivos destinos de acordo com o plano de lavra. No decorrer do mês são acompanhados os resultados de qualidade e gerados diversos relatórios a partir das formações e retomadas das pilhas, além do controle da qualidade dos principais produtos gerados.

Para um perfeito funcionamento é necessário que se tenha um sistema de despacho eletrônico eficiente, a Mina X utiliza o *software Modular Mining* que gerencia o controle de tráfego e monitora todos os equipamentos de transporte e carga da mina. O principal objetivo da sua utilização é a otimização das operações de lavra e maximização da produtividade geral da mina, desta forma, reduzindo custos operacionais.

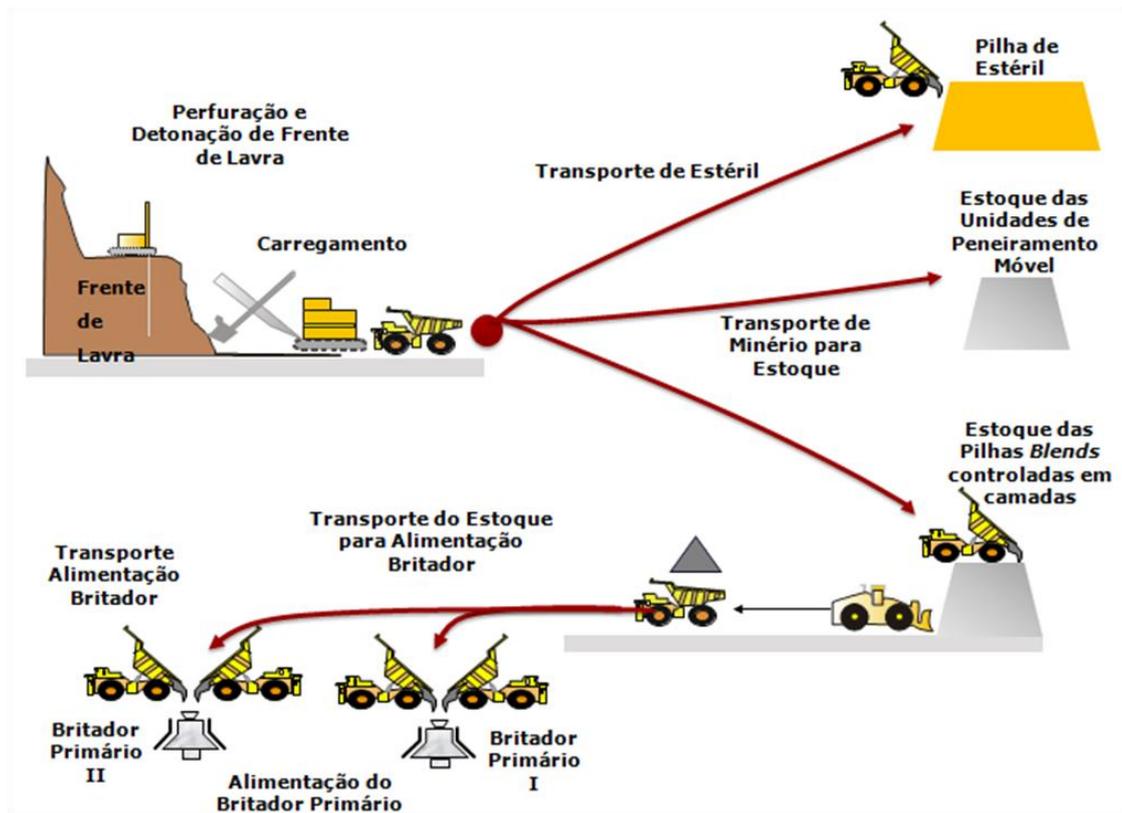
Com o objetivo de fornecer informações atualizadas, a equipe de topografia de mina trabalha para garantir uma visibilidade da mina fazendo uma atualização geral por semana as frentes de lavra e pilhas de oportunidade e de estéril. Com essa rotina ela fornece subsídio para o planejamento de lavra, geologia, controle de frentes de lavra, infraestrutura e produção para trabalhar da melhor maneira e buscando resultados mais assertivos.

A equipe de topografia tem interface basicamente com todo os setores que estão envolvidos com o desenvolvimento da lavra. São responsáveis também por efetuar medições de estoques, estoques de produtos, barragem, levantamento dos primitivos, marcação dos avanços de lavra, marcação de diversos limites (cava final, licença operacional, reserva legal,

cavidades), marcação de canaletas, cadastramento dos contatos geológicos, marcação dos pontos de drenagem, rampas, estradas, projetos de retaludamento, monitoramento de taludes, entre outras atividades.

Responsável pela produção em si, existe as equipes de operação de mina. O minério da mina é lavrado pelo método a céu aberto, em bancadas de 13 metros, sendo desenvolvida a lavra em nível, lavra em encosta e cava. São utilizadas escavadeiras hidráulicas (CAT 6060 e Komatsu PC5500) e pás carregadeiras (CAT 994H). O transporte do material para a britagem, estoques, pilhas de estéril é feito por caminhões de grande porte (CAT 793F e 793D), de até 240t. A Figura 16 mostra o fluxograma do processo de lavra.

Figura 16 - Fluxo do processo de Lavra na Mina X



Fonte: Adaptado da Mina X

4.4.3. Infraestrutura de Mina X

O setor de infraestrutura é o responsável para que o ciclo básico da mina ocorra, onde o planejamento com base na visão estratégica da empresa define os avanços e desenvolvimentos, a operação de mina executa as definições do planejamento e para que tudo isso seja possível, a

infraestrutura oferece as condições para o cumprimento dos planos na prática e também para o desempenho satisfatório da operação.

A atividade da infraestrutura durante a vida útil da mina é responsável por realizar a construção de acessos, manutenção de praças, pilhas de estéril, estoques de oportunidade, conformação de drenagens, estabilidade de taludes, desmonte mecânico entre outras. Na mina X, a infraestrutura é composta por supervisões secundárias são elas: Perfuração e Desmonte, Hidrologia, Sinalização Terraplenagem e Drenagem.

A equipe de perfuração e desmonte é responsável por realizar perfurações primárias, feitas com perfuratrizes de grande porte, e perfuração secundária, onde se utiliza a FlexiRoc. Além disso, a perfuração também é solicitada para realizar furos de sondagem para as amostragens da geologia. Já o desmonte, que atualmente compõe a mesma supervisão que a perfuração, é responsável pela elaboração e execução dos planos de fogo para atender as demandas de frentes de lavra definidas pelo planejamento.

A hidrologia é a equipe responsável por montar e dar manutenção nos sistemas de bombeamento superficial que alimentam os apanhadores, aspersão fixa e o lavador de báscula. Além disso, são responsáveis também pelo bombeamento do lençol freático, este sistema é de suma importância pois alimenta a cota de água necessária para Usina, reposição ambiental, estação de tratamento de água (ETA) e a Oficina de Manutenção do Engenho.

A sinalização possui nas proximidades da mina a oficina onde são feitos os pontaletes de sinalização de acessos, interdição, sistemas de drenagem, entre outros. A equipe é responsável por todas as demandas referentes a criação de placas e outros objetos de sinalização.

Acompanham para a realização deste trabalho, as atividades desenvolvidas na terraplenagem e drenagem.

4.4.3.1. Terraplenagem

As equipes de terraplenagem trabalham em regime de turno de seis horas, totalizando cinco turmas (cinco letras). A frota de equipamentos desta equipe é composta por Tratores de Esteiras de grande porte (CAT D11T), Tratores de Pneus também grande porte (CAT 854K), Motoniveladora (CAT 16H e 24M), além destes, existe também a frota de caminhões pipas. São responsáveis por realizar o desenvolvimento de pilhas de estéril e estoques de oportunidade.

A construção e manutenção de acessos e acertos de praças também são algumas das demandas para a terraplenagem. Novos acessos são projetados pela equipe de planejamento, as

marcações em campo são feitas pela topografia, e a terraplenagem executa utilizando motoniveladora, uma das atividades rotineiras da equipe a manutenção dos acessos.

Os tratores de esteiras também são muito utilizados para a realização de desmontes mecânicos geralmente em frentes onde não se pode realizar desmonte químico, ou até mesmo para auxiliar o trabalho das pás carregadeiras.

Outras responsabilidades pertinentes a equipe de terraplenagem são, a realização de raspagem e decapeamento do *top soil*, preparação de praças para perfuração, conformação de bermas e taludes entre outras.

O controle de emissão de particulados na mina são parte importante dentre as atividades da terraplenagem. Na unidade, é feito com aspersão móvel (pipas) e aspersão fixa, ambas fazem o uso de polímeros para redução dos impactos ambientais. As linhas de aspersão são montadas pela equipe de hidrologia, porém, sua gestão é feita pela terraplenagem. Na mina existe uma unidade que controla e programa os canhões da aspersão conforme a necessidade.

4.4.3.2. Drenagem

A frota de equipamentos que compõem a drenagem são tratores de esteiras modelos CAT D8 e D10, tratores de esteira modelo Komatsu D61 e John Deere, escavadeiras modelos Komatsu, John Deere e Caterpillar, retroescavadeiras e também caminhões traçados para realizar transporte de material.

A Mina X possui uma área que atualmente não está em operação, sua equipe de drenagem que é responsável por uma gama de estruturas de drenagem que estão distribuídas por toda área da mina X.

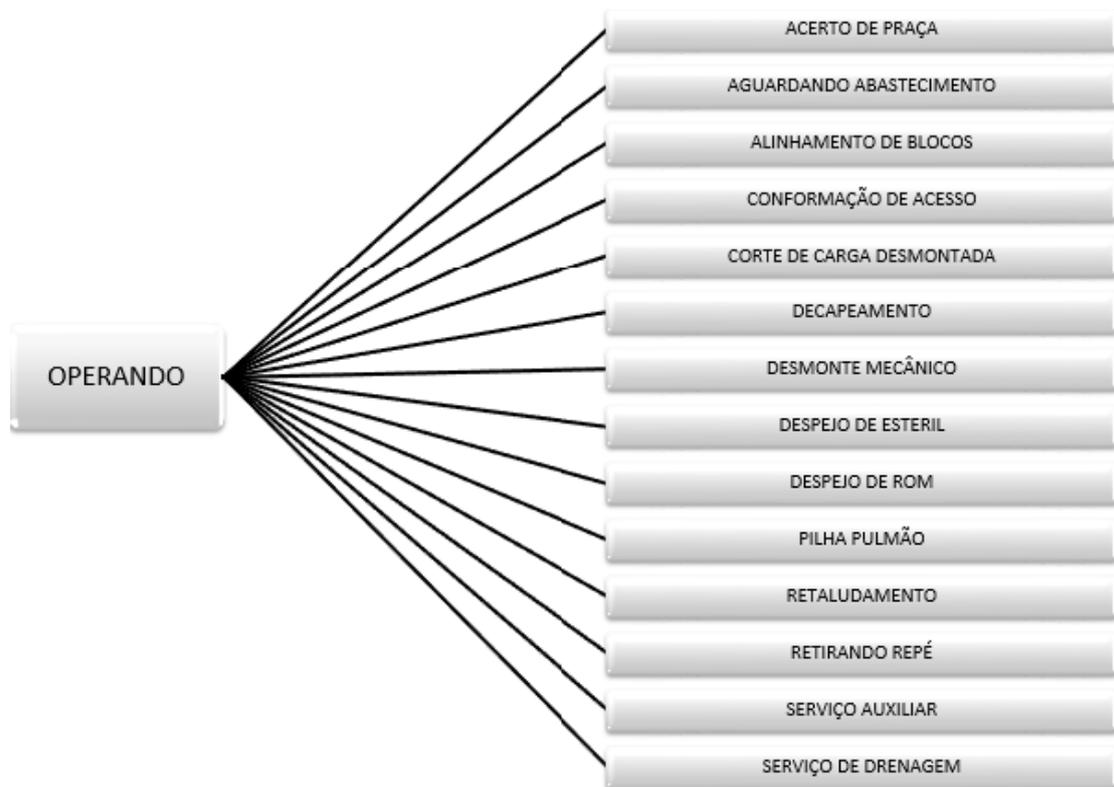
A drenagem é a equipe responsável por realizar atividades de criação e manutenção de sistemas de drenagem superficial, sejam para acessos, taludes da cava, e pilhas. Além disso, os trabalhos de retaludamento também são realizados pela equipe

A drenagem de cava e acessos é realizada com a criação de estruturas de contenção de finos, podendo ser caixas, *sumps* e diques. Elas são responsáveis por prevenir erosões quebrando a velocidade de percolação das águas.

