



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**  
**ESCOLA DE MINAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS**



**YURI BARBOSA SIMÃO TORRES**

**DIMENSIONAMENTO DA PRODUTIVIDADE E ANÁLISE**  
**DE INVESTIMENTO DE TRATORES D6T E D8T – ESTUDO**  
**DE CASO: JMN MINERAÇÃO**

**OURO PRETO**

**2022**

**YURI BARBOSA SIMÃO TORRES**

**DIMENSIONAMENTO DA PRODUTIVIDADE E ANÁLISE  
DE INVESTIMENTO DE TRATORES D6T E D8T – ESTUDO  
DE CASO: JMN MINERAÇÃO**

Monografia apresentada ao curso de graduação em Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos para a obtenção de grau de Bacharel em Engenharia de Minas.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Ribeiro Souza

OURO PRETO

2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
REITORIA  
ESCOLA DE MINAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Yuri Barbosa Simão Torres**

### **Dimensionamento da produtividade e análise de investimento de tratores D6T e D8T - Estudo de Caso: JMN MINERAÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Minas

Aprovada em 28 de novembro de 2022

#### Membros da banca

Prof. Doutor- Felipe Ribeiro Souza - Orientador(a) - Universidade Federal de Ouro Preto  
Doutor - Hernani Mota de Lima - Universidade Federal de Ouro Preto  
Doutor - Claver Antônio Fontes - Universidade Federal de Ouro Preto

Felipe Ribeiro Souza, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 19/12/2022



Documento assinado eletronicamente por **Felipe Ribeiro Souza, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/12/2022, às 15:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0447427** e o código CRC **E715DDAA**.

## RESUMO

Todo empreendimento tem como ponto comum a busca pelo lucro e a redução dos custos. Esse é um fato fundamental para garantir sua longevidade. Na mineração não é diferente. É preciso sempre procurar estabelecer qual será a decisão mais acertada para que ela seja prospera. Para tal, é necessário que se estabeleça controles, principalmente do principal indicador, a produtividade. Nesse sentido, este estudo inicialmente se propôs a colocar em prática o método de cálculo de produtividade da Caterpillar para sua linha de tratores de esteiras, especialmente os modelos D6T e D8T, condizentes com a operação do empreendimento estudado, a JMN Mineração. Chegando ao resultado de 533,73 toneladas por hora para o modelo D6T e de 1.108,79 tonelada por hora para o modelo D8T, ajustados a operação específica da empresa. Além disso, foi realizado a segunda parte do estudo, a análise de investimento comparando a produtividade de ambos com os custos de aquisição, de operação e o valor residual. Para atingir o objetivo foi utilizado então o método do Custo Uniforme Equivalente (CUE) com uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 1,1% ao mês proposta pela empresa. Chegando ao resultado de custo de R\$ 1.134.065,17 ao mês para o modelo D6T frente a um custo de R\$ 891.573,14 para o modelo D8T, evidenciando a vantagem da compra do modelo D8T frente ao D6T para a operação da empresa.

**Palavras-Chave:** Trator de Esteiras. Produtividade. Análise de Investimento. CUE. TMA.

## ABSTRACT

Every company has as a common point the search for profit and the reduction of costs. This is a fundamental fact to guarantee its longevity. Mining is no different. It is always necessary to try to establish which will be the right decision for it to be prosperous. To this end, it is necessary to establish controls, especially for the main indicator, productivity. In this sense, this study initially proposed to put into practice the Caterpillar productivity calculation method for its line of crawler tractors, especially the D6T and D8T models, consistent with the operation of the studied enterprise, JMN Mineração. Reaching the result of 533.73 tons per hour for the D6T model and 1,108.79 tons per hour for the D8T model, adjusted to the company's specific operation. In addition, the second part of the study was carried out, the investment analysis comparing the productivity of both with the acquisition and operating costs and the residual value. To achieve the objective, the Equivalent Uniform Cost method was used with a Minimum Attractiveness Rate (MAR) of 1.1% per month proposed by the company. Reaching the cost result of BRL 1,134,065.17 per month for the D6T model compared to a cost of BRL 891,573.14 for the D8T model, evidencing the advantage of purchasing the D8T model compared to the D6T for the company's operation.

**Keywords:** Bulldozers. Productivity. Investment analysis. EUC. MAR.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: VISTA AÉREA DA JMN MINERAÇÃO .....	16
FIGURA 2: TRATOR D6T EM OPERAÇÃO .....	18
FIGURA 3: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA VIDA ÚTIL E DA VIDA ÚTIL ECONÔMICA .....	22
FIGURA 4: GRÁFICO DE PRODUÇÃO ESTIMADA PARA TRATORES DE ESTEIRAS .....	25
FIGURA 5: TRATOR CAT D6T POSICIONADO PARA INICIAR OPERAÇÃO .....	26

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES DE TRACÇÃO .....	17
TABELA 2: ESPECIFICAÇÕES DOS MODELOS D6T E D8T .....	19
TABELA 3: FATORES DE CORREÇÃO DE CONDIÇÕES DE TRABALHO .....	25
TABELA 4: CUSTOS DO TRATOR D6T .....	27
TABELA 5: MEDIÇÕES DAS DISTÂNCIAS DE CORTE .....	29
TABELA 6: PRODUTIVIDADE CORRIGIDA TRATORES D6T E D8T.....	30
TABELA 7: CUSTOS POR HORA TRATORES D6T E D8T .....	34
TABELA 8: CUSTO UNIFORME EQUIVALENTE DOS TRATORES D6T E D8T .....	36

## **LISTA DE SIGLAS**

DF – Disponibilidade Física

DMT – Distância Média de Transporte

HT – Horas Trabalhadas

IBF – Instituto Brasileiro de Florestas

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

UF – Utilização Física

VPL – Valor Presente Líquido

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	<b>12</b>
	2.1    OBJETIVO GERAL .....	12
	2.2    OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>14</b>
	4.1    MINERAÇÃO NO BRASIL .....	14
	4.2    JMN MINERAÇÃO .....	15
	4.3    TRATORES DE ESTEIRAS .....	16
	4.3.1    Trator de Esteiras D6T vs D8T.....	17
	4.4    PRODUTIVIDADE .....	19
	4.5    ANÁLISE DE INVESTIMENTO .....	20
	4.5.1    Custo Uniforme Equivalente (CUE).....	21
	4.5.2    Taxa Mínima de Atratividade (TMA) .....	21
	4.5.3    Vida Útil e Vida Útil Econômica .....	22
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>23</b>
	5.1    CÁLCULO DA PRODUTIVIDADE PELO MÉTODO DA CATERPILLAR .....	23
	5.2    LEVANTAMENTO DA DISTÂNCIA MÉDIA DE CORTE .....	26
	5.3    LEVANTAMENTO DA CUSTOS.....	27
	5.4    ANÁLISE DE INVESTIMENTO .....	27
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>29</b>
	6.1    PRODUTIVIDADE .....	29
	6.2    CUSTOS .....	30
	6.2.1    Investimento Inicial .....	35
	6.2.2    Valor Residual .....	35
	6.3    ANÁLISE DE INVESTIMENTO .....	36

6.3.1	Custo Uniforme Equivalente .....	36
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>38</b>
	<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Mineração é um dos motores da economia brasileira, logo, é responsável por 5% do PIB nacional, Mendonça cita IBRAM (2021). Além disso, ela é uma indústria de base fundamental para o desenvolvimento do país, oferecendo produtos para as mais diversas indústrias, como siderúrgicas, metalúrgicas, petroquímicas, fertilizantes e indústria de alta tecnologia embarcada por exemplo.

