



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
Instituto de Ciências e Engenharia – Câmpus de Itapeva

MARCOS FRANCO PASSOS

**AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS: ESTUDO DE CASO COM MÁQUINAS DE CONSTRUÇÃO EM UMA EMPRESA DA MODALIDADE RENTAL**

Itapeva - SP  
2023

MARCOS FRANCO PASSOS

**AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS: ESTUDO DE CASO COM MÁQUINAS DE CONSTRUÇÃO EM UMA EMPRESA DA MODALIDADE RENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Conselho de Curso de Engenharia de Produção, da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciências e Engenharia, Câmpus de Itapeva, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Ghantous Cervi

Itapeva - SP  
2023

P289a

Passos, Marcos Franco

Avaliação da substituição de equipamentos : estudo de caso com máquinas de construção em uma empresa da modalidade rental / Marcos Franco Passos. -- Itapeva, 2023

42 f. : il., tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de Produção) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciências e Engenharia, Itapeva

Orientador: Ricardo Ghantous Cervi

1. Engenharia econômica. 2. Avaliação financeira. 3. Custos. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Ciências e Engenharia, Itapeva. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**Marcos Franco Passos**

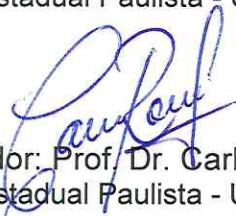
**AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS: ESTUDO DE  
CASO COM MÁQUINAS DE CONSTRUÇÃO EM UMA EMPRESA DA  
MODALIDADE RENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, da Universidade Estadual Paulista - UNESP - Câmpus de Itapeva.

**BANCA EXAMINADORA**



Orientador: Prof. Dr. Ricardo Ghantous Cervi  
Universidade Estadual Paulista - UNESP - Câmpus de Itapeva.



2º Examinador: Prof. Dr. Carlos Manuel Romero Luna  
Universidade Estadual Paulista - UNESP - Câmpus de Itapeva.



3º Examinador: Prof. Dr. Felipe Oliveira Lima  
Universidade Estadual Paulista - UNESP - Câmpus de Itapeva.

Itapeva, 23/06/2023.

## **AGRADECIMENTOS**

Principalmente aos meus pais, Miriam e Reginaldo, e minha família por terem proporcionado a possibilidade e privilégio da experiência da graduação. Meus sinceros agradecimentos ao orientador e amigo Ricardo Ganthous Cervi, ao queridíssimo tutor Carlos Manuel Luna, por toda confiança e paciência durante a elaboração do projeto. A todos meus amigos e companheiros que estiveram ao longo dessa jornada, em especial Vitor Halter e Robert Trajano, por toda parceria, conselhos e ajuda durante todo o período da graduação.

## RESUMO

Nos últimos anos, a frota das empresas de venda e locação de máquinas de construção vêm aumentando para conseguir atender a demanda crescente. Com isso, surge a necessidade de gerenciar estes recursos a fim de se obter os melhores resultados financeiros e econômicos para as organizações, e as análises de substituição de equipamentos auxiliam na gestão desses ativos. O presente trabalho busca definir a vida útil econômica de duas motoniveladoras de uma empresa de locação de máquinas que possuem custos operacionais elevados. Para isso, foi utilizada a metodologia do Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), um indicador econômico que anualiza todos os custos envolvidos. Os principais resultados apresentam os valores envolvidos na compra, manutenção e as depreciações das máquinas o longo do tempo. Foi visto que, considerando apenas os custos, o período ótimo de utilização das motoniveladoras é de dois anos, fazendo-se a substituição passado este tempo. Contudo, como as máquinas ainda não atingiram a maturidade operacional, pode-se concluir que para análises utilizando a metodologia do CAUE, são sugeridos horizontes de planejamento maiores.

Palavras-chave: custo operacional; análise econômica; vida útil; depreciação de ativos; obsolescência.

## **ABSTRACT**

In recent years, fleet of companies selling and rental construction machinery has been increasing in order to meet the growing demand. As a result, there is a need to manage these resources to obtain the best financial and economic results for organizations, and equipment replacement analyzes help in the management of these assets. The present work seeks to define the economic useful life of two motor graders of a machine leasing company that have high operating costs. For this, the Equivalent Annual Cost (EAC) methodology was used, an economic indicator that annualizes all costs involved. The main results show the amounts involved in purchasing, maintenancing and the depreciation of the machines over time. It was seen that, considering only the costs, the optimal period of use for motor graders is two years, replacing them after this time. However, as the machines have not yet reached operational maturity, it can be concluded that for analyzes using the EAC methodology, longer planning horizons are suggested.

Keywords: Operational cost; economic analysis; life cycle; assets depreciation; obsolescence.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Comparação anual dos resultados de empresas de máquinas de construção. ....	10
Figura 2 – Comparação anual do tamanho da frota das empresas participantes. ....	11
Figura 3 – Curva da banheira .....	15
Figura 4 – Representação gráfica da determinação da vida econômica. ....	16
Figura 5 – Custos envolvidos na gestão de frotas .....	20
Figura 6 – Meta Anual da Taxa Selic. ....	23
Figura 8 – Vista frontal do equipamento A. ....	25
Figura 9 – Vista lateral do equipamento A. ....	26
Figura 10 – Vista traseira do equipamento A .....	26
Figura 11 – Árvore dos custos operacionais das máquinas. ....	27
Figura 12 – Custos operacionais X ano de operação do equipamento A. ....	31
Figura 13 – Custos operacionais X ano de operação do equipamento B. ....	31
Figura 14 – Representatividade das segmentações de custos operacionais no total. ....	34
Figura 15 – Valores residuais ao fim de cada período para os equipamentos A e B. ....	36
Figura 16 – Evolução anual do CAUE dos equipamentos A e B. ....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Custos operacionais dos equipamentos A e B. ....	30
Tabela 2 – Estimativa dos custos operacionais e de manutenção em 2023.....	32
Tabela 3 – Total dos custos operacionais durante os 4 anos de operação. ....	32
Tabela 4 – Custo com mão-de-obra interna durante o período de 2020 a 2023.....	33
Tabela 5 – Custos operacionais totais durante o período de 2020 a 2023.....	33
Tabela 6 – Estimativa dos horímetros dos equipamentos A e B desde 2019.....	35
Tabela 7 – Estimativa dos valores residuais dos equipamentos ao fim de cada período. ....	35
Tabela 8 – Custo anual com depreciação para os equipamentos A e B. ....	36
Tabela 9 – Cálculo anual do CAUE para o equipamento A.....	37
Tabela 10 – Cálculo anual do CAUE para o equipamento B. ....	37

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SOBRATEMA	Associação Brasileira de Tecnologia para Construção e Mineração
IAM	<i>Institute of Asset Management</i> (Instituto de Gestão de Ativos)
CAUE	Custo Anual Uniforme Equivalente
VPL	Valor Presente Líquido
VAUE	Valor Uniforme Equivalente
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
NTC	Associação Nacional de Transportes e Logística
Selic	Sistema Especial de Liquidação e Custódia
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ERP	Enterprise Resource Planning (Planejamento de Recursos Empresariais)