4.4.4. Identificação do problema

Para a compreensão de como foi o processo de identificação do problema é necessário entender como funciona as apropriações no sistema de despacho da empresa em questão. A árvore de códigos disponíveis para os equipamentos de infraestrutura é composta por classes sendo elas operando, atraso operacional, impedimentos operacionais, horas ociosas e manutenção. As apropriações de operando referem-se ao período em que o equipamento está efetivamente realizando um atividade, no presente estudo os códigos utilizados nesta classificação estão descritos na Figura 17.

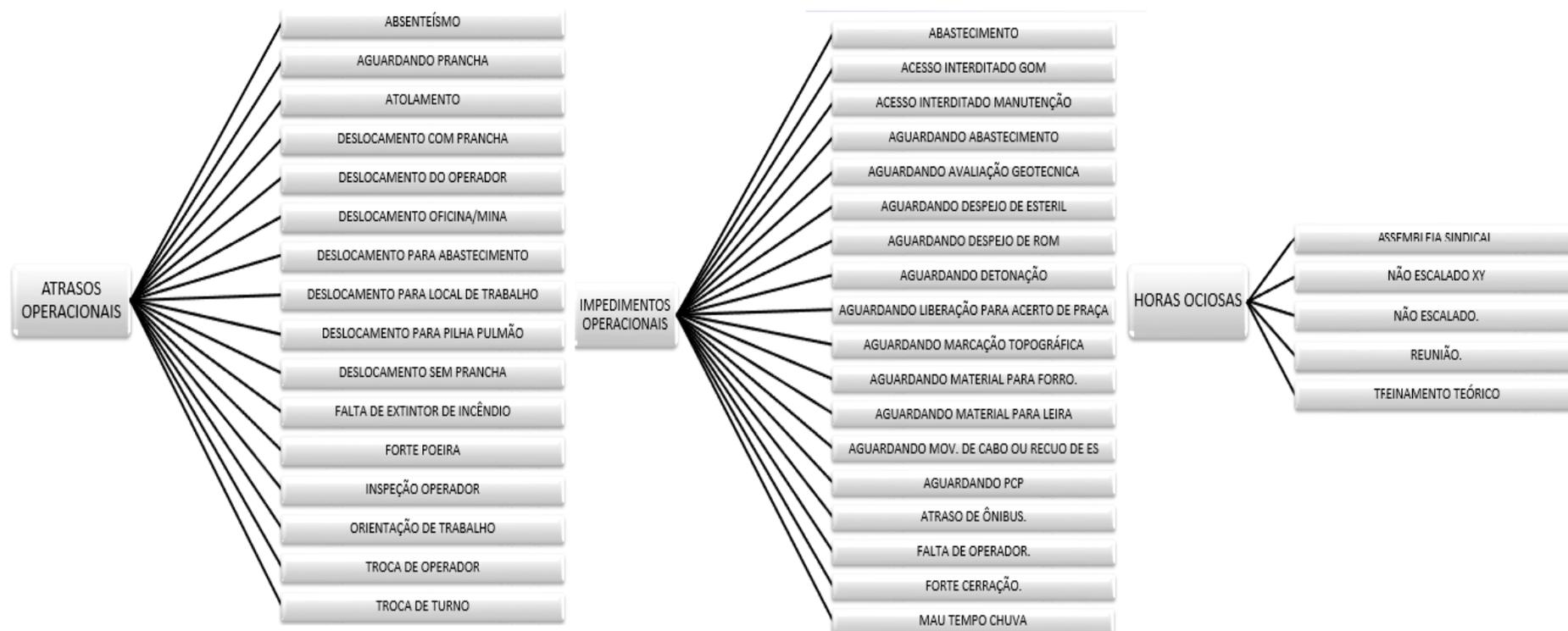
Figura 17 - Apropriações Operando



Fonte: Arquivos da pesquisa

Quando o equipamento não está realizando alguma atividade este pode estar em manutenção, por isso, existe a classe de códigos utilizados quando o equipamento está parado devido a algo mecânico. Sendo eles Manutenção Preventiva e Manutenção Corretiva. Se o equipamento não está operando e não está em manutenção e mesmo assim está parado deve existir alguma razão que justifique essa parada, por isso existem os códigos descritos na Figura 18.

Figura 18 - Árvore de Códigos - Atraso, Impedimentos e Horas Ociosas



Fonte: Arquivos da pesquisa

Os atrasos operacionais englobam condições que impedem o equipamento de estar realizando atividade efetivamente porém são intrínsecas ao processo. Como por exemplo a troca de turno, esse tempo parado é necessário para que os operadores que estão deixando turno possa ser substituído por aquele que irá trabalhar na jornada que se inicia. Ou seja, essa parada faz parte da operação porém é algo que se pode trabalhar visando reduzir essa perda ao máximo. De modo geral, os atrasos são apropriações que podem ser reduzidas ou controladas.

Diferente dos atrasos, os impedimentos operacionais são apropriações que não podem ser controladas. São paradas devido a condições também intrínsecas ao processo de operação da mina, como a espera pela avaliação da geotécnia. Neste caso, supondo que exista um trator trabalhando em uma região com falhas que deixam uma condição insegura para a operação continuar, o operador informa seu superior e através do *tracker* no equipamento ele coloca este código até que a equipe de geotécnia compareça liberando ou não a área para dar continuidade a operação. Essa é uma condição em que não há nada que possa ser feito para reduzir essa parada, é uma questão de segurança operacional.

Estes apontamentos que são realizados pelo operador do equipamento ou até mesmo pelo operador da sala de controle ficam armazenados no sistema de despacho e disponível para a consulta a qualquer momento.

Para a elaboração dos indicadores abordados neste trabalho, o cálculo de disponibilidade física é feito da seguinte conforme abaixo seguindo o padrão da empresa em estudo:

$$DF (\%) = \frac{\text{Horas Disponíveis}}{\text{Horas Calendário}} = \frac{(HE) + (AO) + (IO) + (HO)}{\text{Horas Calndário}} \times 100$$

Na Mina X a Utilização é dividida em dois cálculos, UT Efetiva e UT Global. A Utilização Efetiva considera a relação entre o número de Horas Efetivas (HE) ou Operando pelo número de Horas Disponíveis (HD, visto que na Utilização Global é somado as HE com o número de Horas de Atraso Operacional AO) pois como dito anteriormente, essa classe engloba apropriações que podemos reduzir. Os cálculos são realizados conforme abaixo seguindo os padrões da empresa:

$$\text{Utilização Efetiva (UE \%)} = \frac{(HE)}{(HE) + (AO) + (IO) + (HO)} \times 100$$

$$Utilização Global (U \%) = \frac{(HE) + (AO)}{(HE) + (AO) + (IO) + (HO)} \times 100$$

Conforme descrito no referencial teórico, o uso de indicadores diariamente são peças decisivas no auxílio dos líderes das equipes. O estudo iniciou quando perceberam a necessidade de maior acessibilidade aos indicadores da infraestrutura para os supervisores e técnicos que estavam diariamente acompanhando as equipes na rotina da mina.

O sistema de despacho utilizado pela frota de grande porte da infraestrutura é o *Smart Mine* da *Devex*, antes utilizados nos equipamentos de produção. A equipe de despacho eletrônico presta um apoio aos supervisores e técnicos de cada letra, na gestão dos equipamentos durante o turno devido à grande extensão da mina, esse apoio é extremamente relevante para um bom desempenho da equipe. Na sala de controle ficam duas pessoas, um para auxiliar as equipes de produção e outro para auxiliar as equipes de infraestrutura.

Contudo, por existirem muitas demandas da produção, o operador da sala de controle da infraestrutura presta suporte ao operador da produção. Isso denota uma falha no controle dos apontamento da infraestrutura que compromete o rendimento operacional.

Ao analisar os principais indicadores que deveriam ser acompanhados todos os dias dois se destacam: Indicadores de Interferência da Infraestrutura e Indicador de Utilização da Frota de Infraestrutura.

4.4.4.1. Indicador de Interferências da Infraestrutura

O Indicador de Interferências da GIE (Gerência de Infraestrutura de Mina) na GOM (Gerencia de Operação de Mina) é onde são observados os frequentes impactos gerados pela infraestrutura na produtividade da mina. Este indicador traz informações do tempo de parada diário dos equipamentos de Carga e Transporte devido a condições de acesso, poeira, acerto de praça, falta de frente detonada entre outros códigos que se referem a operações da infraestrutura.

O mesmo era gerado através do *Excel* alimentado pelos relatórios do sistema de despacho eletrônico, porém ainda exigia que um funcionário extraísse os códigos apontados durante o período pelo sistema de despacho eletrônico *Modular*, e posteriormente alimentasse as planilhas de banco de dados do indicador. Estes dados necessitavam ainda ser tratados e organizados para que possa ser gerado o indicador, além da visualização dos dados ser dificultosa no *Excel*.

Devido à grande demanda de tempo necessária para fazer a atualização do indicador, não havia atualização frequente nem avaliação pelos líderes.

As informações obtidas no indicador eram de uso crucial aos líderes de equipes da infraestrutura. Por exemplo, o supervisor da equipe de terraplenagem que trabalhou no dia a que as informações se referem poderia observar o impacto gerado na produção da mina, analisando quanto tempo a frota de caminhões da produção ficou parada aguardando condição de acesso para rodar. A estratificação permite visualizar o tempo referente a cada equipe e possibilitando ações de correção. Um turno de 6 horas não permite ao supervisor visualizar essa informação em tempo hábil de gerar alterações nas condutas ineficientes.

4.4.4.2. Indicador de Utilização Equipamentos Infraestrutura

Os dados de Utilização e Disponibilidade Física dos equipamentos de infraestrutura também são relevantes na hora da tomada de decisões, bem como para avaliar as razões que geram impactos na produtividade da mina. A infraestrutura conta com diversos equipamentos de grande porte que em geral possuem um elevado custo operacional.

Os dados de DF e UT são gerados diariamente em um relatório gerencial do sistema de despacho que agrupava e sintetizava as informações para torná-lo mais prático e de fácil leitura. Assim, não é possível avaliar de forma estratificada o desempenho de cada máquina, por turno e equipe, generalizando informações e impossibilitando alterações nela baseadas. O relatório, era composto basicamente por informações de utilização e os principais códigos que impactavam na utilização. Para a gerência essas informações eram suficientes, porém para o supervisor e o técnico essas informações pouco ajudavam para se fazer mudanças e propostas de melhoria no dia a dia da Mina X.

Um relatório geral, elaborado mensalmente, continha as informações dos índices de UT e DF estratificados por frota. Porém, como era gerado apenas ao fim de cada mês, não permitia a avaliação diária do supervisor.

A sala de controle fazia um trabalho de acompanhamento das apropriações mas com foco total na frota de carregamento e transporte, equipamentos controlados pelo sistema *Modular*. Dessa maneira, os operadores da infraestrutura apontavam os códigos no *tracker* do equipamento com base no conhecimento empírico que era passado entre eles, sem que tenha sido feita uma explanação sobre os códigos existentes e seus usos.

5 METODOLOGIA DA PESQUISA

5.1 Caracterização da Pesquisa

Conforme descrição feita por Severino (2007) o estudo de caso se trata de uma pesquisa que se concentra em um caso particular, que seja significativo para um conjunto de casos similares, de maneira a permitir que os conhecimentos obtidos no caso específico sirvam para realizar inferências para casos análogos.