Ademais, outro importante fator no que se refere a indústria mineral são os impactos socioambientais que ela exerce sobre sua área de influência. Por mais que o objetivo de reduzir a zero os impactos negativos causados pelo setor seja utópico, é necessário buscar meios de mitigá-los.

Segundo Bráz (1986), o problema econômico está ligado a alocação de recursos escassos entre usos alternativos. De uma maneira geral, os recursos minerais são limitados e tem mais de uma utilização. Em conseguinte, se faz necessário o uso do bom senso para combinar uma utilização adequada e eficiente desses recursos para proporcionar uma máxima satisfação.

Sendo assim, a busca em mitigar impactos e realizar uma utilização mais eficiente dos recursos está totalmente ligada a aumentar a produtividade da atividade proposta. Segundo Krugman (1991), a capacidade de um país aumentar sua qualidade de vida está totalmente ligada ao aumento da produtividade. Ou seja, produzir mais com menos recursos alocados, no longo prazo, faz com que a sociedade cresça como um todo.

Outrora quando o conceito de produtividade é aplicado a equipamentos é importante também levar em consideração a operação em que esse equipamento irá se submeter. Não adianta em nada, ter um equipamento de grande porte, que tenha uma produtividade altíssima, custo muito maior, mas que ficará subutilizado. Daí a importância de se fazer uma análise precisa do investimento, para evitar desperdícios e resolver o problema econômico ao mesmo tempo que se tem um trabalho mais eficiente.

Este estudo objetiva compreender, através de pesquisa de campo em conjunto ao método proposto pela fabricante, a produtividade de dois modelos de tratores de esteiras e a partir delas, junto aos custos de aquisição, de operação e com a expectativa da

produção da empresa JMN Mineração, analisar qual seria o investimento mais interessante de uma maneira generalista.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo Geral**

Mensurar e verificar a produtividade dos modelos de trator de esteiras Caterpillar D6T e Caterpillar D8T estudados e analisar a viabilidade de um modelo em respeito ao outro, em relação a operação específica da JMN Mineração nos próximos anos.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Descrever os conceitos de produtividade, custos operacionais e Custo Uniforme Equivalente (CUE);
- Identificar os custos que envolvem a operação de cada um dos modelos de trator de esteiras;
- Realizar os cálculos de análise de investimento seguindo o método do Custo Uniforme Equivalente (CUE);
- Analisar a viabilidade da compra de um trator de esteiras em detrimento ao outro.

### 3 JUSTIFICATIVA

O presente estudo tem por objetivo verificar a produtividade dos modelos Cartepillar D6T e Caterpillar D8T, além de analisar a viabilidade do investimento na aquisição de um modelo em relação ao outro levando em conta a operação da JMN Mineração para os próximos anos.

Dessa maneira esse objetivo é de suma importância visto que um dos principais custos da mineração e por consequente um dos responsáveis pelo seu sucesso ou fracasso financeiro está ligado ao custo com equipamentos móveis.

Outro ponto importante desse trabalho é que há hoje pouco estudo e controle sobre a frota de equipamentos auxiliares das mineradoras. Isso leva a tomada de decisões muitas vezes empíricas em relação ao seu dimensionamento, sem utilizar de justificativas analíticas que se mostram muito mais acertadas nesse tipo de situação.

Em suma, há a questão do benefício mútuo entre o pesquisador e a empresa. O pesquisador ganha com conhecimento e experiência na análise, muitas vezes realizada pela alta chefia e poucas vezes realizada por profissionais iniciantes. Já a empresa ganha com uma pesquisa completa e metodológica que possibilitará uma tomada de decisão mais assertiva que leva em conta os custos e riscos envolvidos e projeta futuros retornos, não somente para pesquisa atual, mas para as próximas análises e dimensionamentos da frota. Por fim, no quarto capítulo, os resultados das simulações foram apresentados, o que possibilitou as conclusões do estudo realizado.

## **4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Este capítulo apresenta os conceitos fundamentais relacionados a: mineração no Brasil, a JMN Mineração, empresa que serviu de base para o estudo, o trator de esteiras, mais especificadamente os modelos da D6T e D8T da linha da Caterpillar, produtividade, análise de investimento e um de seus mais importantes métodos, Custo Uniforme Equivalente (CUE).

### **4.1 Mineração no Brasil**

A extração mineral está presente na economia brasileira desde seus primórdios, estando muito ligada ao crescimento ou encolhimento da economia. As terras portuguesas não tinham grandes reservas minerais e houve também vários erros políticos e financeiros da Coroa que deixaram o tesouro do reino praticamente exaurido (BUARQUE DE HOLANDA, 1968). Por outro lado, os portugueses estavam em plena expansão ultramarina e era preciso uma quantidade muito grande de recursos para continuar e manter o ciclo. Inicialmente, a mineração do Brasil Colônia se concentrava nas regiões de São Paulo, Parnaíba, Curitiba e Paranaguá, tendo poucas reservas e por muito tempo havia a impressão de que as terras brasileiras só serviriam para plantações. Coube a Fernão Dias, importante bandeirante, durante suas expedições iniciadas em 1674, explorar o que viria a ser a Capitania de Minas Gerais, região que ficaria conhecida pela sua riqueza mineral, principalmente pelo ouro e pelas esmeraldas, que mais tarde descobriu-se tratar de turmalinas. Após isso, a região cresceu exponencialmente, chegando, Vila Rica (atual Ouro Preto), a ser a segunda cidade mais populosa do mundo durante o século 18, atrás apenas da capital francesa, Paris (BUARQUE DE HOLANDA, 1968).

Atualmente a mineração é responsável por 5% de todo Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, sendo essencial para economia do país. Ela é um motor que dá propulsão e que influencia em muitos outros. Em suma, o dinheiro que ela já move diretamente, influencia na produção de outros setores.

Todos os produtos levam de alguma maneira componentes minerais. Até mesmo a produção de alimentos é afetada, já que corretores de solo e fertilizantes, produtos minerais, são de suma importância para que se estabelecer o equilíbrio do solo, proporcionando condições ideais para o plantio comercial (IBF, 2022).

Ademais a mineração tem um papel muito importante na sociedade brasileira. Segundo Mota et al (2017) municípios mineradores tem seus índices de desenvolvimento mais elevados do que aqueles que não tem mineração. No estado de Minas Gerais, o IDH desses municípios mineradores é em média de 0,731, maior que 91% dos outros municípios.

Por conseguinte, toda atividade gera impactos socioambientais que devem ser levados em consideração. Segundo Milanez (2017), as mudanças de paisagem, emissões atmosféricas, consumo e contaminação de recursos hídricos, partículas suspensas e os impactos gerais sobre a sociedade são pontos que devem ser observados e mitigados para que a mineração se torne mais sustentável.

#### **4.2 JMN Mineração**

A JMN Mineração é uma empresa integrante do Grupo J. Mendes, que atua na extração e beneficiamento e comércio de minério de ferro. Ela está localizada entre os municípios de Desterro de Entre Rios e Piracema, ambos em Minas Gerais. A Mina Morro dos Coelhos opera desde 2014 e hoje produz cerca de 2 milhões de toneladas por ano de sinter feed, lump ore e hematitinha.