## SUMÁRIO

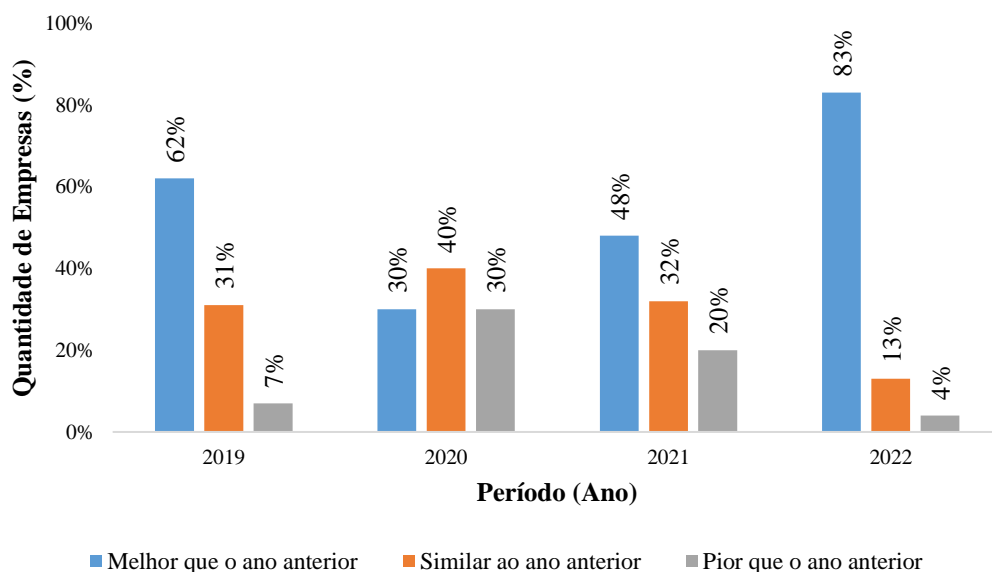
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1	Motivação .....	12
1.2	Objetivos .....	12
1.3	Organização do trabalho .....	13
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>14</b>
2.1	Substituição de equipamentos .....	14
2.1.1	Vida útil física x Vida útil econômica .....	15
2.1.2	Tipos de avaliação de substituição de equipamentos .....	16
2.1.2.1	Venda sem reposição.....	17
2.1.2.2	Substituição idêntica .....	17
2.1.2.3	Substituição não idêntica.....	17
2.1.2.4	Substituição considerando avanço tecnológico.....	18
2.2	Custo anual uniforme equivalente .....	18
2.2.1	Custos na gestão de frota .....	19
2.2.1.1	Custos operacionais e de manutenção .....	20
2.2.1.2	Depreciação .....	21
2.2.1.3	Custos de capital.....	22
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA PROPOSTA.....</b>	<b>24</b>
3.1	Delineamento da Pesquisa .....	24
3.2	Caracterização da empresa estudada.....	24
3.3	Definição dos objetos de estudo .....	25
3.4	Avaliação financeira .....	27
3.4.1	Custos na gestão de frotas .....	27
3.4.1.1	Custos de aquisição, manutenção e operação.....	27
3.4.2	Depreciação e valores residuais.....	29
3.4.3	Custo de capital .....	29
3.4.4	Vida útil econômica.....	29
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
4.1	Custos de aquisição, manutenção e operação .....	30
4.2	Depreciação e Valores residuais .....	34
4.3	Cálculo do CAUE e definição da Vida Útil Econômica.....	36
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Um estudo realizado no Brasil pela Associação Brasileira de Tecnologia para Construção e Mineração (SOBRATEMA, 2023) com 23 empresas revendedoras/locadoras de máquinas de construção aponta que o mercado segue em crescimento desde 2018, seja na venda ou na locação, apesar dos grandes desafios decorrentes da pandemia, tais como a falta de matéria-prima, encarecimento das commodities e distúrbios logísticos.

A Figura 1 apresenta uma comparação entre os resultados de vendas e/ou locações de máquinas das empresas que participaram da pesquisa, confrontando as demandas do ano de pesquisa com o ano anterior. Para exemplificar a análise, em 2019, 62% das empresas informaram que os resultados comerciais daquele ano foram melhores do que em 2018, seguindo a mesma lógica para os anos subsequentes (SOBRATEMA, 2023).

Figura 1 – Comparação anual dos resultados de empresas de máquinas de construção.



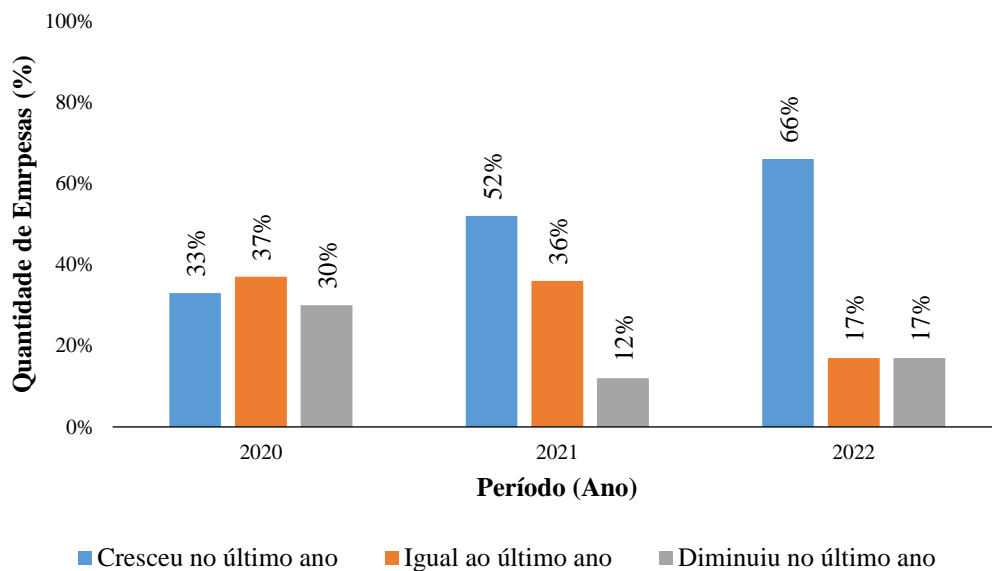
Fonte: Adaptado de SOBRATEMA (2023).

Analisando a Figura 1, é possível verificar que o ano de 2022 apresentou os melhores resultados de vendas e locações dentro de todo período de 2019 a 2022, quando 83% das empresas tiveram crescimento em sua demanda quando comparadas ao ano anterior. Tais resultados expressivos ocorreram principalmente pelo relaxamento das restrições de segurança e higiene impostas pela pandemia de COVID-19, além do melhor cumprimento das entregas das máquinas por parte das fabricantes (SOBRATEMA, 2023).

Esse aumento na demanda fez com que fosse necessário adquirir novas máquinas, seja comprando ou alugando, como pode ser visto na Figura 2, que apresenta uma comparação entre

a quantidade de empresas que informaram o crescimento de sua frota, tendo como base o ano anterior. Da mesma forma que a Figura 1, pode-se entender da Figura 2 que, em 2020, para 33% das participantes a frota foi acrescida quando comparada com 2019, e assim sucessivamente (SOBRATEMA, 2023).

Figura 2 – Comparação anual do tamanho da frota das empresas participantes.



Fonte: Adaptado de SOBRATEMA (2023).

Das 23 empresas participantes da pesquisa em 2022, 66% informaram que a frota cresceu em comparação com o ano de 2021. Comparando 2021 com 2020, a frota foi acrescida em 52% das participantes (SOBRATEMA, 2023).

Contudo, além de suprir as necessidades do mercado, as empresas também devem levar em consideração o retorno dos investimentos realizados, uma vez que seus resultados econômicos também são de interesse de investidores, sócios e/ou acionistas (VEY; ROSA, 2011).

Neste contexto, surge o questionamento de como realizar o melhor gerenciamento destes recursos, considerando o ponto de vista do período em que se tem a melhor comparação de custo *versus* benefício quanto da utilização dos ativos.

O gerenciamento de ativos pode ser compreendido como as práticas e atividades utilizadas pelas organizações para gerenciar seus ativos, de forma sustentável e otimizada, a partir de seus desempenhos, riscos e custos associados ao longo de seu ciclo de vida para alcançar as metas do planejamento estratégico (INSTITUTE OF ASSET MANAGEMENT, 2008).

Entregar o melhor custo *versus* benefício de utilização dos ativos envolve uma análise cuidadosa e criteriosa de diversos fatores conflitantes entre si, como performance *versus* despesas, benefícios de curto prazo *versus* de longo prazo e custos de capital *versus* operacionais (INSTITUTE OF ASSET MANAGEMENT, 2008).

Sendo assim, do ponto de vista econômico, a análise de substituição de ativos auxilia na tomada de decisão para uma utilização mais eficiente dos recursos, estimando o período de maior rentabilidade de utilização das máquinas (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2010).

## 1.1 Motivação

A empresa estudada seguiu a tendência das demais 23 participantes do estudo SOBRATEMA (2023), e, no ano de 2022 comprou novas máquinas para acrescentar à sua frota. Contudo, a média mensal de máquinas alugadas em 2022 teve crescimento de apenas 1% quando comparada ao mesmo indicador no ano de 2021, gerando, desta forma, acúmulo de máquinas ociosas.