O presente trabalho será desenvolvido através de pesquisa de campo, onde serão coletados dados quantitativos e qualitativos para a elaboração do estudo. A realização da pesquisa se baseia na metodologia estatística, levantando os dados e correlacionando os fatos.

5.2 Coleta e análise de dados

O embasamento do referencial teórico será caracterizado através de livros, publicações de teses de mestrado e doutorado, dissertações, artigos científicos, assuntos relacionados aos trabalhos e desempenho das equipes na mina.

Os dados serão coletados junto às equipes de infraestrutura, manutenção de grande porte e despacho eletrônico, através dos relatórios e *check list* da rotina operacional.

Serão utilizados os sistemas de despacho para coleta de dados históricos como o *Smart Mine* e relatórios via o *Bi Analyzer*.

A análise dos dados foi referente ao comportamento dos indicadores de desempenho das equipes de infraestrutura, fazendo um comparativo entre os valores obtidos antes e após as alterações propostas.

5.3 Delimitação do tema

Dentre as operações auxiliares na mineração de ferro a céu aberto, as atividades de infraestrutura mais especificadamente, a terraplenagem é responsável por dar condições operacionais para as atividades unitárias do processo. O objeto de estudo do trabalho serão as equipes de infraestrutura o desempenho das mesmas;

A pesquisa ocorrerá no período de janeiro de 2019 a julho de 2020, no setor de infraestrutura da mina X.

5.4 População da Amostra

Atualmente o regime de trabalho é de 6 horas por turno, totalizando quatro letras por dia, dentre os equipamentos que compõe a frota da infraestrutura serão analisados apenas aqueles considerados grande porte, sendo eles:

- 11 Tratores de Esteira D11, Caterpillar.
- 1 Trator de Pneu WD600, Caterpillar.
- 4 Tratores de Pneu 854K. Komatsu.
- 4 Motoniveladoras 24M, Caterpillar.
- 2 Motoniveladoras 16H, Caterpillar.
- 1 Motoniveladoras 16M, Caterpillar.

5.5 Padronização dos Indicadores no Power BI

O primeiro passo foi a reformulação do Indicador de Interferências da Infraestrutura e a criação do Indicador Diário de Utilização da Infraestrutura.

Para a reformulação do Indicador de Interferências da Infraestruturas, a base de dados passou para apenas duas planilhas, antes disponíveis em quatro planilhas de *Excel* extensas e de preenchimento dificultoso. Para facilitar uma análise completa, os dados foram divididos entre impactos na produtividade da frota de carga, composta pelas pás mecânicas e escavadeiras, e os impactos na produtividade da frota de transporte, composta pelos caminhões.

Iniciaram a criação do *Indicador Diário de Utilização da Infraestrutura* contemplando a frota de grande porte, composta por tratores de esteiras, tratores de pneus e motoniveladora.

O objetivo era a criação de um indicador que contemplasse as informações de utilização e disponibilidade física diárias juntamente com os principais códigos de paradas que geraram aquele valor de utilização para identificar as equipes e equipamentos com baixo desempenho.

Testaram-se vários *layouts* diferentes até chegar ao mais adequado, neste foi possível verificar os dados de utilização efetiva geral e estratificado por equipe, bem como os principais impactos na utilização de cada turma.

5.6 Padronização da Rotina de Controle

Cientes das falhas que ocorriam com frequência no sistema do *smartmine*, a principal eram as oscilações entre o código que aparecia na tela do *smartmine* e o código que estava

apontado no *tracker* na cabine do equipamento. Foi necessário o treinamento de um auxiliar por equipe que já realizou trabalhos na sala, para auxiliar os operadores que também foram todos treinados com base nas novas condutas propostas. Após a padronização dos dois indicadores no *Power bi*, iniciaram uma série de análises visando melhorar o desempenho das equipes de infraestrutura.

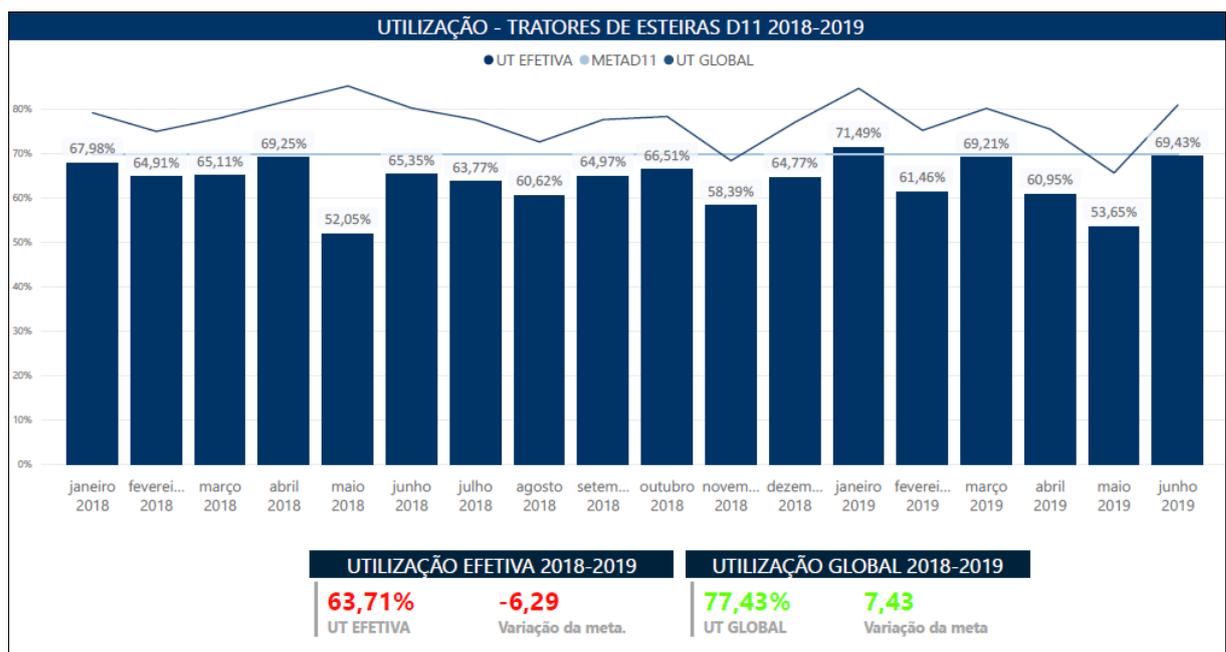
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Indicador de Utilização da Infraestrutura

Após a análise do histórico de dados e apropriações da frota de infraestrutura foi possível observar uma grande despadronização entre os apontamentos, além de valores muito abaixo da meta de utilização.

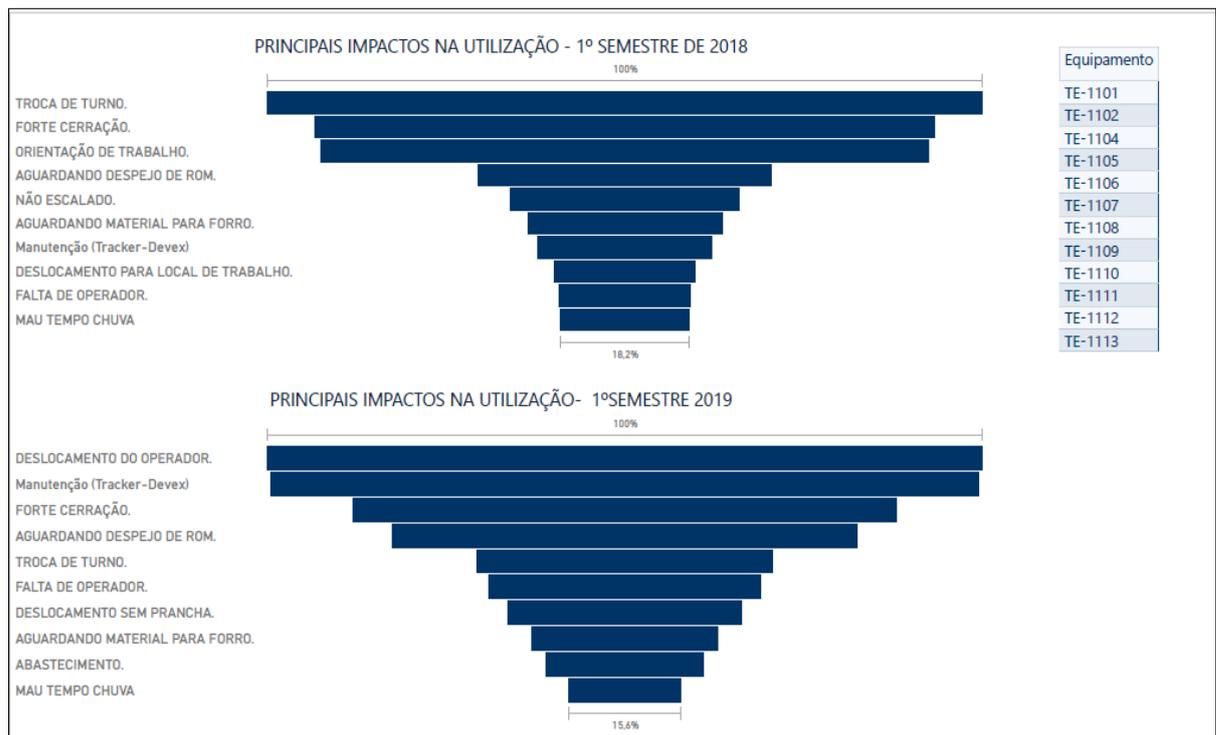
A Figura 19 mostra as análises iniciais que foram realizadas, partindo dos Tratores de Esteiras d11 no período de janeiro de 2018 a junho de 2019. A utilização efetiva estava 6,29% abaixo da meta enquanto a utilização global 7,43 % acima da meta. Isso denota o que pode ser trabalhado considerando apenas os atrasos operacionais, visto que para se obter o valor de utilização global somava-se horas efetivas com as horas de atrasos operacionais.

Figura 19 – Análise Histórica Inicial - Trator de Esteiras 2018 a 1º semestre 2019



Observando os principais impactos causadores da baixa UT no 1 semestre de 2018 e primeiro semestre de 2019, conforme Figura 20, é possível ver uma variação entre os códigos apontados. Por se tratar de uma base de dados pequena, de apenas dois anos, a análise é limitada, mas considerando o nível de informação dos operadores a respeito das apropriações, isso indica que o uso dos códigos entre as equipes não era padronizado.

Figura 20 - Principais Impactos na utilização – Tratores de Esteiras - 1º semestre de 2018 e 2019



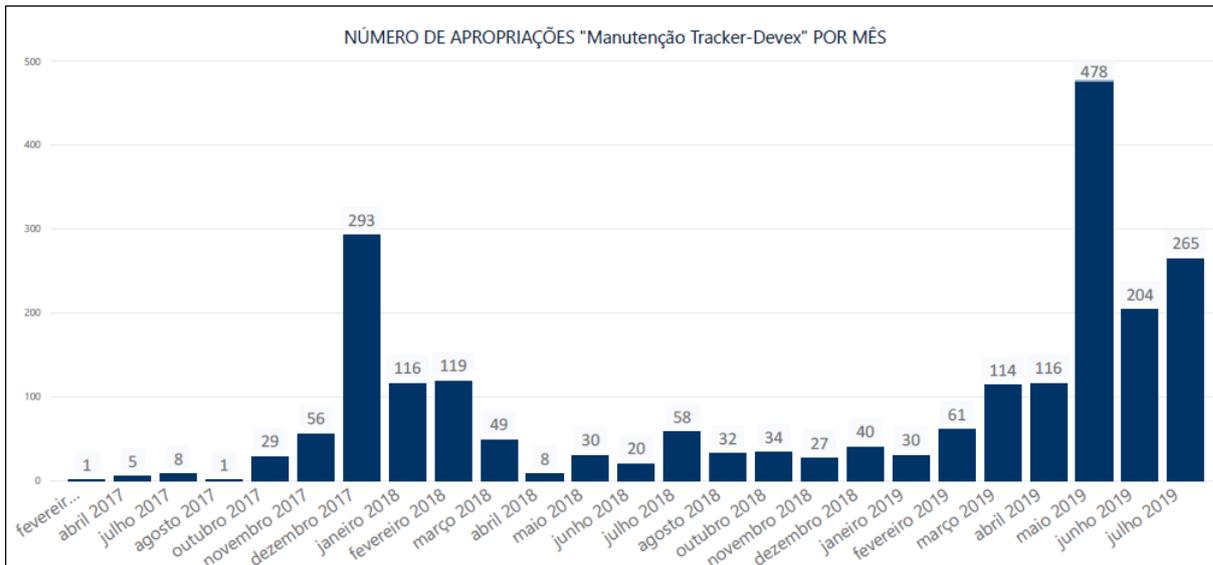
Fonte: Arquivos da pesquisa.