A mina utiliza o método de lavra a céu aberto por bancadas. Realizando o desmonte mecânico com o uso de escavadeiras hidráulicas e o transporte por caminhões.

A empresa é referência em disposição de rejeitos a seco. Tendo, desde o início de suas atividades, filtrado 100% de seu rejeito que depois é disposto em pilhas de disposição de estéril e rejeito (PDER), elevando a segurança e mitigando os riscos de suas operações.

Figura 1: Vista Aérea da JMN Mineração



Fonte: Acervo do autor.

### 4.3 Tratores de Esteiras

De acordo com Ricardo e Catalani (2007), trator é toda unidade autônoma que executa tração ou empurra outras máquinas, podendo esses, receber diversos implementos a fim de personalizar seu uso. Eles podem ser montados sobre esteiras ou sobre rodas, também a depender de sua aplicação. Algumas características comuns são:

- Esforço motor: força que o trator possui para executar as funções de empurrar ou rebocar;
- Velocidade: velocidade de deslocamento;
- Aderência: capacidade de deslocamento sobre os mais diversos terrenos sem que ele patine;
- Flutuação: capacidade do trator de se deslocar sobre o terreno sem que ele efunde excessivamente;
- Balanceamento: qualidade de um trator quanto a distribuição de massas e ao centro de gravidade, gerando melhores condições de trabalho.

A esteira do trator é formada por placas de aço que se ligam formando articulações que permitem uma maior adaptação as irregularidades do terreno. Elas possuem garras que aumentam sua aderência. Já os pneus podem chegar a uma maior velocidade, porém ao mesmo tempo tem suas aplicações limitadas devido a uma baixa aderência e capacidade de flutuação, podendo facilmente atolar devido à grande pressão que exercem sobre o solo devido à baixa distribuição desta mesma pressão.

A Tabela 1 apresenta as características em comum entre os tipos de tratores e suas vantagens e desvantagens:

Tabela 1: Características das unidades de tração

	<b>Trator de Esteira</b>	<b>Trator de Pneus</b>
<b>Esforço motor</b>	Elevado	elevado, limitado pela aderência
<b>Aderência</b>	Boa	sofrível
<b>Flutuação</b>	Boa	regular a má
<b>Balanceamento</b>	Bom	bom
<b>Velocidade</b>	baixa (< 10 km/h)	alta (< 70 km/h)

Fonte: Ricardo e Catalani, 2007.

Devido a essas características, cada um dos tipos de tratores tem aplicações diversas. Ainda segundo Ricardo e Catalani (2007), os trabalhos que requerem esforços mais elevados, terrenos menos regulares, com maior declividade e menos capacidade de suporte favorecem a escolha dos tratores de esteiras. Já quando essas características não estão presentes, em terrenos mais regulares, os tratores de pneus são uma escolha mais vantajosa, já que eles conseguem atingir maiores velocidades, levando a uma maior produtividade.

A JMN Mineração utiliza os tratores em diversos serviços auxiliares, mas tem como seu principal uso, a construção de pilhas de PDER. Por tanto em terrenos com material solto e bastante irregular, daí a escolha pelos tratores de esteiras.

#### 4.3.1 Trator de Esteiras D6T vs D8T

Atualmente a JMN Mineração tem apenas um modelo de trator de esteiras em uso, o trator D6T da Caterpillar. Esse modelo foi escolhido devido a movimentação que a mina tinha durante suas primeiras fases de empreendimento.

Figura 2: Trator D6T em Operação



Fonte: Caterpillar Performance Handbook, 2018.

Importante ressaltar que conforme a lavra vai avançando, maiores são as DMT's e maiores são as movimentações de massas. Esses fatores levam a necessidade de adequação da frota. Esta deve ficar maior e mais robusta para atender à crescente demanda da mina. Daí a necessidade de se estabelecer se é hora de realizar a troca gradual da frota de tratores para um de maior porte, no caso, o modelo D8T da mesma linha da Caterpillar.

Para tanto, se faz necessário que alguns fatores característicos de cada modelo sejam levados em consideração. Em seu *handbook* a Caterpillar enumera algumas especificações dos modelos de sua linha que pode ajudar a realizar uma escolha mais inteligente. Algumas dessas especificações estão listadas na Tabela 2.

Tabela 2: Especificações dos Modelos D6T e D8T

<b>Especificação</b>	<b>D6T</b>	<b>D8T</b>
<b>Energia do Volante Motor</b>	200 HP	310 HP
<b>Peso de Operação</b>	20.679 kg	38.488 kg
<b>Largura da Sapata de Esteira</b>	22 pol	24 pol
<b>Pressão Sobre o Solo</b>	63,16 kPa	96,53 kPa
<b>Área de Contato com o Solo</b>	3,18 m <sup>2</sup>	3,91 m <sup>2</sup>
<b>Altura</b>	3,15 m	3,46 m
<b>Comprimento com Lâmina</b>	5,22 m	6,09 m
<b>Largura</b>	2,44 m	2,64 m
<b>Largura da Lâmina</b>	3,26 m	4,26 m
<b>Velocidade Máxima</b>	14,6 km/h	14,2 km/h
<b>Capacidade do Tanque</b>	425 l	643 l

Fonte: Adaptado de Caterpillar Performance Handbook, 2018.

Corroborando com a Tabela 2, o modelo D8T tem quase o dobro do peso do modelo D6T, mas compensa isso com um motor muito mais robusto. O tamanho de sua lâmina também é um fator que favorece o D8T, que ao lado do motor mais forte faz com que ele se torne mais atrativo em ocasiões em que se tenha que movimentar mais material em menos tempo. Por outro lado, as dimensões dos dois modelos são muito parecidas, o que faz com que a massa maior do D8T faça com que ele exerça muito mais pressão sobre o solo, o que diminui sua flutuação. Esse fator faz com que o D6T se torne mais interessante em terrenos mais instáveis.

#### **4.4 Produtividade**

No mundo de hoje a competição entre as empresas tem sido cada vez mais acirrada. É notória a busca por melhora contínua, tanto do produto quanto do processo como um todo. Para tal, desde Frederick Taylor, a ideia de que se deve haver uma gestão para buscar prosperidade e aumento da produtividade tem se desenvolvido dentro das empresas (Ritzman e Krajewski, 2003).

Neste sentido, a administração da produção cresce, buscando reunir as atividades de planejamento, gerenciamento e controle da parte operacional para enfim chegar ao melhor desempenho dos recursos produtivos da empresa (Schermer, 2021).

Um dos conceitos mais importantes dentro da administração da produção está ligado ao aumento da produtividade. Segundo Ritzman e Krajewski (2003) a

produtividade é o principal fator determinante da lucratividade e está completamente ligada a variedade de habilidades e tecnologia, ou seja, quanto mais avançada é a máquina e quanto mais habilidoso é o operador, maior será o lucro da empresa.

Ainda segundo Ritzman e Krajewski (2003), a produtividade é o valor dos resultados dividido pelos insumos, podendo assim admitir diversas variáveis. Mas de uma maneira geral, é admitido que produtividade se refere quantidade produzida pelo tempo gasto.

Contudo quando se fala de produtividade de equipamentos auxiliares na mineração, é incomum que se tenha um controle maior de tal KPI. Para esse grupo de equipamentos, é prestada a atenção em sua maioria nas horas trabalhadas, pois é uma área como um todo que não gera lucro a empresa, apenas custos. Porém há a necessidade de entender que mesmo não gerando produtos (minério), são equipamentos de suma importância e demandam muitos custos. Então é salutar pensar que no caso desses equipamentos, trabalhar de maneira mais eficiente, ou seja, aumentando sua produtividade, é algo interessante para que se aumente os lucros da empresa.