Esse aumento na ociosidade dos equipamentos pode gerar diversos transtornos para a empresa, principalmente econômicos, sendo ativos que não geram retorno e sofrem com a depreciação.

Neste contexto, o presente estudo buscou identificar, testar e validar uma metodologia para a análise de substituição de equipamentos, a fim de diminuir o parque de máquinas ociosas, e, caso seja possível, propor novas políticas comerciais, reestruturando os processos atuais de vendas de máquinas seminovas, e sugerindo novas métricas para cálculo dos tempos de locação para novos contratos.

Os equipamentos foram escolhidos seguindo o princípio de diminuição de gastos presente no planejamento estratégico da empresa, sendo selecionadas as duas máquinas com maiores custos operacionais a partir do ano de 2018. Os equipamentos escolhidos foram duas motoniveladoras do modelo 865B fabricadas em 2019 pela CASE *Construction Equipment*.

## 1.2 Objetivos

O objetivo geral do estudo é avaliar a viabilidade da venda sem reposição de máquinas de construção em uma empresa de locação de máquinas.

Para alcançar tal objetivo, foi necessário:

- Levantar e analisar todos os custos envolvidos para aquisição, manutenção e operação das máquinas;
- Identificar, estimar e analisar os indicadores econômicos apropriados;

- Determinar a vida útil econômica dos equipamentos selecionados;
- Sugerir a venda, ou não, dos ativos.

### **1.3 Organização do trabalho**

Após a introdução do tema discutido, bem como as motivações e objetivos, o estudo proposto está dividido da seguinte forma:

A introdução apresenta informações relevantes a despeito do mercado Rental e da importância da análise de substituição de equipamentos, as motivações, os objetivos e organização do trabalho.

Na Revisão bibliográfica são discutidos outros estudos realizados sobre o tema de substituição de equipamentos, com foco nos indicadores econômicos utilizados para análise.

Durante a Metodologia proposta são explicadas as premissas para avaliação do caso base e os indicadores econômicos utilizados para avaliação de viabilidade de substituição dos equipamentos.

Nos Resultados são mostrados os produtos obtidos através dos cálculos propostos durante a execução do projeto, desde os custos de aquisição até a definição da vida útil econômica dos equipamentos.

A partir dos resultados obtidos, as deduções estão expostas nas Conclusões.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta sessão foram abordados os principais conceitos e indicadores utilizados em estudos de substituição de equipamentos.

### 2.1 Substituição de equipamentos

A importância da assertividade na tomada de decisão para substituição de equipamentos/ativos é evidenciada, pois, em sua maioria, os valores envolvidos são altos e impactam diretamente no planejamento estratégico da empresa, pois podem significar mudanças operacionais, nos processos e até mesmo no produto (FERREIRA, 2017).

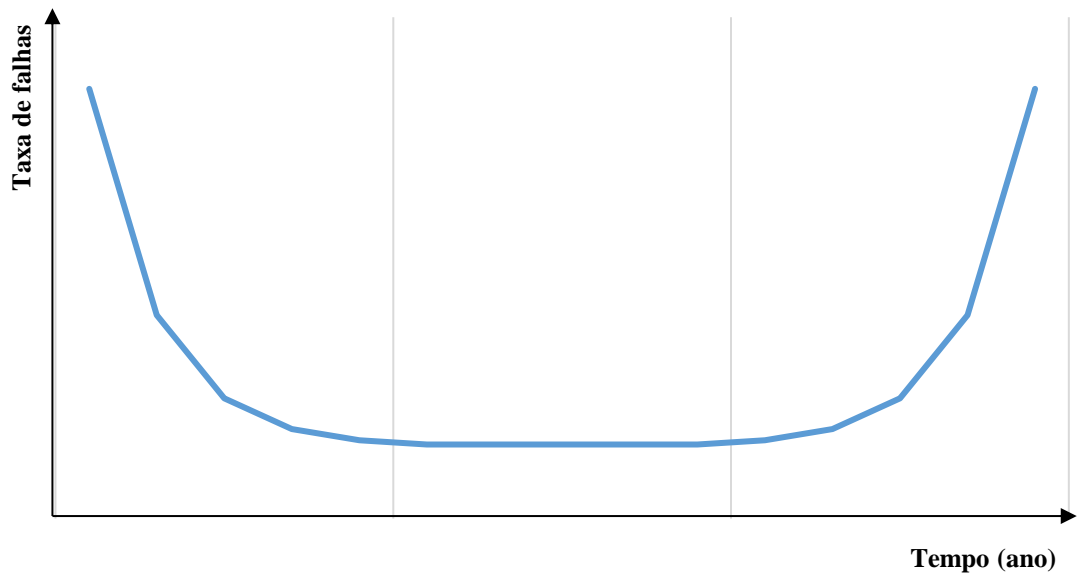
Além disso, a escolha feita geralmente é irreversível, e possui baixa liquidez. Desta forma, a principal pergunta que precisa ser respondida ao fim de sua análise é quando a economia de custos gerada pela troca será maior que o investimento inicial na aquisição do novo ativo (RYBA et al., 2016).

Para Blank e Tarquin (2008), um dos principais fatores que levam a um estudo de substituição de equipamentos é o desempenho reduzido, ou seja, quando um ativo não apresenta níveis satisfatórios de funcionamento, ou apresenta um desempenho abaixo dos níveis de qualidade e/ou quantidade de produção. Outro fator destacado é a alteração das necessidades, sendo esta quando são exigidos novos padrões de precisão, velocidade ou outras especificações as quais os equipamentos existentes não estão aptos para cumprir.

Já para Ferreira (2017), a principal motivação para esse questionamento é a obsolescência, seja ela programada ou não, do ativo em questão. Um ativo é considerado obsoleto basicamente quando sua vida útil ou sua vida econômica chega ao fim, sendo esta última quando o mesmo torna-se mais custoso que rentável, apesar de ainda cumprir com suas funções operacionais.

O aumento nos custos de operação dos equipamentos está vinculado ao fim da vida útil do mesmo, uma vez que, com o passar do tempo, a quantidade de manutenções tende a aumentar por conta do desgaste de seus componentes. A Figura 3 apresenta a Curva da Banheira, que relaciona a taxa de falhas ao longo da vida útil física de equipamentos (WUTTKE; SELITTO, 2008).

Figura 3 – Curva da banheira



Fonte: Adaptado de Wuttke e Selitto (2008).

A partir da curva da banheira, é possível delimitar três estágios da vida útil de um equipamento, sendo o primeiro deles o período definido como o de “mortalidade infantil”, onde a taxa de falhas é decrescente. As principais manutenções durante este período estão ligadas à falhas de projeto ou fabricação e ao fato de, tanto a equipe operacional quanto de manutenção estarem se adaptando às máquinas. O segundo estágio é denominado “maturidade de operação”, quando apenas fatores aleatórios impactam e geram falhas nos sistemas produtivos. Por fim, o terceiro e último estágio indica a fase de “mortalidade senil”, significando o fim da vida útil física do ativo. Neste período, a reforma ou substituição do ativo pode ser considerada (WUTTKE; SELITTO, 2008).

### 2.1.1 Vida útil física x Vida útil econômica

Para Torres (2006) a vida útil de um equipamento pode ser definida como sendo a quantidade de tempo em que o mesmo desempenha suas funções satisfatoriamente, e depende do projeto do equipamento, das condições de operação e manutenção e de sua obsolescência.