Um ponto que chama a atenção no indicador mostrado na Figura 21, foi o alto número de horas em “Manutenção *Tracker- Devex*”. Ocorre um repentino o aumento da utilização deste código pelos equipamentos da infra. Quando observado o primeiro semestre de 2019 é possível ver o aumento expressivo do uso dessa apropriação.

A análise interna deste dado mostrou falta de conhecimento sobre a utilização desta apropriação. Na árvore de códigos dos equipamentos de infraestrutura “Manutenção *Tracker- Devex*” estava classificada como um Impedimento Operacional, assim, as horas em que a máquina estava com este código era considerada uma máquina parada, ou seja, um impacto na utilização, entretanto, estava apta a operar e continuava operando, até que as equipes de TI responsáveis fossem até a mina para realizar a manutenção no *tracker* e assim voltar ao

apontamento normal. Conclui-se que o equipamento passava horas operando em um código de impedimento operacional, não contando assim como horas efetivas de trabalho.

Figura 21 - Horas de manutenção Track-Devex

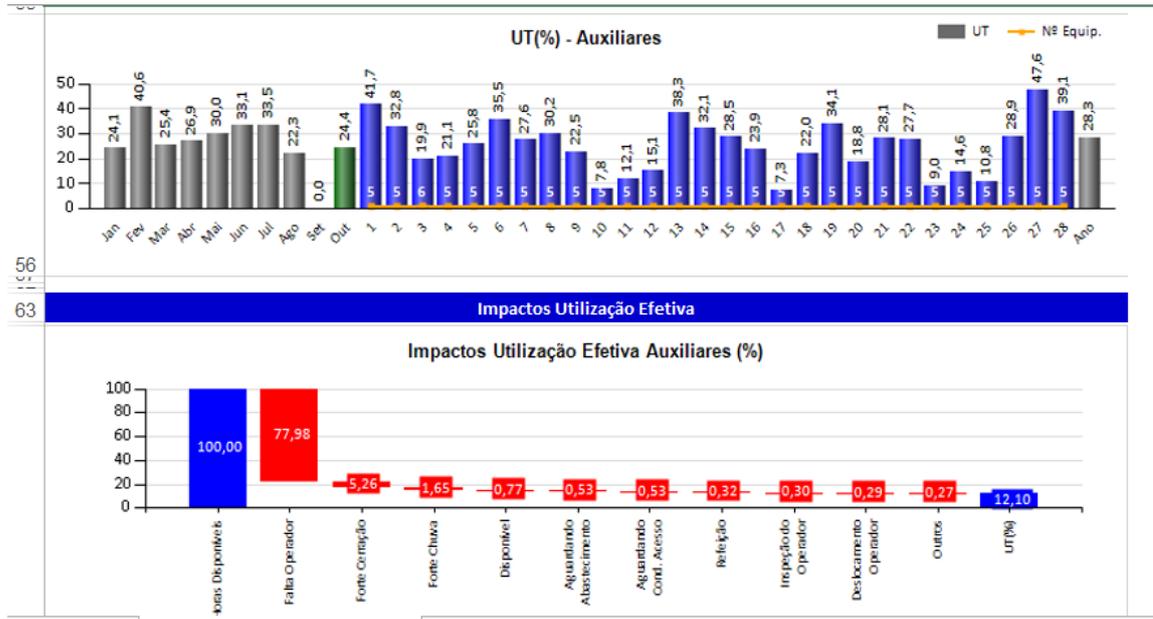


Fonte: Arquivo de pesquisa.

Foram realizadas tratativas para cada código que estava sendo utilizado fora do padrão estipulado, o sendo necessário o empenho de todas as equipes. Com as análises foi possível identificar diversos pontos de melhoria que foram realizadas na padronização da rotina.

Partindo do indicador gerencial conforme a Figura 22, onde as informações estavam muito agrupadas, com nenhuma estratificação por equipe, foram implementadas as ferramentas do *Power bi* para configurar e criar um indicador prático e rápido, e o mais importante, um indicador diário.

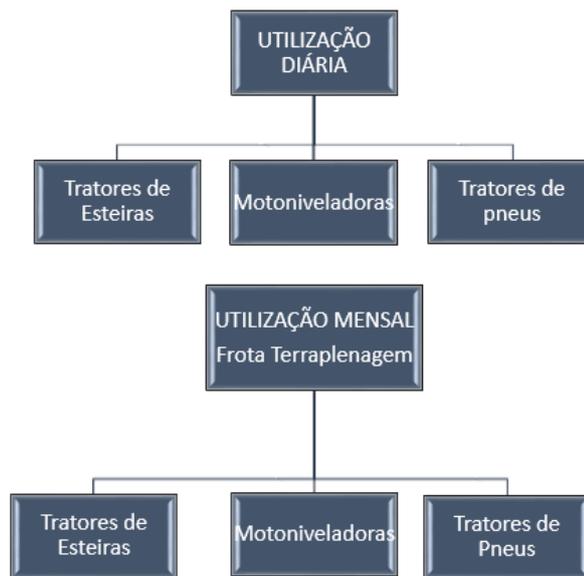
Figura 22 - Relatório Gerencial Infraestrutura



Arquivos da Pesquisa

Conforme a Figura 23, pode-se ver o esquema do indicador criado. Para que as informações fossem estratificadas sem causar confusão, foram separadas por frotas e equipes, bem como foi adicionada uma página de análise mensal.

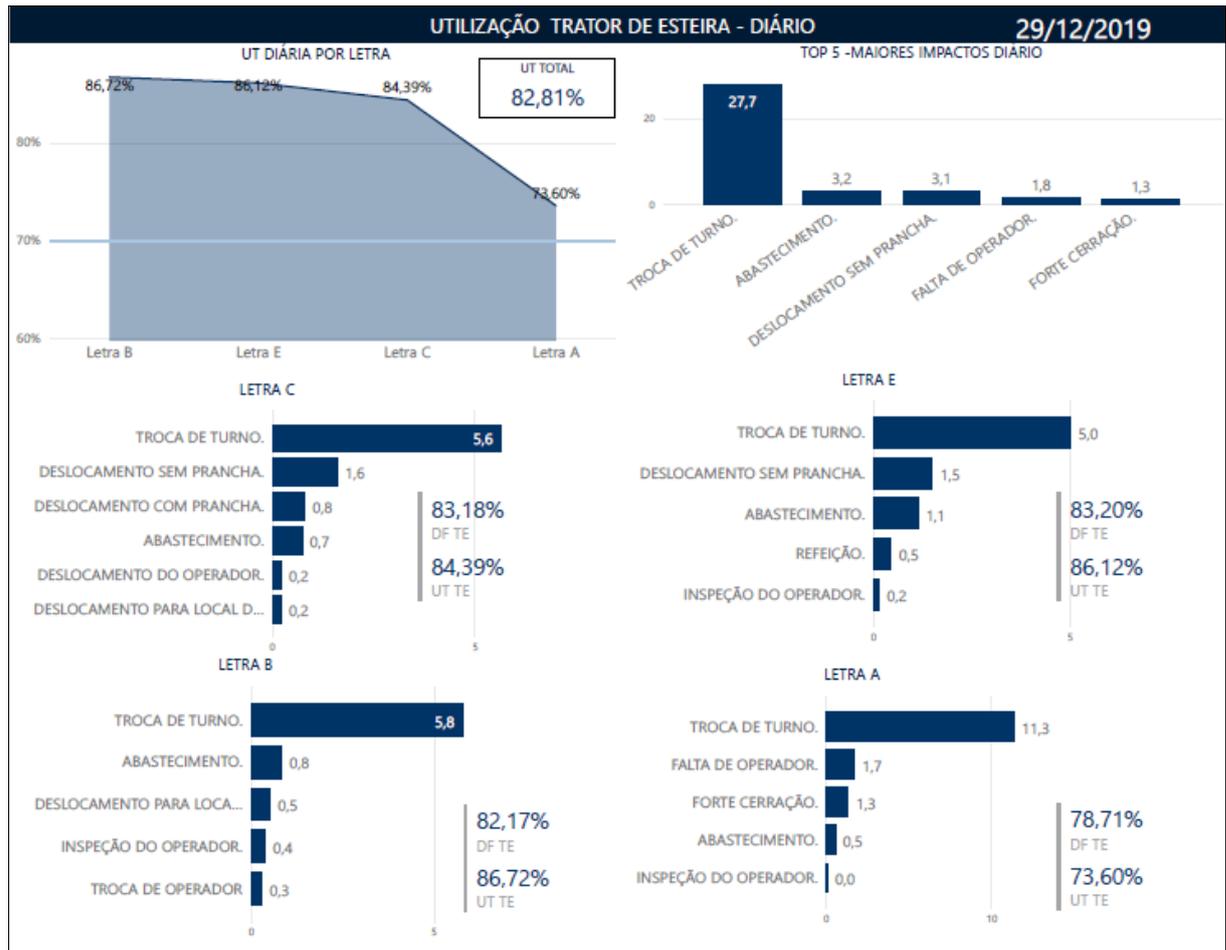
Figura 23 - Esquema do Indicador Diário de Utilização da Infraestrutura



Fonte: Arquivo da pesquisa

A Figura 24 apresenta a página inicial do indicador para a frota de tratores de esteiras, mostrando como o índice de UT Efetiva e DF se comportaram no dia, e como foi o desempenho da equipes.

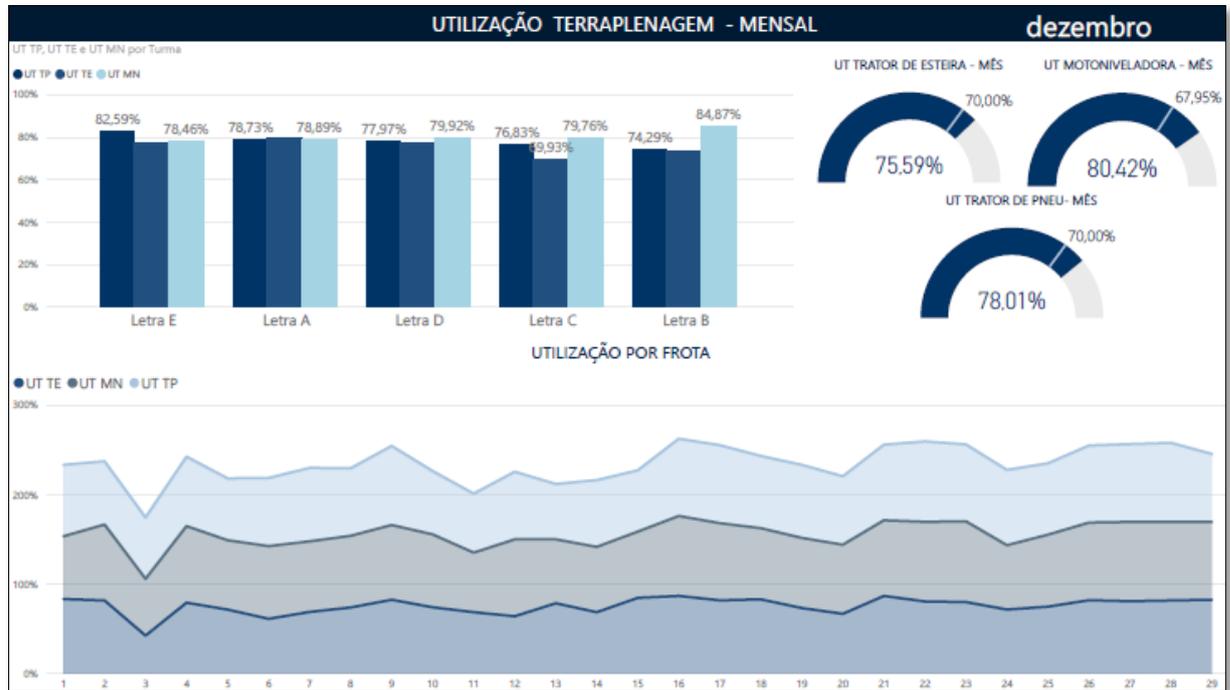
Figura 24 - INDICADOR DE UTILIZAÇÃO INFRAESTRUTURA - UT Diária
Trator de Esteiras



Fonte: Arquivo da pesquisa

A página de utilização diária conforme a imagem acima é gerada para cada uma das três frotas em análise, Tratores de Esteiras, Tratores de Pneus e Motoniveladoras. Após estas três páginas iniciais vem as páginas de informações mensais, conforme a Figura 25. Nela pode ser visto o acompanhamento mensal dos índices de utilização por frota.