Segundo Ricardo e Catalani (2007), para os tratores de esteira, essa produtividade é intrinsecamente ligada ao tempo de ciclo. Sendo esse, também proporcional a capacidade e tamanho de cada equipamento.

#### **4.5 Análise de Investimento**

Segundo Samanez (2006), o valor de um projeto está em sua capacidade de gerar fluxos de caixa futuro, ou seja, de gerar renda econômica. Para tal, todo gasto, seja ele qual for, tem que ser bem calculado e viável. Assim, a análise de investimento é uma ferramenta muito útil, não apenas em grandes projetos com grandes aquisições, mas também nos mais diversos e pequenos investimentos cotidianos que uma empresa irá realizar.

De uma maneira geral, as mineradoras não consideram os serviços dos tratores de esteiras como geradores de renda, sendo esses, equipamentos auxiliares para o real propósito da empresa que é a extração e beneficiamento de minério. Por tanto, tais equipamentos, apesar de serem muito importantes, não geram receitas para empresa,

apenas custos. Por tanto um bom método para análise de investimento de tais equipamentos é o Custo Uniforme Equivalente (CUE).

#### 4.5.1 Custo Uniforme Equivalente (CUE)

Em alguns investimentos é difícil quantificar as receitas, entretanto, os custos são facilmente quantificados (SAMANEZ, 2006). Existindo algumas alternativas interessantes para realizar uma boa análise de investimento a partir da diferença de custos de investimentos alternativos, já que para uma análise incremental, ou seja, dividindo os recursos em pequenos incrementos, a receita final seria a mesma, só que utilizando menos recursos.

Para tal, o método do Custo Uniforme Equivalente (CUE) se torna atrativo, já que ele se trata basicamente de um rateio uniforme dos custos, tanto de investimento quanto operacionais de um projeto (SAMANEZ, 2006). Consistindo em achar uma série uniforme de custos à uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA), sendo o melhor projeto aquele que apresentar os menores custos (CASAROTTO FILHO E KOPITTKE, 2020).

O CUE pode ser obtido através da soma do custo equivalente de capital e do custo equivalente de operação.

$$CUE = CEA + CEO \quad (1)$$

Tendo como equação 2:

$$CUE = \left[ P - \frac{L}{(1+i)^n} \right] \left( \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right) \quad (2)$$

Onde:

P = Custo de Capital (Investimento)

L = Valor Residual

i = Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

n = períodos

#### 4.5.2 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

Quando se analisa um investimento, existe sempre um alternativo de mesmo valor de capital alocado, o chamado Custo de Oportunidade. Segundo Casarotto Filho e Kopittke (2020), essa nova proposta deve no mínimo igualar a rentabilidade das

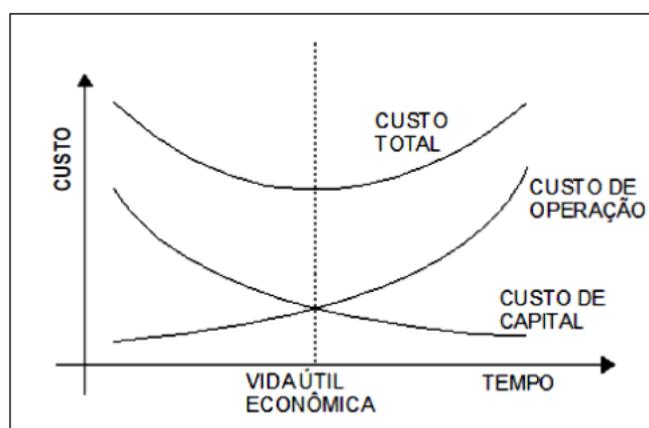
alternativas, sendo essa taxa de juros chamada de Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Ainda segundo Casarotto Filho e Kopittke (2020), a determinação da TMA em caso de empresas é um tanto quanto complexa pois depende dos prazos e das estratégias de cada empresa.

### 4.5.3 Vida Útil e Vida Útil Econômica

Um importante fator a se levar em consideração quando se faz uma análise de investimento é o tempo de vida útil de um bem, ou seja, quanto tempo ele demora para esgotar sua capacidade produtiva. Esse fator é proeminente pois ele influencia diretamente em sua depreciação. Sendo também necessário entender qual o melhor momento para realizar a troca do bem devido ao aumento dos custos de operação, a chamada vida útil econômica (VEY E ROSA, 2003).

Como é de se perceber esses dois conceitos se constroem sob os custos. Segundo Casarotto Filho e Kopittke (2020), equipamentos como veículos e máquinas motrizes de ampla utilização apresentam custos crescentes devido ao desgaste natural, devendo ser substituídos por novos. Esse intervalo otimizado, onde o custo total é mínimo, se chama vida útil econômica e pode ser calculado utilizando os custos uniformes equivalentes. Sendo bem representado pelo modelo gráfico apresentado na Figura 3.

Figura 3: Representação Gráfica da Vida Útil e da Vida Útil Econômica



Fonte: Adaptado de Casarotto Filho e Kopittke, 2020.

## 5 METODOLOGIA

O presente capítulo visa entender como foi realizado as análises de produtividade e econômica do modelo de tratores de esteira da Caterpillar D8T frente ao modelo D6T da mesma marca. Contando com dados fornecidos pela empresa para mensurar tais índices. Por premissa da empresa, alguns indicadores chave de processos foram fixados, entre eles estão a Disponibilidade (DF) e Utilização Físicas (UF), ou seja, o percentual de tempo que o equipamento deve estar disponível para uso, fora suas manutenção e indisponibilidade operacional com um percentual de 90% e o tempo que ele está efetivamente sendo usado perante a sua disponibilidade no valor de 80% da DF. Além disso também foi estabelecido pela empresa um tempo de vida útil econômica, em outras palavras, o tempo que os tratores de esteiras devem ser colocados fora de frota para venda de 12.000 horas, devido ao grande aumento dos custos de operação e manutenção desses equipamentos a partir das 10.000 horas de utilização.

### 5.1 Cálculo da Produtividade pelo Método da Caterpillar

Uma grande dificuldade que se tem na mineração é calcular a produtividade dos equipamentos auxiliares, tais como tratores de esteiras, motoniveladores e caminhões pipa. Isso se deve ao fato de que eles não carregam material, impossibilitando sua pesagem ou até mesmo uma medição por números de passes, como no caso de escavadeiras e carregadeiras. Tal fato gera uma incerteza muito grande, podendo levar a um descontrole da frota e uma conseqüente tomada de decisão errada por parte da chefia.

Segundo Ricardo e Catalani (2007), de maneira geral, a estimativa de produção desses equipamentos pode ser calculada a partir da equação 3.

$$Q = C \times \frac{1}{t_{c \min}} \times E \quad (3)$$

Onde:

$Q$  = produção efetiva

$C$  = capacidade da lâmina

$t_{c \min}$  = tempo de ciclo mínimo

$E$  = fator de eficiência.