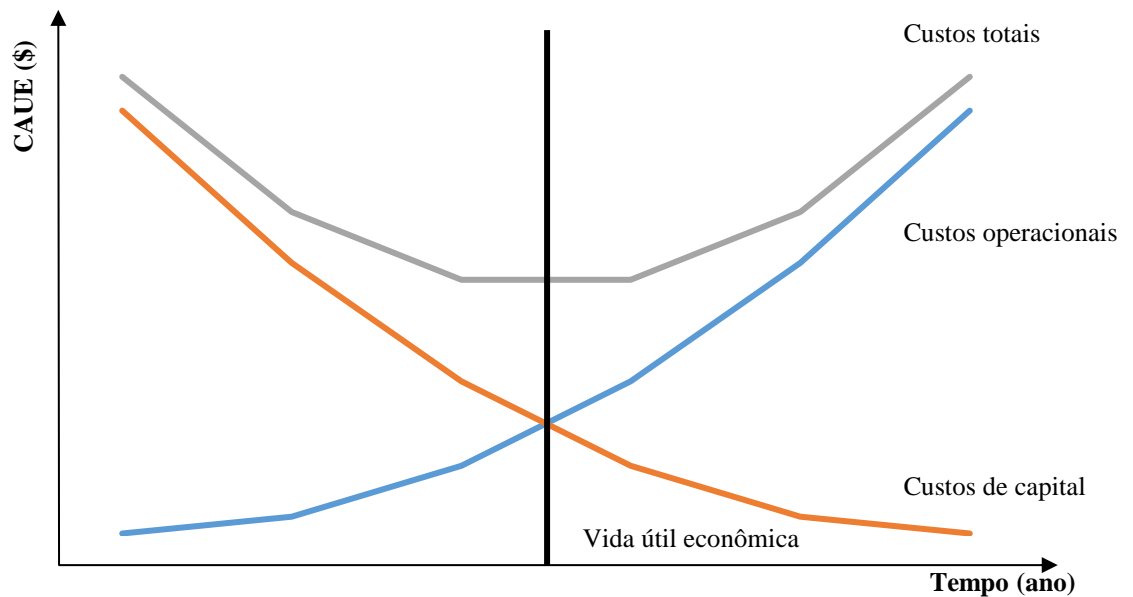
Tal definição vai de encontro com o que Ferreira (2017) considera como vida útil, uma vez que a relaciona com a durabilidade de um equipamento, definindo a vida útil como o período de utilização até que a próxima falha ou problema não possua solução plausível.

A vida útil econômica pode ser compreendida como o balanço entre o investimento para aquisição e os custos de operação e manutenção. Para se encontrar esse equilíbrio, é necessário

encontrar os custos anuais uniformes equivalentes (CAUE) para todo o período em que a vida útil esteja estipulada, e encontrar o menor valor possível (BLANK; TARQUIN, 2008)

A Figura 4 apresenta este conceito de maneira simplificada (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2010).

Figura 4 – Representação gráfica da determinação da vida econômica.



Fonte: Adaptado de Casarotto e Kopittke (2010).

Também pode-se definir a vida útil econômica de um ativo como o período de funcionamento em que os custos operacionais são menores ou iguais às receitas geradas somadas ao valor de revenda do equipamento, podendo esta ser menor que a vida útil estipulada (RYBA et al., 2016).

Desta forma, ao se utilizar os aspectos econômicos para gestão de frota, os níveis de disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos por si só não são suficientes para a tomada de decisão entre se manter ou não um equipamento. É necessário que os gastos com manutenção não extrapolem um nível desejado, a fim de se reduzir os custos globais (MEZZARI, 2017).

### 2.1.2 Tipos de avaliação de substituição de equipamentos

O conceito de substituição de equipamentos é muito amplo, englobando muitas situações, desde a troca dos ativos existentes por equivalentes novos, até a avaliação de ativos que desempenham a mesma função através de princípios completamente diferentes (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2010).

As possibilidades de decisão sobre a substituição de equipamentos podem ser classificadas como: baixa sem reposição, substituição idêntica, substituição não idêntica e substituição considerando avanço tecnológico (RYBA et al., 2016).

#### 2.1.2.1 Venda sem reposição

A venda sem reposição pode ser considerada como a situação mais simples para tomada de decisão, sendo definido se o ativo será mantido ou vendido/baixado. Nesses casos, são levados em consideração apenas os aspectos econômico-financeiros para análise, sendo que na prática não são os únicos fatores a serem tratados para o estudo (FERREIRA, 2017).

Casos os produtos se tornem obsoletos mais rapidamente pode-se decidir entre a suspensão da produção ou venda do equipamento, sem haver a substituição deles (TORRES, 2006).

Nestas situações, a vida útil econômica é feita através da técnica do valor presente líquido (VPL). É feita a análise do VPL para cada período, sendo que o primeiro ano em que o valor for positivo deve ser feita a venda do equipamento (RYBA et al., 2016).

#### 2.1.2.2 Substituição idêntica

Nos mais variados processos produtivos é necessário fazer a substituição de equipamentos por outros equivalentes para que a operação prevista seja mantida. Nesses casos, saber determinar a vida útil econômica é de extrema importância para obter os melhores resultados econômicos e financeiros. Em tal situação, é possível considerar que ambos os equipamentos, tanto o equipamento a ser substituído como o substituto, possuem os mesmos custos de aquisição, manutenção, rendimentos e valores residuais (RYBA et al., 2016).

Não considerando o potencial de geração de receita por parte dos ativos, a técnica do Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) é a mais indicada para determinação do momento ótimo para substituição. Porém, quando os equipamentos estão passíveis de perda de capacidade produtiva ao longo do tempo, a qual afeta as receitas, é mais conveniente utilizar o Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE) ao invés do CAUE (CASAROTTO FILHO; KOPITKE, 2010).

#### 2.1.2.3 Substituição não idêntica

A substituição não idêntica considera a substituição do ativo atual por outro equipamento com características diferentes às suas. Pode-se utilizar o termo “desafiante” para indicar o ativo a ser comprado e “defensor” para identificar o ativo em utilização (CASAROTTO FILHO; KOPITKE, 2010).

Nesta análise, devem-se verificar dois aspectos, sendo eles a pertinência econômica da substituição, que verifica se a troca dos ativos é economicamente adequada ou não, e caso seja realmente viável, quando ela deverá ser feita (FERREIRA, 2017).

Para fazer tal verificação, é necessário calcular as vidas econômicas de cada uma das alternativas separadamente utilizando o método de CAUE e identificar se a troca é viável e, se a resposta for positiva, definindo o momento ótimo para a substituição do ativo (RYBA et al., 2016).

#### 2.1.2.4 Substituição considerando avanço tecnológico

Diferentemente dos modelos de substituição anteriores, a substituição considerando avanço tecnológico não é estimulada pela deterioração, mas sim pela obsolescência do equipamento a ser substituído. Ou seja, não é gerada por uma causa natural, mas sim resultante do surgimento de novas tecnologias (CASAROTTO FILHO; KOPITKE, 2010).

Para Ryba et al. (2016), é necessário levar em consideração o avanço da tecnologia nos estudos de substituição, visto que este avanço pode trazer reduções de custo e aumento de eficiência dos equipamentos utilizados, afetando diretamente nos resultados econômicos propostos para análise.

## 2.2 Custo anual uniforme equivalente

Pacheco (2004) aponta que existem diversas metodologias para calcular a vida útil econômica de máquinas e veículos, cabendo a cada organização avaliar qual o método mais adequado de acordo com suas necessidades e estratégias de renovação de frota, e ressalta a importância de se utilizar um sistema de registro de informações confiável.

O CAUE é um método de análise de investimentos que emprega o conceito de custos anuais, e por utilizar uma base de tempo anual para comparação, é indicado para a avaliação de projetos ou alternativas com períodos de vida útil diferentes. Pode-se também utilizar o termo Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), sendo neste considerados apenas os custos, excluindo-se as receitas geradas pelos ativos, sendo o indicado para estudos que envolvem a substituição de ativos, seja por equivalente ou desafiante (CASAROTTO FILHO; KOPITKE, 2010).

Blank e Tarnquin (2008) explicam que o método CAUE consiste em uniformizar um fluxo de caixa irregular em séries constantes, a partir de uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) e pode ser definido pela Equação 1:

$$CAUE_t = \sum_{t=n}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \times \frac{(1+i)^{t \times i}}{(1+i)^{t-1}} \quad (1)$$

Sendo,

$CAUE_t$  = Custo Anual Uniforme Equivalente no período  $t$  ( $\frac{\$}{\text{ano}}$ );

$FC_t$  = Fluxo de caixa bruto no período  $t$  ( $\frac{\$}{\text{ano}}$ );

$i$  = Taxa mínima de atratividade (%);

$t$  = Período (ano).