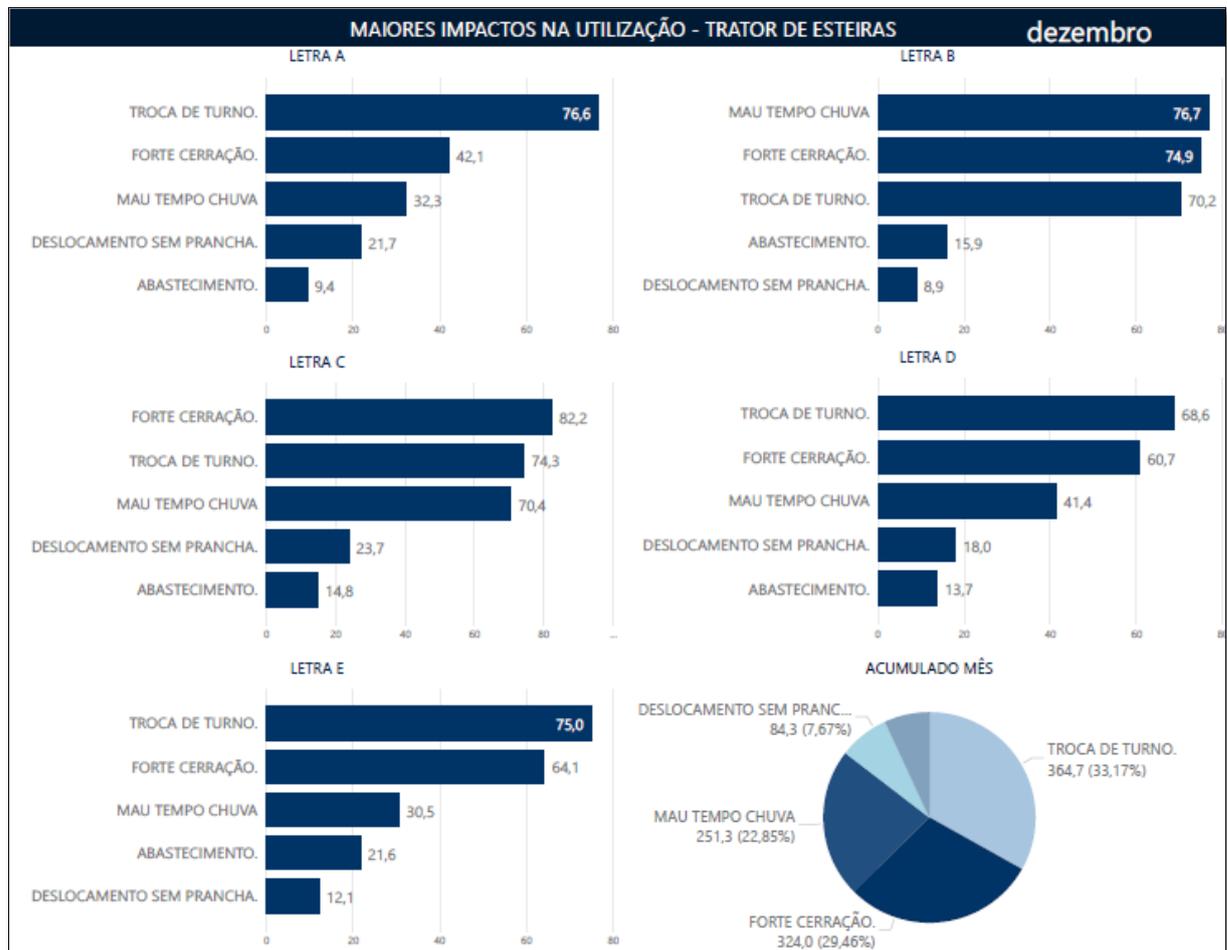
Figura 25 - INDICADOR DE UTILIZAÇÃO INFRAESTRUTURA - UT Mensal -
Frota de Terraplenagem



Fonte: Arquivo da pesquisa

Após essa página é feita a estratificação dos principais impactos na utilização mensal, conforme a Figura 26, onde é possível visualizar o que mais impactou no mês e, para cada equipe, quais foram os principais impactos.

Figura 26 - INDICADOR DE UTILIZAÇÃO INFRAESTRUTURA - UT Mensal –
Trator de Esteiras



Fonte: Arquivo da pesquisa

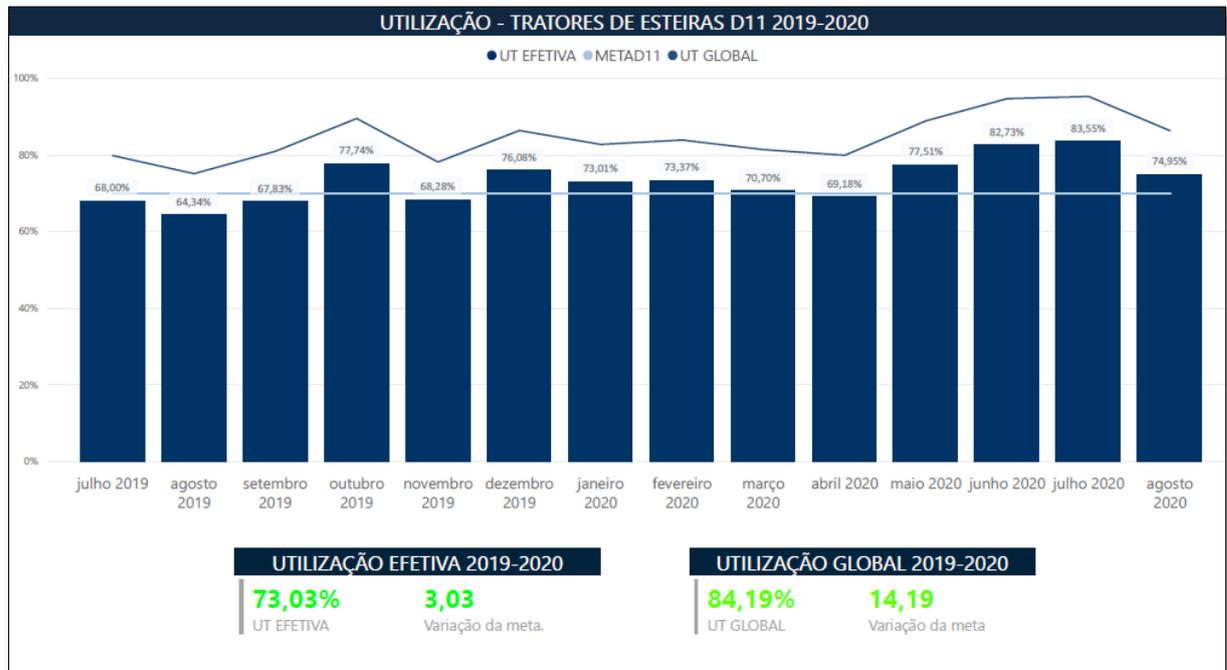
Os índices de Utilização Efetiva no período observado estava em 63,71% desviando 6,29% abaixo do que era estimado de produtividade no dimensionamento da frota. Quando analisada a Utilização Global foi possível identificar 7,43% de oportunidade já que este valor está acima da meta. Os Atrasos Operacionais, se apresentam como peça fundamental para a realização de alterações de condutas e assim obtenção de melhorias nos índices.

Conforme a Figura 27, foi feita uma análise no período após as alterações e adequações propostas, abrangendo de julho de 2019 até agosto de 2020.

Os resultados foram positivos, permitindo quantificar o quanto a padronização e todo o trabalho de controle dos apontamentos feitos pelos auxiliares, somados ao trabalho de cada supervisor na observação de sua equipe e proposta de melhorias pode gerar uma melhor

utilização dos equipamentos. Nos meses de julho e agosto muitas alterações ainda não sido realizadas e logo em outubro já foram obtidos os primeiros resultados positivos.

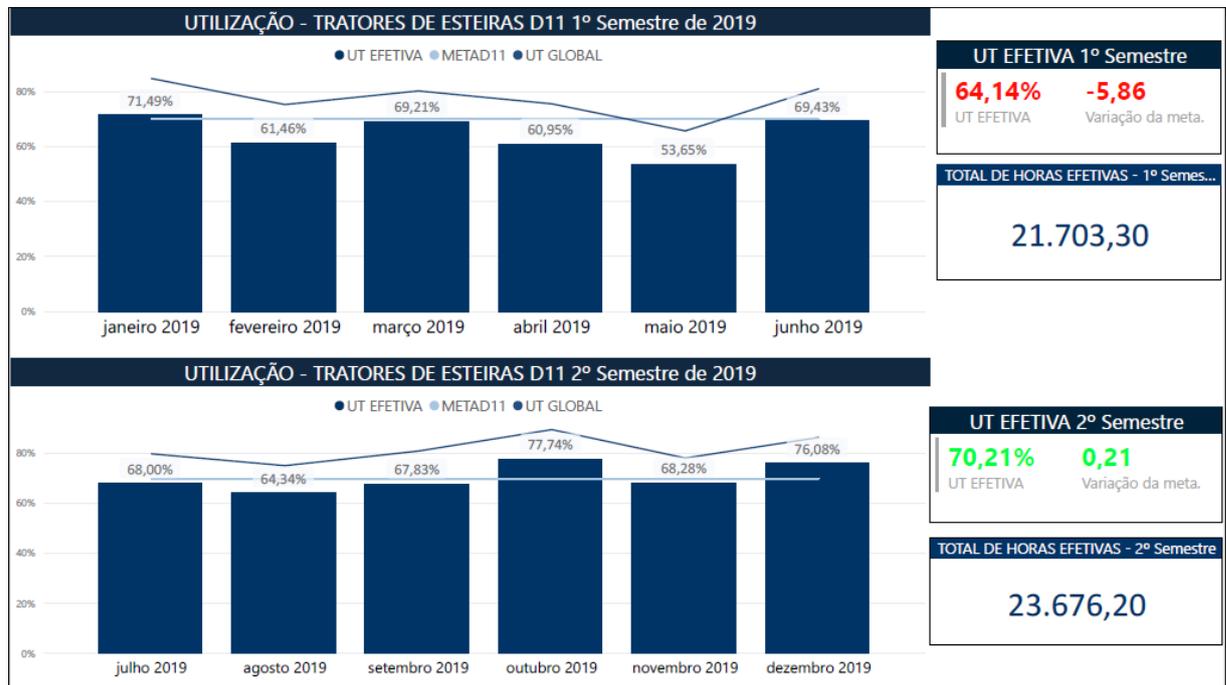
Figura 27 - ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO Tratores de Esteiras – 2019-2020



Fonte: Arquivo da pesquisa

Na Figura 28, foi feita uma comparação entre o primeiro semestre de 2019, onde tiveram início os estudos, porém apenas com o levantamento de dados, sem realizar diretamente alterações de condutas ou quaisquer alterações, e o 2º Semestre de 2019. O início do trabalho de padronização partiu do mês de setembro em diante. Houve um aumento de 1.972,90 horas em que os tratores estavam efetivamente realizando atividade, este aumento equivale a 6,07% a mais de Utilização Efetiva.