A capacidade da lâmina pode ser calculada através de suas dimensões, tais como largura e altura e o tipo de material ao qual será posta à prova. Sendo que materiais arenosos irão seguir a seguinte equação 4:

$$C = 0,86 \times H^2 \times L \quad (4)$$

Já os argilosos irão seguir a seguinte equação 5:

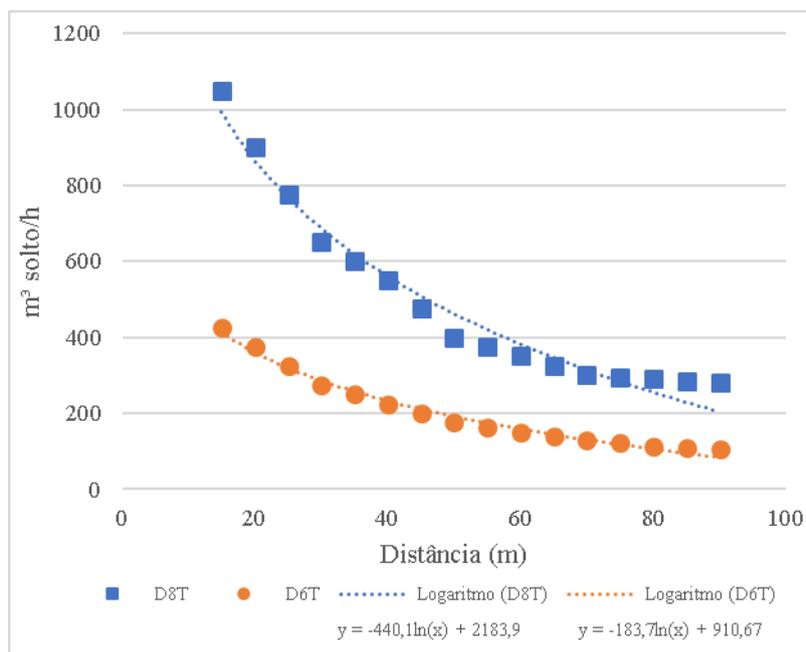
$$C = 0,6 \times H^2 \times L \quad (5)$$

Restando apenas o tempo de ciclo que pode ser aferido em campo e o fator de eficiência que seria uma estimativa das habilidades do operador.

Em contrapartida, na prática esse é um método um pouco difícil de se entender. Para resolver esse problema, os fabricantes desenvolveram diversos métodos através de estudos de campo para cálculo desse importante KPI. Um dos mais aceitos, o modelo da Cartepillar, presente em seu *Handbook*.

No gráfico é possível ver a relação entre a distância de corte e da produção estimada de corte dos dois tratores objeto de estudos deste trabalho, quadrados azuis para os tratores de esteira Cartepillar D8T e círculos laranjas para os Cartepillar D6T (Caterpillar Performance Handbook, 2018).

Figura 4: Gráfico de Produção Estimada para Tratores de Esteiras



Fonte: Adaptado de Caterpillar Performance Handbook, 2018.

A priori além da distância média de corte é necessário que se leve em conta alguns fatores de correção voltados para as condições de trabalho. Sendo esses, enumerados pela Cartepillar na seguinte tabela:

Tabela 3: Fatores de Correção de Condições de Trabalho

<b>Operador</b>	<b>Fator de Correção</b>
Excelente	1
Mediano	0,75
Deficiente	0,6
<b>Material</b>	<b>Fator de Correção</b>
Solto	1,2
Difícil corte	0,8
Movimentação difícil	0,8
Rocha	0,8
<b>Visibilidade</b>	<b>Fator de Correção</b>
Boa	1
Ruim	0,8
<b>Eficiência de Serviço</b>	<b>Fator de Correção</b>
50 min/h	0,83
40 min/h	0,67

Fonte: Adaptado de Caterpillar Performance Handbook, 2018.

Com isso, pode-se chegar a uma fórmula específica para cada modelo de trator que se aproxima bem da produtividade apenas com a distância de corte e os fatores de correção. No caso do modelo Caterpillar D6T:

$$P = (-126 \times LN(d) + 446,46) \times operador \times material \times visibilidade \times Eficiência \quad (6)$$

E para o modelo D8T:

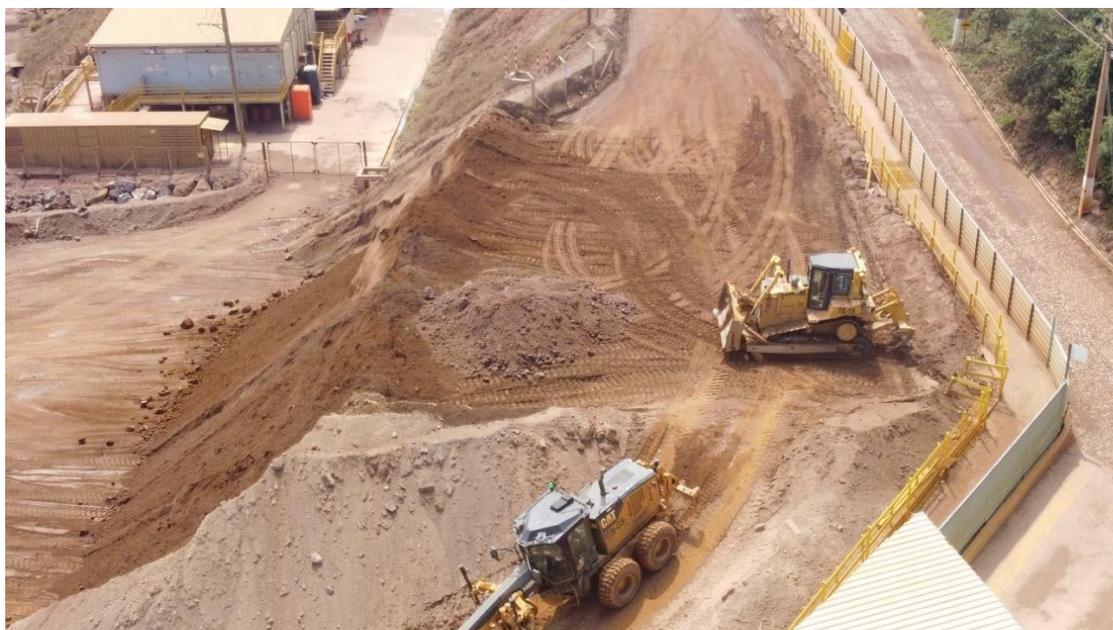
$$P = (-303,6 \times LN(d) + 1075,7) \times operador \times material \times visibilidade \times Eficiência \quad (7)$$

## 5.2 Levantamento da Distância Média de Corte

Com a metodologia de cálculo de produtividade pronta, foi necessário então ir a campo medir qual era a distância média de corte dos nossos tratores D6T já empregados na empresa.

Para tal foi utilizado uma trena que foi posta entre um monte já basculado e o trator D6T já pronto para quebrar a viagem como descrito na imagem a seguir.

Figura 5: Trator CAT D6T posicionado para iniciar operação



Fonte: Acervo do autor.

### 5.3 Levantamento da Custos

Com o objetivo de entender melhor quais os custos atuais da empresa com os tratores de esteira, foram levantados via software ERP Sapiens, todos os custos da empresa, tanto de manutenção, materiais de desgaste e combustível. Tudo isso foi exportado para o MS Excel, onde foi tratado e consolidado.

Já as horas trabalhadas por esses equipamentos são registradas via horímetro dos equipamentos e são contabilizadas via software ENGEMAN, de onde foram exportadas para o MS Excel.