Assim, calculando-se o CAUE do equipamento por período determinado (ano, por exemplo), o valor mínimo representará o fim de sua vida útil econômica dos bens analisados para a tomada de decisão de substituição (RYBA et al, 2016).

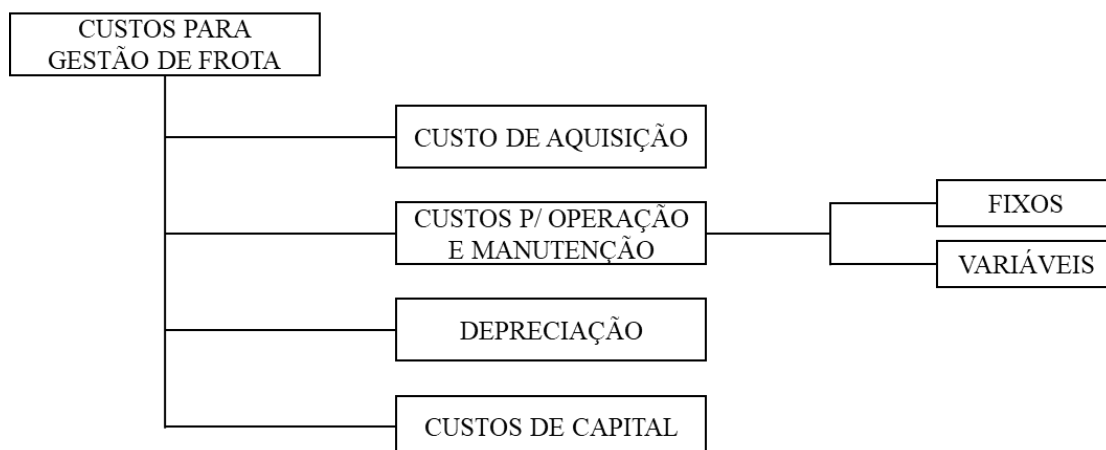
O CAUE e suas adaptações podem ser utilizados tanto para avaliar a viabilidade econômica da substituição de ativos, quanto para determinar quando a troca deverá ocorrer, possibilitando manter a utilização do bem até o fim de sua vida útil (ABENSUR, 2015).

Desta forma, utilizar esta metodologia em estudos de substituição de equipamentos é interessante pela forma como ela apresenta os custos totais para quem está propondo a análise. O CAUE equipara todos os custos envolvidos (aquisição, operação, manutenção e de capital) em um “aluguel anual”, e permite a comparação entre equipamentos com “aluguéis” diferentes para a melhor tomada de decisão (FELDENS, 2006).

### 2.2.1 Custos na gestão de frota

Mezzari (2017), em seu estudo para substituição de frota pública veicular baseada na vida útil econômica, complementa Feldens (2006), indicando que além dos custos de aquisição, operação, manutenção e de capital, outros fatores importantes na avaliação do ponto ótimo de substituição são o nível de depreciação e o custo financeiro. A Figura 5 apresenta um esquema de classificação dos custos envolvidos na gestão de frotas:

Figura 5 – Custos envolvidos na gestão de frotas



Fonte: Autoria própria.

### 2.2.1.1 Custos operacionais e de manutenção

Os custos operacionais para gestão de frotas podem ser divididos em custos fixos e custos variáveis, sendo os primeiros aqueles que independem da utilização dos equipamentos (quilômetros rodados, horas em funcionamento ou unidades produzidas) e existem mesmo com o equipamento desligado, como por exemplo, seguro da máquina e de seu acessório (caso tenha), licenciamento, salário do motorista e custo de capital. Os custos variáveis, por sua vez, são aqueles que são proporcionais ao funcionamento da máquina e variam de acordo com a sua utilização. Peças e serviços de manutenção, despesas de combustível, lubrificantes e pneus são exemplos de custos variáveis. Os gastos com manutenção tendem a permanecer mais baixos durante o início da vida útil da máquina e aumentam gradualmente ao decorrer do tempo, uma vez que inicialmente são realizadas poucas intervenções de rotina e substituições de itens de desgaste que, com uma maior utilização, se tornam mais frequentes (NTC, 2014; VALENTE; PASSAGLIA; NOVAES; VIEIRA, 2016).

Os custos elencados para o estudo de substituição da frota veicular pública feito por Mezzari (2017), e suas respectivas formas de estimativa foram:

- Seguro DPVAT: Calculado a partir de controle interno de pagamento de tributos, nem todos os componentes da frota estavam sujeitos ao recolhimento deste imposto;
- Tecnologia de rastreamento: valores considerados para todos os veículos auto propulidos da frota estudada, foram estimados pelos contratos firmados entre a Prefeitura e as empresas fornecedoras;

- Seguro e franquias de sinistro: valores existentes em uma planilha interna de controle dos valores das apólices;
- Combustível: gastos obtidos através do sistema online de gerenciamento de abastecimento;
- Mão-de-obra de manutenção em terceiros: presente em planilhas de controle de serviços executados por terceiros, como consertos de pneus, geometria e balanceamento da frota, regulagens e demais serviços prestados por oficinas mecânicas. Não englobam as peças utilizadas para estes serviços;
- Mão-de-obra de manutenção interna: obtidos através da folha salarial do quadro de funcionários da oficina interna;
- Peças para manutenção: valores gastos para aquisição de peças, lubrificantes e graxas, pneus e câmaras, discos para tacógrafos e demais componentes necessários para realização das revisões e manutenções na frota.

Após a compilação dos dados e somatória dos valores, as segmentações com maior custo foram os custos para manutenção, tanto interna quanto externa e somando-se peças e mão-de-obra, que representaram cerca 56,30% dos custos totais, e os custos com combustíveis, com uma parcela de cerca de 38,27% dos valores totais (MEZZARI, 2017).

Desta forma, é possível perceber que os custos relacionados à operação mais relevantes para a gestão de frota são a mão-de-obra, serviços e peças para execução das manutenções necessárias, sejam elas corretivas ou preventivas, bem como os valores de combustíveis.

#### 2.2.1.2 Depreciação

Todo bem tangível pode ser considerado depreciável, uma vez que se deteriora, ou seja, perde valor devido à obsolescência e à causas naturais, sendo possível determinar uma vida útil para este bem (FELDENS, 2006).

Apesar de cada empresa poder definir o modelo de depreciação utilizado para estimativa das quotas e da vida útil dos bens, o método linear é àquele que é aceito pela Receita Federal do Brasil para apuração dos resultados operacionais da empresa (SIMÕES; CERVI; FENNER, 2013).

A Instrução Normativa RFB nº 1700 de 14 de Março de 2017 define as taxas de depreciação anuais que devem ser consideradas para cada tipo de ativo. Equipamentos para terraplanagem, nivelamento, raspagem, escavação, compactação extração ou perfuração de terra do tipo “*bulldozer*”, “*anglodozer*”, niveladores, “*scrapers*”, pás mecânicas, escavadoras, carregadoras, pás carregadoras, compactadoras, rolos ou cilindros compressores e

autopropulsores possuem taxa de depreciação 25% ao ano, com uma vida útil estimada de 4 anos (BRASIL, 2017).

Em tomadas de decisão com foco nos resultados econômicos, utilizar a depreciação legal nem sempre é a melhor alternativa, podendo-se optar pela avaliação mercadológica do ativo, considerando o preço de revenda para determinação da vida útil (MEZZARI, 2017).