Figura 28 - Análise Comparativa 1º semestre e 2º semestre de 2019 –Tratores de Esteiras d11

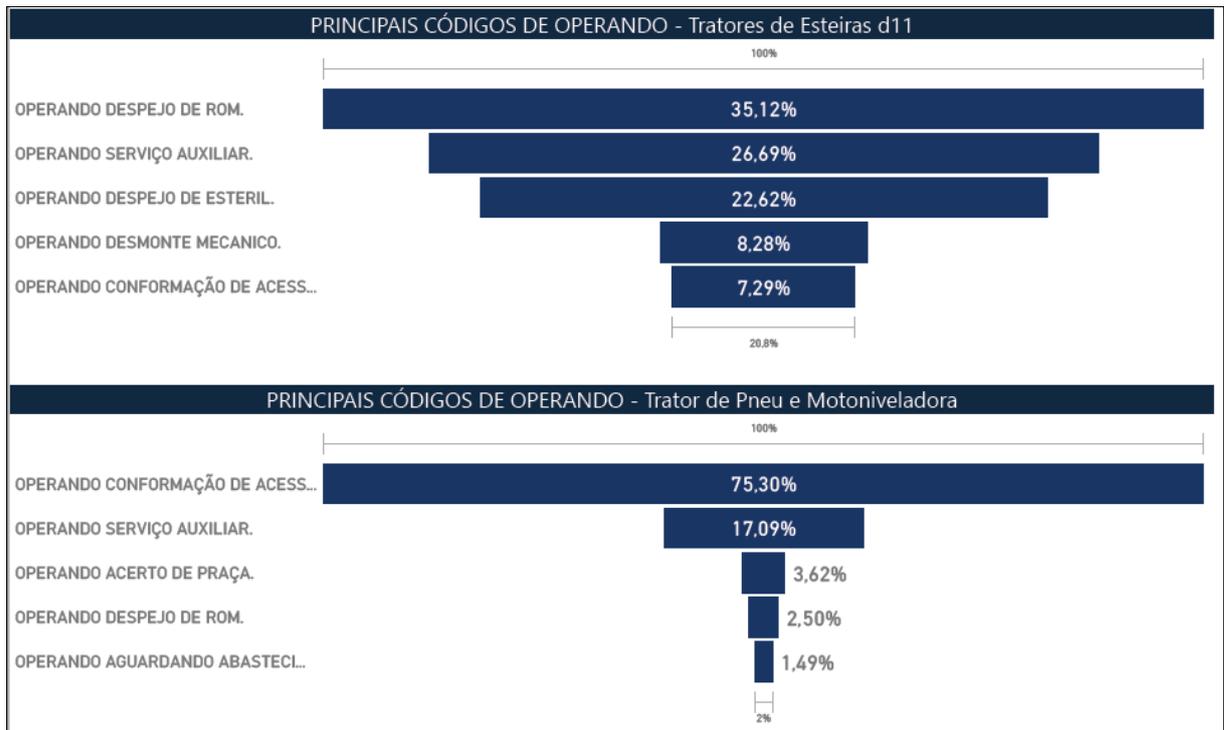


Fonte: Arquivo da pesquisa

Com base nos dados da empresa durante o período do estudo, a estimativa da produtividade do Trator de Esteiras era de 959 t/h (valor obtido através de um estudo feito na mina). Fazendo um cálculo básico com base no número de horas ganhos em atividade realizada que antes estavam em equipamento parado.

Foi estimado que a empresa obteve aumento de 1.892.011,10 toneladas movimentadas com a operação dos tratores de esteiras. Com base nas atividade realizadas por este equipamento no período de comparação, conforme a Figura 29, esse aumento de movimentação na mina equivalem a 664.474,29 toneladas de ROM que foram despejados nos depósitos, 427.97,91 toneladas de estéril despejados nas pilhas de estéril. Além disso, 156.658,51 toneladas de material que foi cortado através do desmonte mecânico, uma atividade muito importante para frentes de lavra que possuem restrições ao desmonte químico. Todas estas atividade impactam diretamente no cumprimento do plano de lavra e desenvolvimento da mina.

Figura 29 - Principais Atividades por equipamento

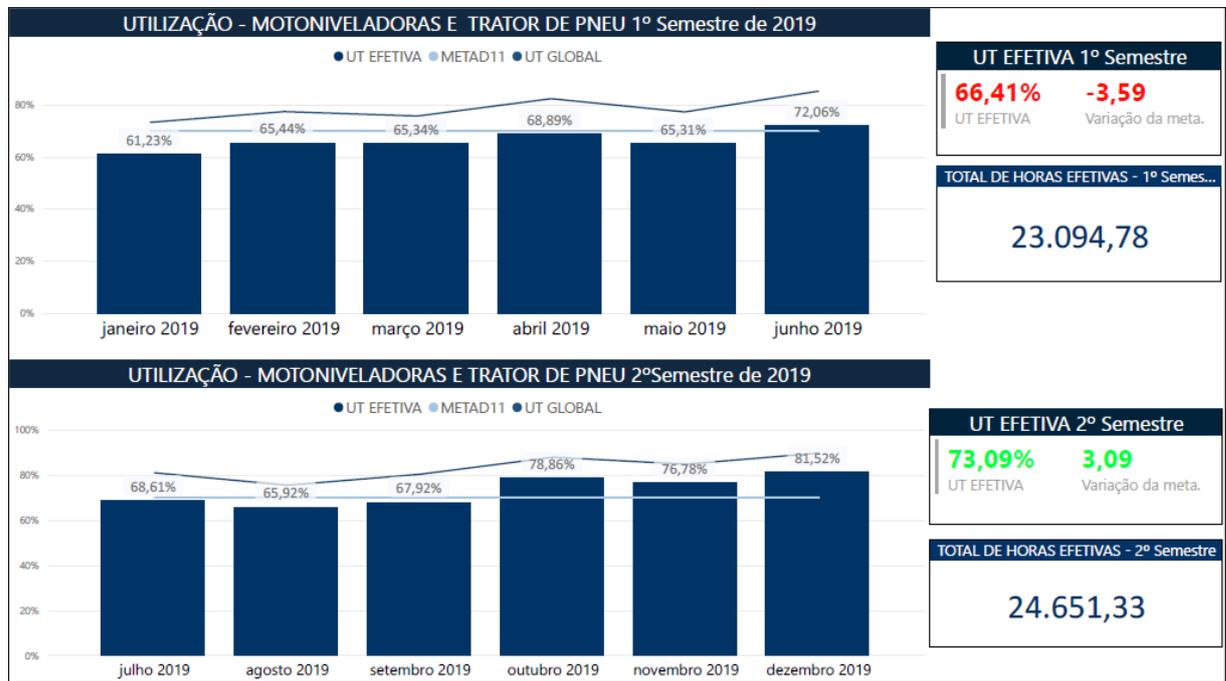


Fonte: Arquivo da pesquisa

A análise dos resultados obtidos com as Motoniveladoras e Tratores de Pneus conforme a Figura 30, houve um aumento de 1.556,55 horas de operação destes equipamentos representando um aumento de 6,68% na utilização efetiva.

Conforme evidenciado na Figura 29, as motoniveladoras e tratores de pneu passaram 75,30% destas horas trabalhando na conformação dos acessos, isto representa 1.172,08 horas.

Figura 30 - Análise Comparativa 1º semestre e 2º semestre de 2019 – Motoniveladoras e Trator de pneu

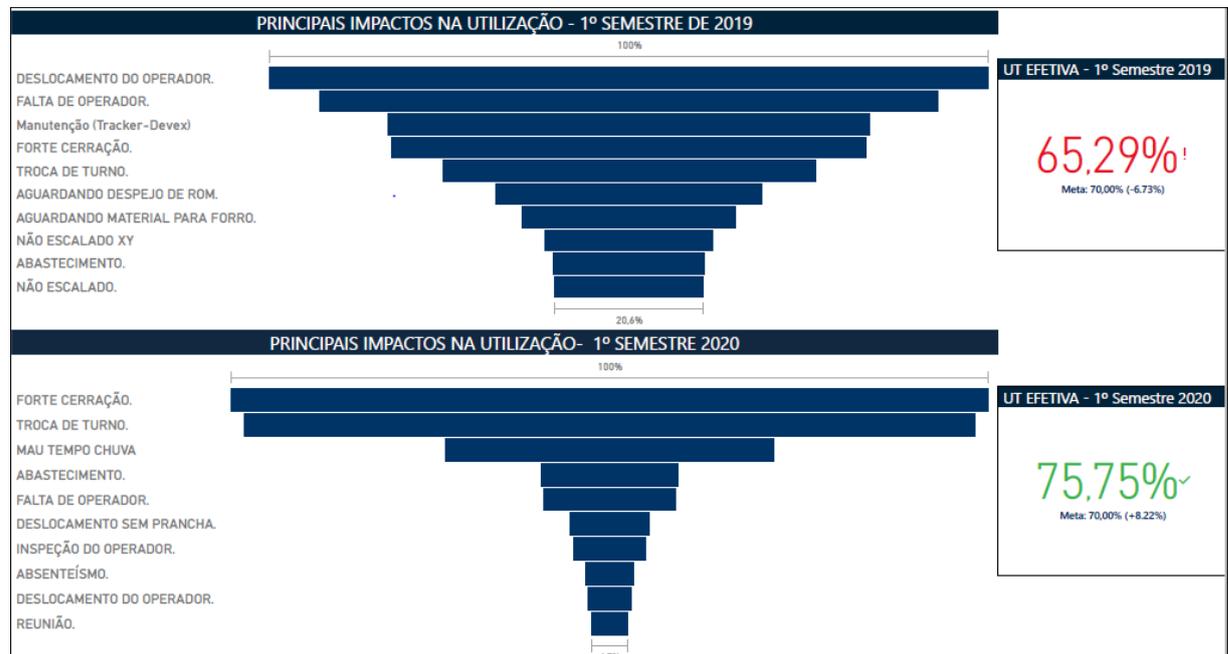


Fonte: Arquivo da pesquisa

Os resultados obtidos em toda a frota de grande porte que compõe a frota de terraplenagem (Tratores de Esteiras, pneus e motoniveladora), houve um aumento de 6,36% nos valores de utilização, expressivamente melhores comparados ao primeiro semestre.

Para avaliarmos a padronização do uso dos códigos foi feita uma análise entre um período antes do estudo e depois do estudo conforme mostra a Figura 31. No período anterior ao estudo, os códigos eram utilizados conforme a concepção de cada operador sem haver uma padronização do uso dos mesmos. Após as tratativas, esperava-se que ocorram mudanças nos apontamentos visto que após a padronização os dados passaram a ser compatíveis com o que realmente ocorria na mina.

Figura 31 - Análise Comparativa –Principais Impactos na Utilização– Frota Terraplenagem



Fonte: Arquivo da pesquisa

É possível notar que códigos como “Aguardando Material para forro” e “Manutenção *Tracker-Devex*” que antes representavam grandes impactos na utilização através do uso incorreto destes deixou de aparecer entre os principais impactos no 1º semestre de 2020. Este resultado é positivo visto que, quando um apontamento que não condiz com a realidade, ocupa um espaço onde estaria o código que é realmente um impacto e deve ser tratado.

7.2. Indicador de Interferências da Infraestrutura

Através das ferramentas do software *Power Bi Desktop* foi possível reduzir o tempo de geração do indicador de uma média de 2 horas, para cerca de 15 minutos.

Além de melhorar expressivamente visualização dos dados, foi possível gerar informações estratificadas por equipe, permitindo que os supervisores possam visualizar o quanto seus operadores impactaram na operação de mina no dia anterior e como estão no acumulado do ano.