Por último foi levantado junto o Departamento de Recursos Humanos da empresa, o custo mensal de cada operador do habilitado para operar esses equipamentos. Esse custo corresponde a R\$ 7.431,35 com todos os encargos e benefícios.

O próximo passo foi então levantar junto ao fabricante quais eram os custos estimados para o mesmo trator D6T que já opera na empresa. Chegando assim ao seguinte comparativo da tabela.

Tabela 4: Custos do Trator D6T

<b>Custo por hora (R\$/h)</b>	<b>Real</b>	<b>Estimado</b>
<b>Materiais de manutenção</b>	R\$ 36,20	R\$ 30,36
<b>Materiais de desgastes</b>	R\$ 5,50	R\$ 43,93
<b>Combustível</b>	R\$ 285,87	R\$ 245,67
<b>Total</b>	<b>R\$ 327,56</b>	<b>R\$ 319,96</b>

Fonte: Acervo do autor.

Por existir um fator humano, até mesmo quanto ao lançamento dos tipos de custos corretamente no sistema e diferenças entre cada operação, é compreensível que exista uma diferença entre valor estimado e real. Por isso foi considerado que os valores teóricos são satisfatórios para continuidade do estudo.

### 5.4 Análise de Investimento

Destarte, para realizar a análise de qual investimento seria mais adequado a produção estimada pela empresa, foi feita uma comparação entre os custos de investimento e de manutenção diferenciados de cada modelo comparado, além do valor

residual que cada um dos modelos teria ao fim da vida útil econômica adotada pela empresa de 12.000 horas para tratores. Essa vida útil econômica se justifica devido ao grande aumento dos custos de manutenção desse tipo de equipamento a partir das 10.000 horas de uso.

Para tal, foi utilizado o modelo do Custo Uniforme Equivalente (CUE) para calcular qual modelo de equipamento terá o custo mais baixo e conseqüentemente mais atraente economicamente para empresa.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o suceder deste estudo foi possível chegar a valores confiáveis de produtividade para tratores de esteira e com eles, completar um dimensionamento correto desse grupo de equipamentos para uso em uma operação específica, tanto de um ponto de vista operacional quanto econômico. Podendo também ser usado como base para outras operações, mudando apenas as variáveis de cada processo.

### 6.1 Produtividade

Para a operação em específico foi verificado em campo uma distância média de corte de aproximadamente 20,3 metros para nossos atuais tratores D6T, como demonstrado na próxima tabela. Já para o modelo D8T, o fabricante indicou que é interessante levar em conta uma distância de corte de 1,5 vezes o valor encontrado para os D6T, ou seja, 30 metros para os tratores D8T.

Tabela 5: Medições das Distâncias de Corte

nº da medição	Operador	Distância de Corte
1	1	20,1
2	1	20,1
3	1	17,6
4	1	21,7
5	1	19,8
6	2	19,4
7	2	19,4
8	2	20,7
9	2	18,1
10	2	22,7
11	2	21,8
12	2	20,2
13	3	22,3
14	3	20,9
15	3	22,5
16	3	20,7
17	3	18,4
18	3	19,2
Média		
Ponderada		20,3

Fonte: Elaborado pelo autor.

Levando em consideração as medições em campo, o ábaco do fabricante e a fórmula encontrada, chega-se a uma produtividade máxima não corrigida de 357,25 m<sup>3</sup>/h e 742,16 m<sup>3</sup>/h para os tratores D6T e D8T respectivamente. A mina dos Coelhos tem, no geral, um material com densidade de aproximadamente 2 t/m<sup>3</sup>. Com isso em mãos pode-se converter então as produtividades máximas não corrigida para 714,5 t/h e 1484,32 t/h.

Com os valores de produtividade não corrigida em mãos e com os fatores de correção indicados pela empresa, foi possível chegar à produtividade corrigida dos modelos D6T e D8T de 533,73 t/h e 1108,79 t/h, respectivamente, como descrito na Tabela 6.

Tabela 6: Produtividade Corrigida Tratores D6T e D8T

	D6T	D8T
Produtividade não corrigida (t/h)	714,5	1484,32
Operador Mediano	0,75	0,75
Material Solto	1,2	1,2
Visibilidade boa	1	1
Eficiência de Serviço de 50 min/h	0,83	0,83
Produtividade Corrigida (t/h)	533,73	1108,79

Fonte: Adaptado de Caterpillar Performance Handbook, 2018.

## 6.2 Custos

Para continuar com o dimensionamento é importante entender o quanto de massa a empresa terá que movimentar e quantas horas trabalhadas o grupo de equipamentos precisará cumprir para chegar aos objetivos do empreendimento. Essa massa é calculada através do plano de lavra entregue pelo setor de planejamento de mina. Ele tem por média para a JMN Mineração, 1.254.823 toneladas por mês para o ano de 2023.

Com essa massa média e utilizando a produtividade já calculada resulta em um total de 2.351,04 horas necessárias para o modelo D6T e de 1.131,70 horas necessárias para o modelo D8T. Uma diferença considerável de 1.219,34 horas que impactam muito nos custos do empreendimento, já que eles são calculados pelo custo por hora.

Um outro fator significativo é quantos operadores serão necessários para realizar essa quantidade de horas trabalhadas em um mês. Cálculo feito levando em consideração a fórmula a seguir.

$$O = \frac{HTM \times (T + 1)}{HH \times DF \times UF} \quad (8)$$

Onde:

$O$  = Número de Operadores

$HTM$  = Horas Trabalhadas por Mês

$HH$  = Horas Horizonte

$DF$  = Disponibilidade Física

$UF$  = Utilização Física

$T$  = Número de turnos

Por premissa da empresa, a Disponibilidade e a Utilização física devem ser de 90% e 80% respectivamente. Além disso, em um mês temos em média 720 horas. E na empresa existem 3 turnos que se revezam. Sendo assim, a quantidade de funcionários necessárias para operarem os respectivos modelos, D6T e D8T seriam:

$$O_{D6T} = \frac{2.351,04 \times (3 + 1)}{720 \times 0,9 \times 0,8}$$

$$O_{D6T} = 18,14 \text{ operadoras ou } 18 \text{ operadoras}$$

E

$$O_{D8T} = \frac{1.131,70 \text{ horas} \times (3 + 1)}{720 \times 0,9 \times 0,8}$$

$$O_{D8T} = 8,73 \text{ operadoras ou } 9 \text{ operadoras}$$

Contando com um custo médio mensal por operador de R\$ 7.431,35, acercar-se o custo por hora com pessoal.

$$C_{Pessoal} = \frac{CMO \times O}{HTM} \quad (10)$$

Onde:

$C_{Pessoal}$  = Custo com pessoal

$CMO$  = Custo Mensal por Operador

$O$  = Número de Operadores

$HTM$  = Horas Trabalhadas por Mês

Então teremos um custo por hora com pessoal para tratores D6T de:

$$C_{Pessoal D6T} = \frac{7.431,35 \times 18}{2.351,04}$$

$$C_{Pessoal D6T} = R\$ 56,90 /h$$

Já para os modelos D8T, teremos um custo por hora de:

$$C_{Pessoal D8T} = \frac{7.431,35 \times 9}{1.131,70}$$

$$C_{Pessoal D8T} = R\$ 59,10 /h$$

A outra parte do dimensionamento dos custos está relacionada com o equipamento em si. Para tanto, é necessário também quantos equipamentos são necessários para cumprir a tarefa. Chegamos à frota necessária também utilizando as horas trabalhadas por mês, junto com a disponibilidade e a utilização de cada equipamento, como visto na fórmula.