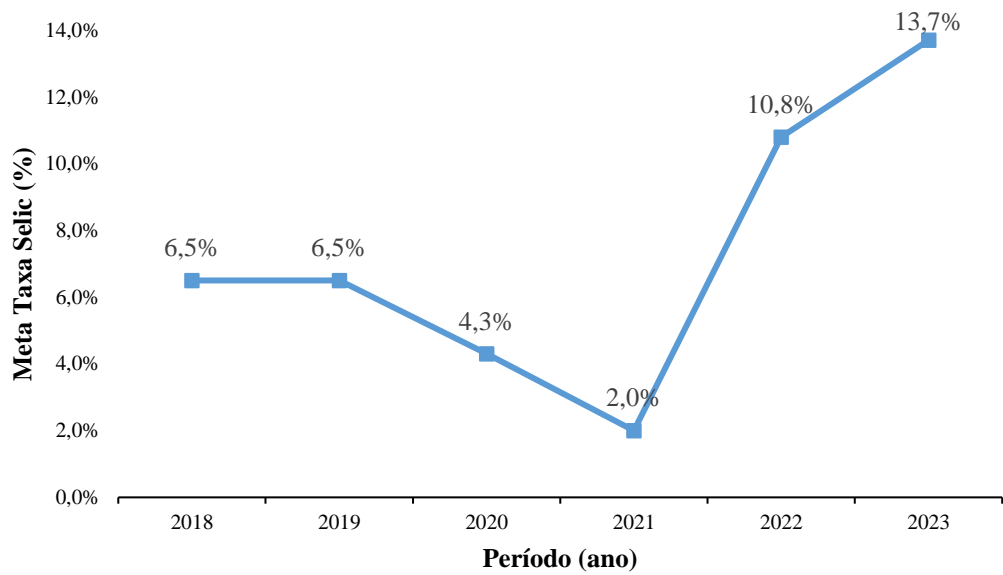
### 2.2.1.3 Custos de capital

Quando é decidido que um investimento será feito em um projeto, o retorno que o mesmo capital investido em outro projeto preterido é perdido. Dessa forma, para que alternativa a ser escolhida possa ser considerada atrativa, ela deve render no mínimo uma taxa de juros que seja equivalente às outras aplicações disponíveis no mercado, sendo está definida como Taxa Mínima de Atratividade (TMA), que representa e mensura o custo de capital (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2010).

Para Mezzari (2017), a TMA representa, em percentual, o melhor rendimento esperado para aplicar o capital em análise, em investimentos com baixo grau de risco, sendo estimada baseada nas taxas de juros que são praticadas no mercado. O mesmo autor destaca as taxas de juros com maior efeito de variação na TMA como sendo a Taxa Básica Financeira, Taxa Referencial, Taxa de Juros de Longo Prazo e Taxa do Sistema Especial de Liquidação e Custódia (Selic).

A taxa Selic é a taxa oficial e básica para cálculo de juros da economia brasileira, sendo o principal instrumento de política monetária do país. Está relacionada às taxas de juros aplicadas nos empréstimos entre instituição financeiras que utilizam títulos públicos federais como garantia. Em 05/03/2023, a meta para a taxa Selic era de 13,7% ao ano, ao passo que a meta para a mesma data em 2022 era de 10,8% e em 2021 de 2,0%. A Figura 4 apresenta a meta da taxa Selic desde 2018 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2023).

Figura 6 – Meta Anual da Taxa Selic.



Fonte: Adaptado de Banco Central do Brasil (2023).

As principais alternativas de investimento são baseadas na própria taxa Selic, tais quais Títulos do tesouro Selic, Letras de Crédito Imobiliário e do Agronegócio (LCI/LCA) e os Certificados de Depósito Bancários/Interbancários (CDB e CDI). Desta forma, esses investimentos tendem a render 100% da taxa Selic caso as aplicações possuam liquidez equivalente, ou seja, com rendimentos maiores que aplicações na poupança (MEZZARI, 2017).

### 3 METODOLOGIA PROPOSTA

#### 3.1 Delineamento da Pesquisa

Considerando os objetivos gerais, o presente estudo pode ser considerado uma pesquisa exploratória, uma vez que, com o desenvolver do trabalho e das análises propostas, constrói-se a hipótese de substituir ou não as motoniveladoras de estudo (GIL, 2017).

Como metodologia geral, pode ser classificada como um estudo de caso. Segundo Gil (2017), um estudo de caso pode ser entendido como a investigação detalhada de um ou poucos objetos de estudo, a fim de se obter tanto o conhecimento detalhado deste, como uma visão global do contexto em que o mesmo está inserido. Tal modalidade de pesquisa é amplamente utilizada e recomendada para situações em que as características unitárias do corpo de estudo, as variáveis causais do fenômeno em análise, o ambiente e contexto em que o objeto está inserido devem ser entendidos, preservados e descritos com maior detalhamento.

Também foram utilizados conceitos de pesquisa documental, uma vez foram acessados documentos, controles e ferramentas internas da empresa em estudo. A pesquisa documental é realizada utilizando-se de dados que não passaram por tratamento analítico ou que possam ser reelaborados para se chegar aos objetivos propostos (GIL, 2017).

#### 3.2 Caracterização da empresa estudada

A empresa de estudo atua como concessionária, revendedora e locadora de máquinas de construção, movimentação de materiais e de motores, possuindo exclusividade na distribuição das marcas *CASE Construction Equipment*, *FPT Industrial*, *Hyster* e *Yale* em território nacional.

A modalidade de *Rental* da empresa é focada em equipamentos de movimentação da linha *Hyster*, desde paleteiras e empilhadeiras de pequeno porte, até *big-trucks* e empilhadeiras patoladas (tri-laterais).

A divisão *Rental* da empresa possui uma média de 1000 máquinas alugadas por mês, distribuídas em todo País, em clientes dos mais diversos segmentos de atuação, tais como armazéns e centros de distribuição, energia, celulose e papel, fundição e aeroportos.

Cerca de 170 pessoas estão no quadro de funcionários do segmento *Rental*, distribuídas nas filiais em nove cidades de sete estados brasileiros, sendo eles São Paulo, nas cidades de Jundiaí e Ribeirão Preto, Minas Gerais, na cidade de Belo Horizonte, Rio de Janeiro, na capital, Espírito Santo, na cidade de Serra, Paraná, na cidade de Curitiba, Mato Grosso, na cidade de Cuiabá, Goiás, na cidade de Goiânia, e no Distrito Federal.

### 3.3 Definição dos objetos de estudo

Para o estudo, foram consideradas duas máquinas da marca *CASE Construction Equipment*, ambas motoniveladoras do modelo 865B fabricadas no ano de 2019. Os equipamentos foram locados em uma indústria sucroalcooleira e são utilizados para a restauração das vias que interligam a usina com as fazendas de cana-de-açúcar. As vias não são pavimentadas (terra) e são usadas para a logística necessária para a operação e funcionamento da usina, desde a passagem das máquinas em implementos agrícolas, para chegar ao local desejado, bem como para o trânsito dos funcionários para chegada e saída à usina.

As lâminas utilizadas nas motoniveladoras 865B são de aço alto carbono, em formato de curva evolvente, podendo penetrar até 711,2mm no solo e com largura total de 3,962m. Considerando apenas o corpo da máquina, a largura total da máquina é de 2,663m. Possui 3,4m de altura, 8,534m de comprimento e 17.088kg de massa total (CASE, 2018).

A seleção para escolha dos equipamentos se deu conforme planejamento estratégico da empresa a partir do preceito de diminuição de custos operacionais. Sendo assim, foi utilizado o conceito de custo por hora das máquinas em operação. Outro fator de escolha foi por existir apontamentos referentes ao custo operacional das máquinas para aplicação no estudo de caso.

Os equipamentos foram denominados como Equipamento A e Equipamento B para identificação. As Figuras 8, 9 e 10 representam o equipamento A. Na data em que as figuras 5, 6 e 7 foram capturadas o equipamento B estava indisponível em manutenção externa, não sendo possível registrar fotos do mesmo.

Figura 7 – Vista frontal do equipamento A.



Fonte: Autoria própria.

Figura 8 – Vista lateral do equipamento A.



Fonte: Autoria própria.

Figura 9 – Vista traseira do equipamento A



Fonte: Autoria própria.