A Figura 32 mostra um esquema dos dados que compõem o Indicador de Interferência da Infraestrutura após a reformulação no *Power bi*

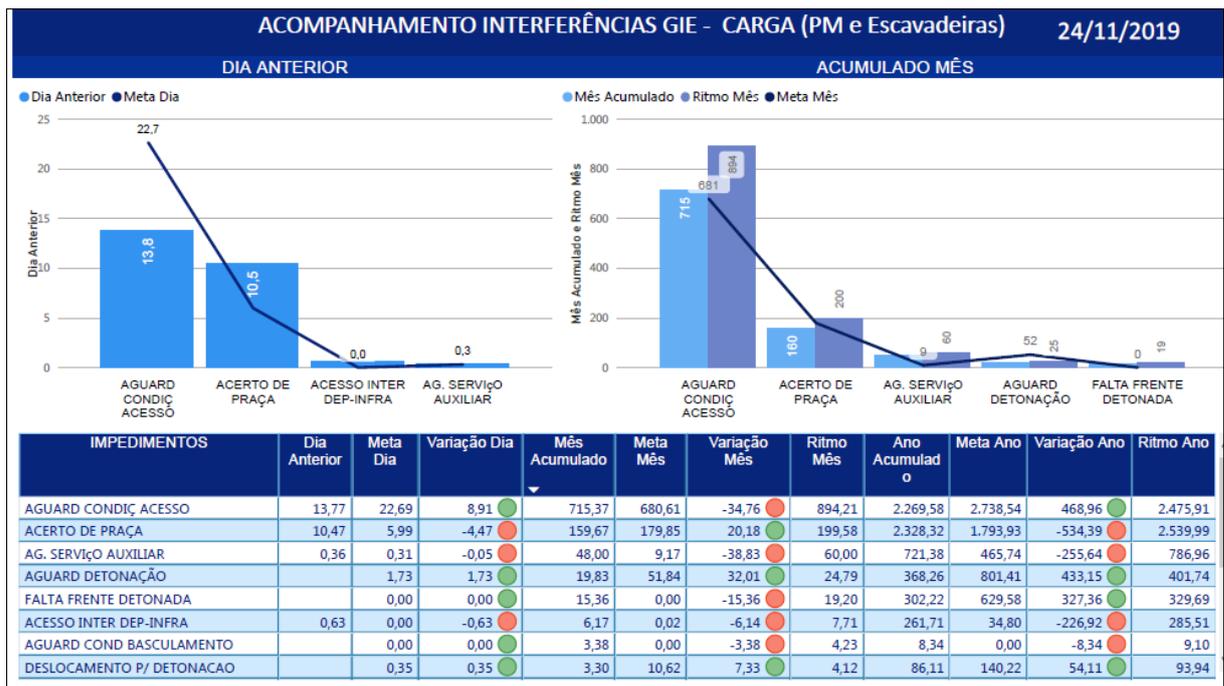
Figura 32- Esquema do Indicador de Interferências Infraestrutura



Fonte: Arquivo da pesquisa

Na Figura 33 mostra como ficou a página de resumo do indicador, com as informações do dia anterior e o acumulado do mês, juntamente com a meta que é prevista pelos engenheiros da equipe de produção. Na página de resumo serão vistos automaticamente os principais códigos que geraram mais impacto no dia anterior e no acumulado do mês também.

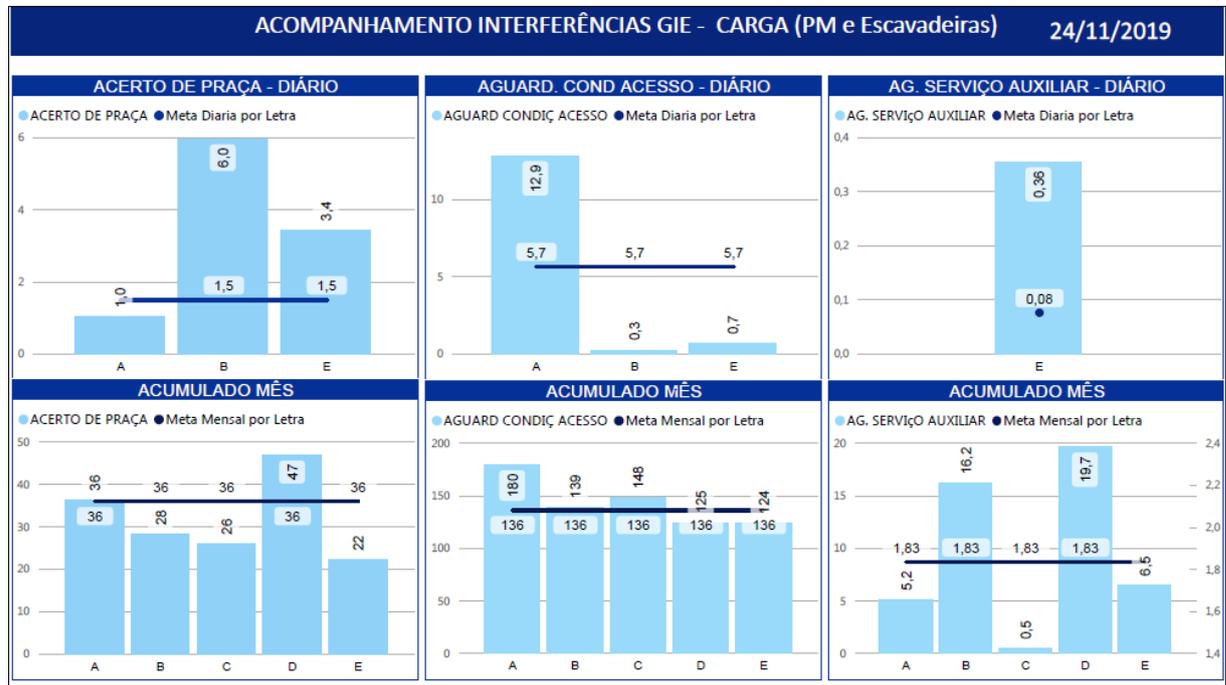
Figura 33 - Página de resumo do Indicador de Interferência Infraestrutura



Fonte: Arquivo da pesquisa

Nas páginas estratificado por turma, os supervisores podem ter conhecimento de quanto impacto geraram na produtividade da mina, por exemplo, na Figura 34 vê se que a letra A foi responsável por gerar 12,9 horas de parada na frota de carregamento, o tempo estimado de parada para que a infra dê manutenção nos acessos é de 5,7 horas. Essa informação permitiu ao supervisor e técnico identificar operadores e propor melhorias.

Figura 34 - Estratificação por letra do Indicador de Interferência Infraestrutura



Fonte: Arquivo da pesquisa

O controle da interferência na produtividade causada pela infraestrutura é algo muito avaliado, assim como qualquer outra atividade que cause impacto na produção da mina. Mesmo após a readequação do indicador no *Power bi*, o indicador ainda é extenso, pois avalia cada apropriação de parada no equipamentos de carga e transporte que sejam referente a infraestrutura.

Na Figura 35 estão listadas as apropriações de interferência da infraestrutura nos equipamentos de carga, sendo eles as pás mecânicas e escavadeiras hidráulicas.

Figura 35 - Códigos de Interferência da Infra na CARGA

IMPEDIMENTOS	%GT Ano Acumulado	Ano Acumulado	Meta Ano
AGUARD CONDIÇ ACESSO	39,54%	3.223,97	3.533,90
ACERTO DE PRAÇA	32,00%	2.608,94	1.982,78
AGUARD DETONAÇÃO	4,99%	406,78	865,55
FALTA FRENTE DETONADA	3,71%	302,22	653,67
AG. SERVIÇO AUXILIAR	9,77%	796,34	487,91
DESLOCAMENTO P/ DETONACAO	1,09%	89,03	149,39
FORTE POEIRA	1,55%	125,98	136,13
FALTA FRENT DESMONTE MECANIC	1,41%	115,29	92,20
AG CONFORMAÇÃO DRENAGEM	1,47%	119,71	69,71
ACESSO INTER DEP-INFRA	3,53%	287,65	43,47
AGUARD EQUIP.AUXILIAR	0,49%	40,23	27,79
ATOLAMENTO	0,33%	26,86	9,44
AGUARD ACERTO DE PRAÇA	0,00%	0,22	0,00
AGUARD COND BASCULAMENTO	0,13%	10,24	0,00

Fonte: Arquivo da pesquisa

A Figura 36 mostra a análise dos códigos que impactam nos equipamentos de transporte, ou seja, os caminhões. Representando cerca de 70% a maior interferência que a infraestrutura causa no transporte são justamente as paradas por falta de condição do acesso. O terceiro maior impacto “Aguardando Acerto de Praça” um condição na qual o equipamento não pode ser carregado pois a máquina de carga está parada devido ao equipamento da infra estar regularizando a praça para manter em condições operacionais.

Figura 36 - Códigos de Interferência da Infra no TRANSPORTE

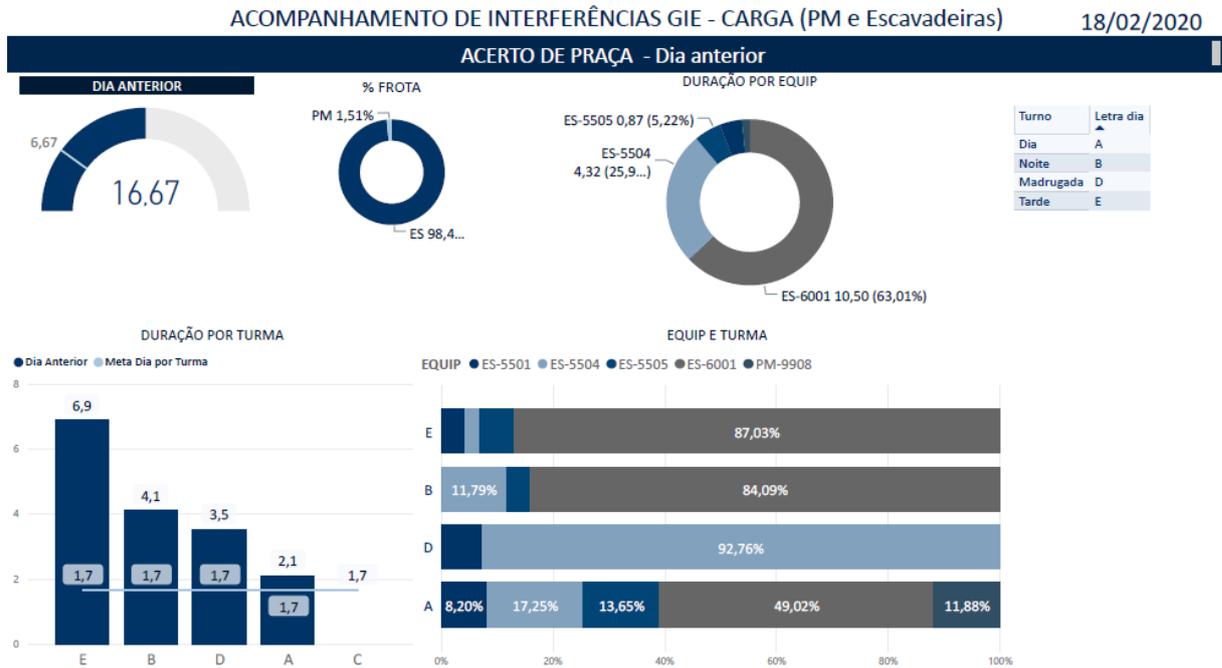
IMPEDIMENTOS	%GT Ano Acumulado T	Ano Acumulado T	Meta Ano T
AGUARD CONDIÇ ACESSO	70,18%	15.567,46	19.046,92
AGUARD COND BASCULAMENTO	12,29%	2.726,66	3.181,65
AGUARD ACERTO DE PRAÇA	5,59%	1.240,00	611,09
AGUARD DETONAÇÃO	3,44%	762,10	2.186,87
FORTE POEIRA	2,42%	537,72	654,86
ACESSO INTER DEP-INFRA	1,88%	417,30	256,56
ATOLAMENTO	1,47%	326,64	320,35
AG. SERVIÇO AUXILIAR	1,29%	286,26	59,54
AG CONFORMAÇÃO DRENAGEM	0,90%	200,72	0,00
ACERTO DE PRAÇA	0,40%	89,29	0,00
AGUARD EQUIP.AUXILIAR	0,05%	10,63	6,31
FALTA FRENTE DETONADA	0,04%	8,58	65,29
FALTA FRENT DESMONTE MECANIC	0,04%	7,93	0,00
DESLOCAMENTO P/ DETONACAO	0,00%	0,53	1,35

Fonte: Arquivo da pesquisa

Com base na análise Figura 35 e 36 foi possível definir quais apropriações estavam mais recorrentes e assim realizar um trabalho mais direcionado à redução destas interferências na produtividade da mina. Assim ficou definido para carga o código “Acerto de Praça” e para transporte o código “Aguardando Condição do Acesso”. A partir dessa definição foi criado um controle diário específico para esses dois códigos.