$$F = \frac{HTM}{520 \times DF \times UF} \quad (11)$$

Onde:

$F$  = Tamanho da Frota

$HTM$  = Horas Trabalhadas por Mês

Então, para o D6T temos:

$$F_{D6T} = \frac{2.351,04}{520 \times 0,9 \times 0,8}$$

$$F_{D6T} = 6,28 \text{ ou } 6 \text{ tratores}$$

E para o modelo D8T:

$$F_{D8T} = \frac{1.131,70}{520 \times 0,9 \times 0,8}$$

$$F_{D8T} = 3,02 \text{ ou } 3 \text{ tratores}$$

Outro importante fator que influencia nos custos é o combustível gasto. Cada modelo tem um consumo específico diferente. No caso do modelo D6T, o fabricante sugere um consumo médio de 25 litros por hora, já para o modelo D8T esse valor sobe para 39,5 litros por hora. Considerando um preço médio estimado do diesel de R\$ 9,83 por litro, além das horas trabalhadas em cada um dos dois cenários, temos os seguintes valores.

$$L = c \times HTM \quad (12)$$

Onde:

$L$  = Litros

$c$  = Consumo específico

$HTM$  = Horas Trabalhadas por Mês

Então, para o D6T temos:

$$L_{D6T} = 25 \times 2.351,04$$

$$L_{D6T} = 58.776 \text{ litros por mês}$$

E para o modelo D8T:

$$L_{D8T} = 39,5 \times 1.131,70$$

$$L_{D8T} = 44.702,15 \text{ litros por mês}$$

Logo:

$$C_{Diesel} = D \times L \quad (13)$$

$$C_{Diesel D6T} = R\$ 9,83 \times 58.776 \text{ litros}$$

$$C_{Diesel D6T} = R\$ 577.768,08$$

E

$$C_{Diesel} = D \times L$$

$$C_{Diesel D8T} = R\$ 9,83 \times 44.702,15 \text{ litros}$$

$$C_{Diesel D8T} = R\$ 439.422,13$$

Logo:

$$P = \frac{C}{HT} \quad (14)$$

$$P_{D6T} = \frac{R\$ 577.768,08}{2.351,04}$$

$$P_{D6T} = R\$ 245,67 \text{ por hora}$$

E

$$P = \frac{C}{HT}$$

$$P_{D8T} = \frac{R\$ 439.422,13}{1.131,70}$$

$$P_{D8T} = R\$ 388,16 \text{ por hora}$$

Os tipos de custos restantes necessários para terminar os cálculos são os custos de manutenção e de desgastes. Eles são tabelados pelo fabricante conforme a Tabela 7.

Tabela 7: Custos por hora Tratores D6T e D8T

Faixas Manutenção (HT)	D6T	D8T
0 – 5.000	30,36	36,36
5.000 – 10.000	30,36	36,36
10.000 – 15.000	151,06	233,1
15.000 – 20.000	37,13	55,7
	D6T	D8T
Desgaste	43,93	75,09

Fonte: Adaptado de Caterpillar Performance Handbook, 2018.

Como a frota de tratores da empresa tem vida útil de no máximo 12.000 horas, é possível que levemos em consideração que os custo de manutenção fique próximo aos

da faixa de no máximo 10.000 horas. Ou seja, R\$ 30,36 para o modelo D6T e de R\$ 36,36 para os tratores do modelo D8T.

Somando todos os custos podemos chegar então ao custo por hora dos dois modelos de tratores. Respectivamente, R\$ 376,86 para o modelo D6T e de R\$ 558,71 para o modelo D8T. Essa diferença assusta olhos desatentos, mas é natural que ela exista dada a diferença de robustez e de produtividade de cada trator. Sendo um KPI mais factível para demonstrar a eficiência de cada equipamento, o custo total por mês, na faixa de R\$ 886.007,57 para o modelo D6T e de R\$ 632.293,95 para o D8T levando em consideração as horas trabalhadas necessárias de cada um para realizar a movimentação de massa planejada.

### **6.2.1 Investimento Inicial**

O investimento inicial também é algo que deve ser levado em consideração quando pensamos na análise de investimento. Hoje o modelo D6T custa R\$ 2.290.000,00 por unidade. Já o modelo D8T tem seu custo unitário de R\$ 4.800.000,00. Como visto anteriormente, necessitaríamos de uma frota de 6 tratores D6T ou de 3 tratores D8T para realizar a mesma atividade. O que nos leva a um investimento inicial de R\$ 13.740.000,00 no caso dos D6T e de R\$ 14.400.000,00 para os D8T.

### **6.2.2 Valor Residual**

Para determinar o valor residual que cada um dos modelos teria, foi feito o cálculo da depreciação fiscal. Onde foi estabelecido como premissa da empresa uma vida útil econômica para os tratores de esteiras de 12.000 horas, devido a elevação dos custos de manutenção desse tipo de equipamento a partir das 10.000 horas de uso.

Primeiramente, foi estabelecido um total de 391,84 horas por equipamento para o modelo D6T e 377,23 horas para o modelo D8T, levando em consideração as horas trabalhadas já calculadas e a quantidade de equipamentos para cumpri-las. Com esses valores e as 12.000 horas de premissa de vida útil econômica dos tratores, foi previsto uma vida útil de 30,62 meses para o modelo D6T e de 31,81 meses para o modelo D8T.

Levando em consideração também que, segundo a Instrução Normativa nº 1700 da Receita Federal, 2017, os tratores têm vida útil de 10 anos e uma taxa anual de depreciação de 10% ao ano ou 0,83% ao mês. Foi possível chegar à conclusão de que haverá um valor residual de R\$ 10.233.473,49 para os tratores D6T e de R\$ 10.582.750,24 para o modelo D8T após a vida útil estabelecida pela empresa.

### 6.3 Análise de Investimento

Na visão da empresa, esse equipamento em específico não gera receitas, apenas despesas necessárias. Por seque, é foi necessário utilizar um método que leve isso em consideração. Para tal, o método do CUE se torna atrativo, à medida que a partir dos custos aferidos de cada equipamento é possível realizar a comparação e a análise de qual modelo será mais atrativo para o negócio.

#### 6.3.1 Custo Uniforme Equivalente

Com o investimento inicial, os custos de manutenção, desgaste, combustível, mão de obra e valor residual estabelecidos foi realizado o CUE. Para tal, foi utilizada uma planilha no MS Excel para cálculo dos valores presentes de cada um dos valores futuros dos custos e do valor residual dos tratores. No estudo foi utilizado uma TMA de 1,1% ao mês fornecida pela empresa através de suas estratégias de negócio. Assim, finalmente, foi possível chegar ao custo como descrito na Tabela 8.