### 3.4 Avaliação financeira

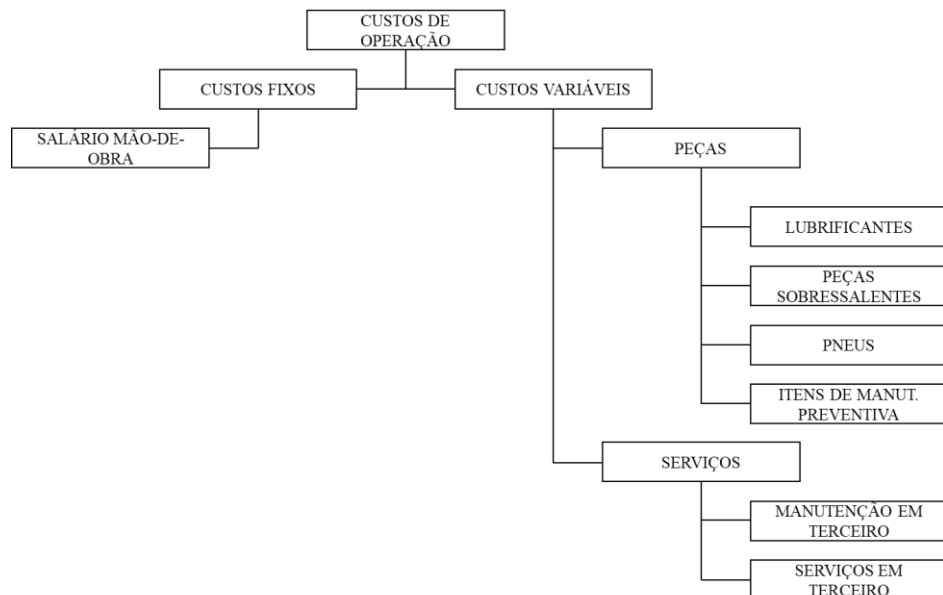
#### 3.4.1 Custos na gestão de frotas

Os custos relacionados à gestão da frota de estudo foram segmentados em:

- Custo de aquisição;
- Custos de operação e manutenção;
- Depreciação e valores residuais;
- Custo de capital.

A árvore de custos apresenta as segmentações consideradas para cálculo dos custos de operação das máquinas em análise (Figura 11).

Figura 10 – Árvore dos custos operacionais das máquinas.



Fonte: Autoria própria.

##### 3.4.1.1 Custos de aquisição, manutenção e operação

Os custos de aquisição das máquinas considerados equivalem aos valores de aquisição dos equipamentos quando foram comprados e imobilizados pela empresa, em Dez/2019, somando-se os investimentos para as adequações de segurança necessárias como requisitos por parte do cliente. Estes investimentos são acrescidos junto ao valor de aquisição das máquinas como estratégia para aumentar os bens imobilizados da empresa. As máquinas estavam em estado de novas quando foram compradas. Tais valores foram obtidos através de pesquisa documental nos registros e histórico no sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*, traduzindo, Planejamento de Recursos Empresariais) utilizado internamente.

Os custos operacionais e de manutenção utilizados para os cálculos foram divididos entre fixos e variáveis. Os custos variáveis, basicamente, englobam os custos de manutenção, como por exemplo, gastos com pneus, peças sobressalentes e lubrificantes. Já os custos fixos englobam os valores referentes à mão-de-obra do escopo técnico *in-loco* para atendimento e manutenção da frota. Nos períodos posteriores à realização do estudo, ou seja, sem dados históricos, os custos operacionais foram estimados utilizando-se o valor médio dos anos anteriores.

Os custos de operação e manutenção foram estimados após realização de pesquisa documental nos relatórios gerenciais e controles presentes no sistema ERP a fim de se obter os lançamentos no custo da empresa estudada, levantando todas as peças e serviços consumidos para as manutenções realizadas nos equipamentos durante o período de locação.

Apesar de apresentar grande representatividade nos custos operacionais de frotas de máquinas, os valores gastos com combustível e com mão-de-obra do motorista/operador não foram considerados para o cálculo dos custos totais, uma vez que, conforme o contrato firmado entre locador e locatário, tais valores são arcados pela empresa contratante. Desta forma, os custos com combustível e salário do operador não impactam nos resultados da empresa estudada e foram desconsiderados para o estudo.

Por ser uma operação com grande área de cobertura das máquinas, o escopo de mão-de-obra necessário para manutenção dos equipamentos previa dois mecânicos *in-site*, a fim de maior cobertura e agilidade de atendimento. De acordo com a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), no ano de 2021, a Remuneração Real Média para funcionários do agrupamento de Manutenção e Reparação de Veículos Automotores na cidade de Jundiaí foi de R\$2.380,26 ao mês. Em 2020 os rendimentos médios eram de R\$2.244,38 e os valores referentes à 2022 não haviam sido divulgados até a data de consulta (Ministério do Trabalho e Previdência, 2022). Estes foram os valores utilizados nos cálculos para determinar os custos de mão-de-obra. A remuneração média nos anos de 2022 e 2023 foram estimadas considerando a mesma taxa percentual de crescimento entre 2020 e 2021, conforme exposto na equação 2:

$$RRM_N = RRM_{N-1} \times \left( \frac{RRM_{N-1}}{RRM_{N-2}} \right) \quad (2)$$

Onde,

$RRM_N$  = Remuneração Real Média no ano N (R\$);

$RRM_{N-1}$  = Remuneração Real Média no ano anterior ao N (R\$);

$RRM_{N-2}$  = Remuneração Real Média no ano retrasado ao N (R\$).

### 3.4.2 Depreciação e valores residuais

Os valores de residuais dos equipamentos foram determinados utilizando-se uma planilha interna de precificação de máquinas seminovas, ao longo do horizonte de planejamento estimado para análise. Esta ferramenta considera a quantidade de horas trabalhadas, o valor de aquisição e a idade dos equipamentos para definir os valores de revenda. O horizonte de planejamento foi considerado como sendo o valor da vida útil estimada para as motoniveladoras de estudo conforme a legislação brasileira, sendo este, quatro anos (BRASIL, 2017).

O valor inicial utilizado para os cálculos dos valores de revenda de cada equipamento corresponde ao valor necessário para a aquisição e as adequações de segurança das máquinas. As máquinas foram compradas ainda novas, diretamente da fabricante, ou seja, registravam 0h como horímetro.

### 3.4.3 Custo de capital

Para representar o custo de capital, a Taxa Mínima de Atratividade considerada foi equivalente à Taxa do Sistema Especial de Liquidação e Custódia (Selic), uma vez que os principais investimentos possuem suas taxas de rendimento baseadas na mesma. Em 05/03/2023, a meta para a taxa Selic era de 13,7% ao ano (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2023).

### 3.4.4 Vida útil econômica

Para definir a vida útil econômica do ativo, que determinará o melhor período para substituição das máquinas, foi aplicado o cálculo do CAUE em todos os períodos do horizonte de planejamento (quatro anos). Ao encontrar o mínimo valor de CAUE, o período correspondente é definido como sendo o momento ótimo de substituição do equipamento, a partir de uma perspectiva econômica, ou seja, o período em que há o melhor equilíbrio entre os investimentos para aquisição e custos com manutenção e operação (CASAROTTO FILHO; KOPITTKE, 2010).

## 4 RESULTADOS

Neste tópico são apresentados todos os resultados dos cálculos necessários para desenvolvimento e análise do estudo de substituição das motoniveladoras, seguindo a sequência a seguir:

1. Custos de aquisição, manutenção e operação;
2. Depreciação e Valores residuais;
3. Cálculo do CAUE e definição da Vida Útil Econômica.

### 4.1 Custos de aquisição, manutenção e operação

De acordo com os registros encontrados no sistema ERP da empresa, o valor de aquisição de ambas as máquinas foi de R\$425.000,00. Para as adequações de segurança, os investimentos feitos foram de R\$3.900,00 em itens como adesivos e sirenes, totalizando um valor final dos ativos de R\$428.900,00.

Para determinar os custos operacionais ao longo dos quatro anos de vida útil, os valores gastos com manutenção foram divididos em dois grupos principais, sendo eles Peças e Serviços. O primeiro engloba todas as peças, lubrificantes, pneus e demais componentes utilizados para realizar as manutenções preventivas e corretivas necessárias ou compor o estoque *in-site* de peças sobressalentes. Já os valores de Serviços correspondem aos custos com manutenções e demais serviços prestados por terceiros, como por exemplo prensagem de pneus, alinhamentos de eixos e usinagem/recondicionamento de peças.

De acordo com os dados coletados, os equipamentos A e B somaram R\$1.036.901,68 em custos operacionais durante os 3 anos de operação. A evolução anual dos valores dos dois equipamentos está apresentada na Tabela 1.