O controle específico de apenas um código conforme a Figura 37, permite maiores informações e assim maiores inferências a partir daqueles dados. Com essa proposta foi possível mostrar a máquina, a equipe e o turno, assim era avaliado a situação particular de cada frente.

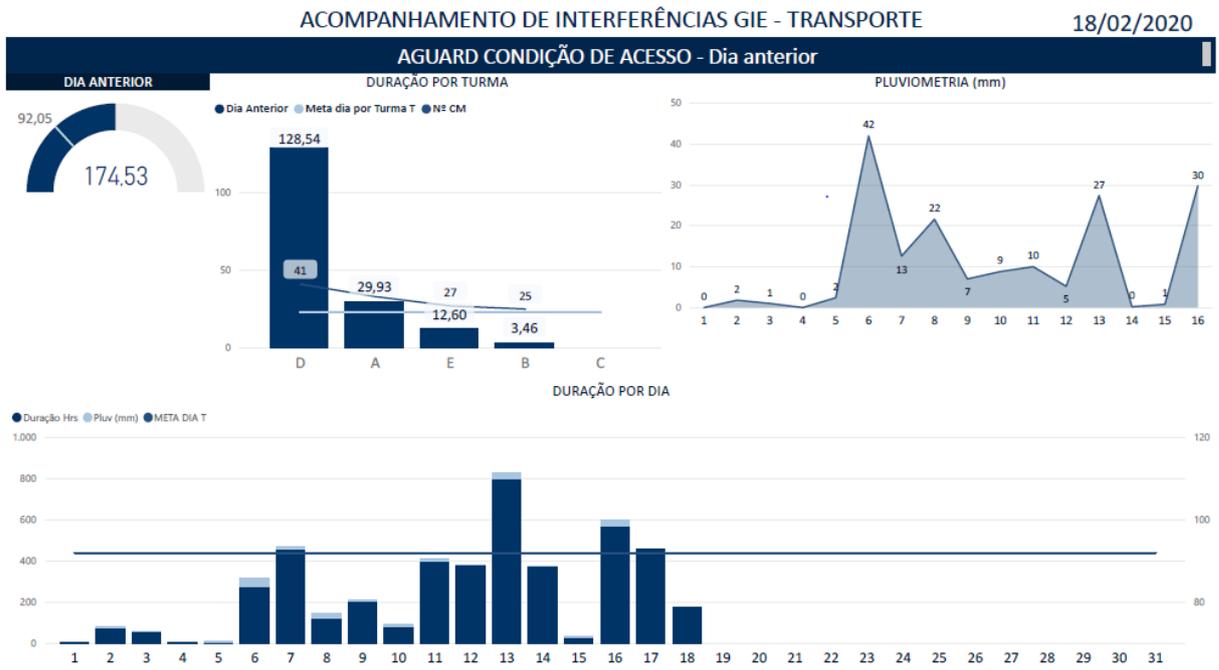
Figura 37 - Acompanhamento de Interferências Carga - Acerto de Praça



Fonte: Arquivo da pesquisa

No caso dos caminhões, duas informações foram adicionadas para auxiliar na análise, conforme Figura 38, são elas a pluviometria e o número de caminhões. Sabendo que a chuva é um grande inimigo dos acessos das mineradoras, essa informação no relatório permite que o avaliador tenha mais informações acerca do que aconteceu para gerar aquele número de paradas.

Figura 38 - Acompanhamento de Interferências Transporte – Aguardando Condição do Acesso



Fonte: Arquivo da pesquisa

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Com o término do trabalho, concluiu-se que com um sistema de dados confiáveis e padronizados é possível criar indicadores específicos para os equipamentos de infraestrutura de mina. Estes indicadores são fundamentais para detecção de problemas e até mesmo evitar que eles ocorram, além de auxiliar os gestores na avaliação de desempenho das equipes e na tomada de decisão. Foi possível verificar os dois maiores impactos causados pela infraestrutura na produção e assim realizar indicadores específicos para estes serem tratados.

Os resultados mostram a necessidade de avaliações diárias do desempenho das equipes de infraestrutura pelos seus líderes imediatos. Mediante a comparação entre os resultados, antes e depois do uso diário dos indicadores e da padronização dos códigos tornou-se evidente os benefícios obtidos com o aumento da utilização da frota de infraestrutura. Através do aumento do número de horas de máquinas auxiliares realizando atividades e não paradas reduz-se os impactos na produtividade da mina, há um aumento da aderência ao plano de lavra, com aumento da movimentação total da mina e também maior atendimento as necessidades gerais da mina, visto que a infraestrutura dá suporte a vários outros setores.

Como sugestão para trabalhos futuros destaca-se o estudo dos códigos mais relevantes após a padronização dos apontamentos, como é o caso do “troca de turno” e o aumento do controle dos códigos de interferências na produção, com o controles específicos para cada código, além de um trabalho de treinamento e alterações de condutas junto as equipes de infraestrutura.

REFERÊNCIAS

ABREU, G. F. **Estudo da Produtividade de Tratores D11T CD no Método de Lavra por Tiras Variando os Ângulos do Pit em uma Mina de Bauxita**. Monografia (Graduação em Engenharia de Minas) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto UFOP - Ouro Preto, MG. 2017. 54 p.

AMARAL Mônica. **Modelos Matemáticos e Heurísticas para auxílio ao planejamento de operações de lavra em minas a céu aberto**. Dissertação do Mestrado do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2008

BATISTA, Emerson de Oliveira. *Sistema de Informação: o uso consciente da tecnologia para o gerenciamento*. São Paulo: Saraiva 2004.

BERNARDI, H. A.; **Dimensionamento de Equipamentos para as Operações Unitárias de Lavra de Mina a Céu Aberto**. Palmas, TO. 2015. 83 p.

BRANCO FILHO, G. *Dicionário de termos de Manutenção e Confiabilidade*. Rio de Janeiro, Editora Ciência. Moderna Ltda., 2000

BRIZ, Jéssica **Softwares aprimoram operações e ajudam a poupar recursos**, Revista Minérios, 27 de fevereiro de 2015 Disponível em: <<https://revistaminerios.com.br/softwares-aprimoram-operacoes-e-ajudam-a-poupar-recursos/>> acesso em 04/11/2020

CALDEIRA, J. **100 Indicadores da Gestão: Key Performance Indicators**. 1ª ed.

CATTERPILLAR, INC. **Manual de Desempenho Catterpillar®** 42ª ed., 1598 p Peoria, Illinois, EUA, 2012.

CELSONO, T. B. **Estudo Comparativo entre os Métodos de Decapeamento Tradicional e Wave com auxílio do SOFTWARE DOZSIM®**. (Trabalho de conclusão de curso). Universidade do Sul e do Sudeste do Pará. Marabá, 2014.
Coimbra: Actual, 2012.

COSTA, F. V. **Análise dos principais indicadores de desempenho usados no planejamento de lavra**. Ouro Preto, MG. 2015

COSTA, Flávio Vieira. **Análise dos Principais Indicadores de Desempenho usados no Planejamento de Lavra**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas da UFOP – Ouro Preto, Minas Gerais 2015.

CURI, A. **Lavra de Minas**. 1ª. ed. São Paulo. Editora Oficina de Textos, 2017. 462 p.
Curso de Mineração – Básico - Módulo II: Geologia de Mina e Operações de Lavra - VALER - EDUCAÇÃO VALE disponível em <https://portaldamineracao.com.br/>

D. A. Raslan, A. T. S. Calazan; **Data Warehouse: conceitos e aplicações Gestão e TI** Centro Universitário de Brasília-UniCEUB, Brasília 2014

FELSCH JUNIOR, W.S. **Análise do Desempenho dos Operadores de Equipamentos de Mina e Simulação de Cenários Futuros de Lavra – Estudo de Caso (Mina Casa de Pedra – Congonhas / Mg)**. 120 f. Dissertação (Mestrado em Lavra de Minas) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014.

FERNANDES, M. E; Silva, E. R. **A otimização da contabilidade gerencial e controladoria baseado no sistema de gerenciamento de operações financeiras**. ENIAC Pesquisa, Guarulhos (SP) 2012.

HARTMAN, H. L.; MUTMANSKY, J.M.; **Introductory Mining Engineering**. 2ª Ed. New Jersey: Editora John Wiley & Sons Inc. 2002.

KEEN, P.G.W.: **Information Technology And The Management Theory: The Fusion Map**. IBM Systems Journal, v.32, n.1, p.17-38, 1993.

Laurindo, F. J.B; Shimizu, T; Carvalho,M.M;Rabechini Jr – **O Papel da Tecnologia da Informação (TI) na Estratégia das Organizações** Depto. de Eng. de Produção – Escola Politécnica da USP, 179 p. São Paulo, SP – Brasil, 2001.

PAIVA, Veridiana S. **Planejamento Mensal, Sequenciado por Planos Semanais de Lavra: Estudo de Caso da Mineração Casa de Pedra – CSN**. Universidade Presidente Antonio Carlos (UNIPAC). Conselheiro Lafaiete, MG. 2014.

PINTO, C.; DUTRA, J. G. **Introdução ao Planejamento e Operação de Lavra (A Céu Aberto e Subterrânea)**. 2008. Universidade Corporativa Chemtech. Belo Horizonte – MG. 51 f

REGO CHAVES, C. - **Terraplenagem Mecanizada** - Editora Rodovia – 1955

RICARDO, H. D. S.; CATALANI, G. **Manual Prático de Escavação**. 3ª. ed. São Paulo: Pini Ltda, 2007.

RODOVALHO, EDMO **Planejamento de Lavra aplicado a Infraestrutura de Mina** Site Instituto Minere Disponível em <<https://institutominere.com.br/blog/planejamento-de-lavra-aplicado-a-infraestrutura-de-mina>> Acesso em 10 de maio 2020.

SEVERINO, A. J.; **Metodologia do Trabalho Científico**. 23 ed. rev. e atual – São Paulo,Cortez, 2007

SEVERINO, R. O.; **Dimensionamento da Produtividade de Tratores D375A – 6 e D61EX – 23MO – Estudo de Caso: Complexo Mariana, Vale S.A**. Ouro Preto, MG. 2018

SILVA; Júlio C. T. **Customização de Software Intensivo – SmartMine**. Monografia de conclusão de curso apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras UFLA, Lavras, Minas Gerais 2003

TEIXEIRA, R. L.P.; ASSIS H. A.; ASSIS, Helder A.; SIMÕES, A. C.; GOUVEIA, L. L. A.; **Avaliação da Melhoria de Desempenho da Frota de Transporte e Carregamento de uma Mineradora Aliando Ferramentas Estatísticas ao Software de Despacho Eletrônico**. XXVI SIMPEP Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru, SP, Brasil 2019

VIEIRA, João Carlos. **Determinação e Quantificação de Elementos de Relevância em Infraestrutura de Mina**. Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Paraúpebas, 2013