Tabela 8: Custo Uniforme Equivalente dos Tratores D6T e D8T

	<b>D6T</b>	<b>D8T</b>
<b>Investimento</b>	R\$ 13.740.000,00	R\$ 14.400.000,00
<b>Materiais de manutenção</b>	R\$ 1.847.287,41	R\$ 1.099.435,64
<b>Materiais de desgastes</b>	R\$ 2.672.968,90	R\$ 2.270.534,16
<b>Combustível</b>	R\$ 14.948.139,52	R\$ 11.737.009,67
<b>Pessoal</b>	R\$ 3.461.880,12	R\$ 1.786.993,40
<b>VP Total Saídas</b>	R\$ 36.670.275,95	R\$ 31.293.972,87
<b>VP Total Entradas</b>	R\$ 7.320.157,44	R\$ 7.472.437,94
<b>VP Total</b>	R\$ 29.350.118,51	R\$ 23.821.534,93
<b>CUE</b>	<b>R\$ 1.134.065,17</b>	<b>R\$ 891.573,14</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como visto na tabela 8, o modelo D6T terá um custo mensal de R\$ 1.134.065,17, já o modelo D8T terá um custo de R\$ 891.573,14, consideravelmente menor, oque justifica a escolha do modelo D8T em função do D6T para a empresa.

## 7 CONCLUSÃO

A maioria dos empreendimentos necessita de um planejamento bem-feito e de controle para que se tenha sucesso. Poucos são aqueles que consegue prosperar sem que haja essas duas ferramentas administrativas. Na mineração não é diferente, existe a necessidade constante que se saiba onde e como os recursos estão sendo alocados. Por outro lado, existe ainda, uma escassez muito grande de informações sobre a gestão dos equipamentos auxiliares de uma mina. Geralmente buscando apenas quantificar suas horas trabalhadas, sem que saber se elas estão sendo gerenciadas de maneira eficiente.

Com o presente estudo foi possível realizar o controle sobre como deveria ser empregado os recursos da JMN Mineração em sua frota de tratores de esteiras de uma maneira muito mais eficiente aumenta sua produtividade, ou seja, realizando o mesmo trabalho só que em menos tempo, sem sacrificar a qualidade do processo.

O trabalho buscou analisar inicialmente como poderia ser calculada a produtividade desses equipamentos, utilizando para isso, estudos já previamente realizados pela empresa fabricante, Caterpillar. Para tal, além de calcular a produtividade geral do modelo D6T e do modelo D8T, investimentos analisados pela JMN, foi necessário também realizar uma adequação dos valores encontrados a realidade da empresa, utilizando para isso, os fatores de correção também propostos pela Caterpillar. Chegando à conclusão de que o modelo D6T tem a produtividade ajustada a operação da JMN Mineração de 533,73 t/h e o modelo D8T a produtividade de 1.108,79 t/h.

Depois de calcular a produtividade, foi possível calcular quantas horas por mês a frota de tratores de esteira teriam que trabalhar para auxiliar a operação em sua movimentação mensal de estéril, levando em consideração a DF de 90% e a UF de 80% consideradas satisfatórias pela empresa. Sendo 2.351,04 horas mensais para o modelo D6T e 1.131,70 horas mensais para o modelo D8T, uma diferença que já leva a um indicativo de que, caso os custos do D8T sejam equivalentes aos do D6T, o primeiro modelo seria mais indicado para nossa operação.

Posteriormente foi a hora de levantar os custos operacionais dos modelos propostos. Em primeiro lugar, foi feita uma comparação entre os custos sugeridos pelo fabricante com os custos reais da nossa operação com os tratores D6T para sabermos se esses custos correspondem à realidade. Tendo o resultado satisfatório, foi decidido que, por não termos o modelo D8T, em operação na mina, seria mais prudente utilizar os custos de ambos indicados pelo fabricante. O modelo D6T teve o custo operacional, incluindo custo de manutenção, desgaste, combustível e pessoal de R\$ 376,86 por hora. Já o modelo D8T teve aferido o mesmo tipo de custo a R\$ 558,71 por hora. Um custo maior, só que se dividido pela produtividade de ambos, mostra que o custo do D6T seria de R\$ 0,71 por tonelada, já o D8T de R\$ 0,50 por tonelada. O que mostra que na operação da JMN Mineração, é menos custoso realizá-la com o trator D8T.

Para realizar tais movimentações seriam necessários uma frota de tamanho específico de cada um dos tratores. Essa seriam, 6 tratores D6T ou 3 tratores D8T, seguindo todas as premissas já relatadas.

Levando em consideração que o trator D6T tem um valor unitário de R\$ 2.290.000,00, já o D8T tem o valor unitário de R\$ 4.800.000,00, seria necessário realizar o investimento inicial de R\$ 13.740.000,00 na compra do modelo D6T ou de R\$ 14.400.000,00 na compra do modelo D8T. Além disso, após a vida útil econômica estipulada pela empresa, os tratores teriam um valor residual de R\$ 10.233.473,49 para os tratores D6T e de R\$ 10.582.750,24 para o modelo D8T.

Depreende-se, portanto, munido do custo de operação, do investimento inicial, valor residual e levando em consideração uma TMA de 1,1% a.m. foi realizado um estudo de viabilidade da compra do modelo D8T em relação ao D6T. Para tal, foi utilizado o método CUE para aferir os custos equivalentes de cada um dos modelos para chegar a qual seria o modelo mais atrativo. Com o modelo D6T tendo um custo mensal de R\$ 1.134.065,17, já o modelo D8T, um custo de R\$ 891.573,14, uma diferença de R\$ 242.492,03 por mês que justifica o investimento do D8T em relação ao D6T para a operação da JMN Mineração.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BRÁZ, Eliezer. **Microeconomia Aplicada à Indústria Mineral** (Apostila do 3º Curso de Economia Mineral). Belo Horizonte: IBRAM, 1986.

BUARQUE DE HOLANDA, Sérgio. **Metais e Pedras Preciosas**. Coleção: História Geral da Civilização Brasileira, vol. 2. São Paulo: DIFEL, 1968.

CASAROTTO, F.N. ; KOPITTKKE, H.B. **Análise de investimentos: Engenharia econômica, Tomada de decisão, Estratégia empresarial**. 12. ed. São Paulo: Atlas, 2020.

CATERPILLAR. **Caterpillar Performance Handbook**. Illinois, EUA: Caterpillar Inc., 2018.

IBF. **A importância da correção do solo**. Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/correcao-do-solo>. Acesso em: 20 de out. 2022.

KRUGMAN, P. R. **The age of diminished expectations: S. economic policy in the 1990s**. Cambridge: MIT Press, 1991.

MENDONÇA, Tasso. **A importância da mineração na economia brasileira**. Disponível em: <https://diariodocomercio.com.br/opiniaio/a-importancia-da-mineracao-na-economia-brasileira>. Acesso em: 23 de out. 2022.

MILANEZ, Bruno. Mineração, ambiente e sociedade: impactos complexos e simplificação da legislação. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental – Artigos**. 2017. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/7936>. Acesso em: 22 de out. 2022.

MOTA, José Aroudo. Mining Contribution to Municipalities Development. **Journal of Environmental Science and Engineering**, Nova York, EUA, v. 6, n 8, ago. 2017.

RICARDO, H.S; CATALANI, G. **Manual Prático de Escavação: Terraplanagem e Escavação de Rocha**. PINI, 2007.

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: CBL, 2003.

SAMANEZ, Carlos Patricio. **Matemática Financeira: aplicações à análise de investimento**. 4 ed. São Paulo: CBL, 2006.

SCHERMER, Nicolay. **Entenda como é a administração da produção para o que ela serve**. Voitto: 2021. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/o-que-e-adm-da-producao>. Acesso em: 23 de out. 2022.

VEY, I. H.; ROSA R. M. **Substituição de frota em empresa de transporte municipal de passageiros: um estudo de caso**. IX convenção de contabilidade do Rio Grande do Sul. Gramado. 2003.