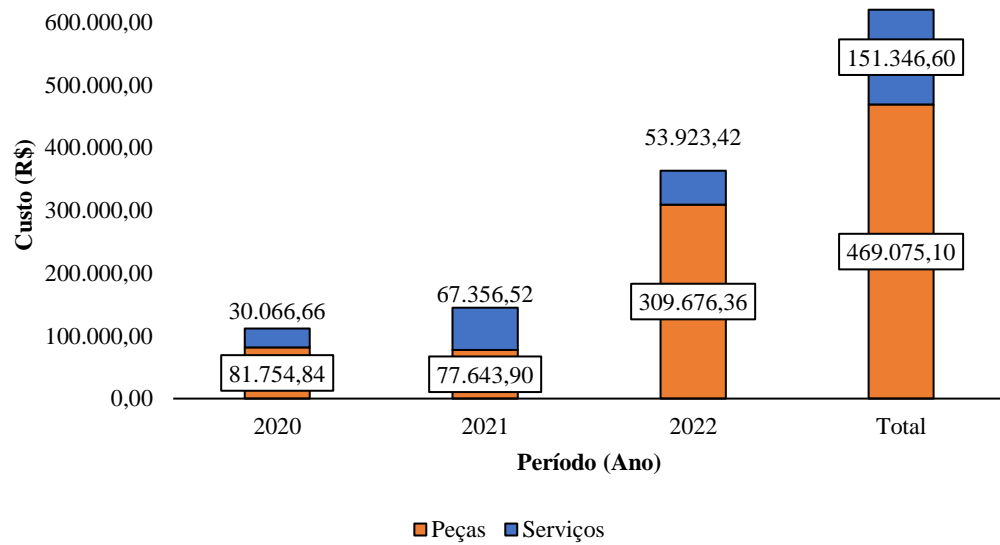
Tabela 1 – Custos operacionais dos equipamentos A e B.

Ano	2020		2021		2022		Total	
Segmentação	Peças	Serviços	Peças	Serviços	Peças	Serviços	Peças	Serviços
Custo A (R\$)	81.754,84	30.066,66	77.643,90	67.356,52	309.676,36	53.923,42	469.075,10	151.346,60
Custo B (R\$)	68.717,89	33.343,18	104.187,93	53.346,74	103.053,66	53.830,58	275.959,48	140.520,50
Total	150.472,73	63.409,84	181.831,83	120.703,26	412.730,02	107.754,00	745.034,58	291.867,10

Fonte: Autoria própria.

Para uma melhor visualização e análise do comportamento do custo operacional em cada período para ambos os equipamentos, as informações da Tabela 1 estão dispostas nas Figuras 12 e 13, apresentando os custos operacionais das máquinas A e B respectivamente, por ano e segmentação.

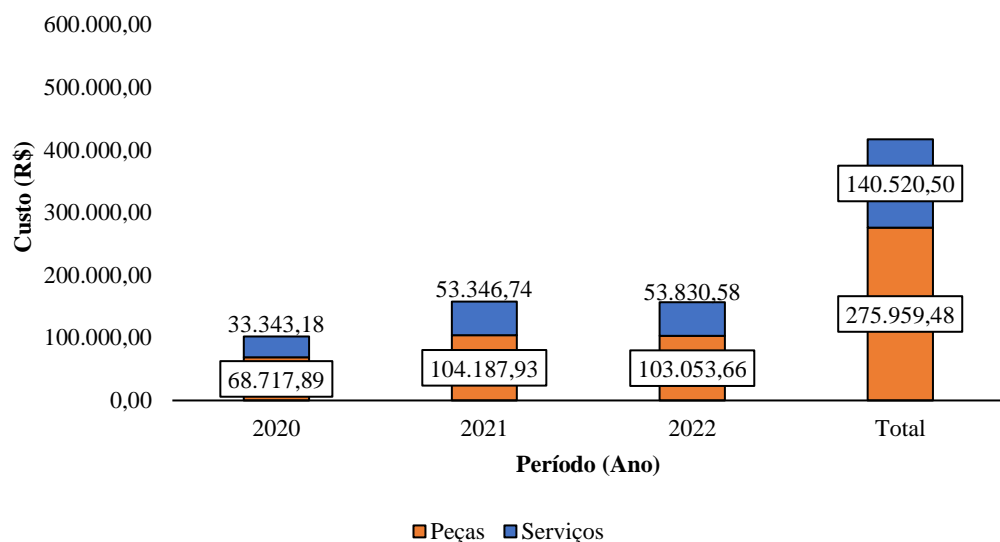
Figura 11 – Custos operacionais X ano de operação do equipamento A.



Fonte: Autoria própria.

Do total de R\$620.421,70 investidos para operação e manutenção do equipamento A, R\$469.075,10 (75,61%) correspondem à segmentação de Peças, enquanto os R\$151.346,60 (24,39%) correspondem aos Serviços aplicados no mesmo.

Figura 12 – Custos operacionais X ano de operação do equipamento B.



Fonte: Autoria própria.

Referente ao equipamento B, R\$275.959,48 (66,26%) representam os valores investidos na aquisição de Peças para as manutenções. A segmentação de Serviços somou R\$140.520,50, que correspondem aos 33,74% restantes.

Somando os custos de ambos os equipamentos, do total de R\$1.036.901,68, a segmentação Peças representou R\$745.034,58, cerca de 71,85%, enquanto a segmentação Serviços foi responsável por R\$291.867,10, com a parcela de 28,15% dos valores operacionais totais.

O equipamento A somou R\$620.421,70 durante os três anos de operação, representando 59,83% dos custos totais. Os R\$416.479,98 restantes correspondem aos valores gastos com o equipamento B, resultando na fatia de 40,17% do total. Desta forma, é possível verificar que o equipamento A gastou cerca de R\$203.941,72 a mais em comparação ao equipamento B.

Analisando as Figuras 12 e 13, é possível verificar que a diferença entre os custos do equipamento A e B se dá principalmente na segmentação de peças no ano de 2022. Enquanto o equipamento A apresentou um custo de aproximadamente R\$309.676,36, o equipamento B gastou cerca de R\$103.053,66. Neste período foi necessário trocar o eixo traseiro do equipamento A, que é um componente com grande valor de compra.

Para estimar os custos operacionais nestas segmentações durante 2023, último ano de vida útil estimada pela legislação brasileira, foi considerada a média de valores dos três períodos anteriores. As estimativas para 2023 estão apresentadas na Tabela 2:

Tabela 2 – Estimativa dos custos operacionais e de manutenção em 2023.

Segmentação	Peças	Serviços
A	156.358,37	50.448,87
B	91.986,49	46.840,17
Total	248.344,86	97.289,03

Fonte: Autoria própria.

Desta forma, considerando as segmentações de Peças e Lubrificantes, os custos estimados no período de vida útil das máquinas foram de R\$1.382.535,57, dos quais R\$993.379,44 (71,85% do total) são referentes à aquisição de peças e R\$389.156,13 (28,15% do total) correspondem aos serviços contratados. A divisão dos valores por equipamentos se encontra na Tabela 3:

Tabela 3 – Total dos custos operacionais durante os 4 anos de operação.

Segmentação	Peças	Serviços
A	625.433,47	201.795,47
B	367.945,97	187.360,67
Total	993.379,44	389.156,13

Fonte: Autoria própria.

Ao longo do período de locação, além dos custos diretos com peças e serviços para manutenção, também foram necessários dois mecânicos residentes para atendimento dos equipamentos. Em 2021, segundo o Ministério do Trabalho e Previdência (2022), a Renda Real Mensal foi de R\$2.380,26, enquanto em 2020 esse mesmo indicador foi de R\$2.244,38. O valor de 2022 foi estimado utilizando-se a mesma taxa percentual de crescimento entre 2020 e 2021. Desta forma, utilizando a Equação 2, a Renda Real Mensal considerada para os anos de 2022 e 2023 foram de R\$2.524,37 e R\$2.677,20, respectivamente. Os custos totais por ano com a mão-de-obra estão expressos na Tabela 4:

Tabela 4 – Custo com mão-de-obra interna durante o período de 2020 a 2023.

Ano	2020	2021	2022	2023
Salário Médio (R\$)	2.244,38	2.380,26	2.524,37	2.677,20
Qtde. Mecânicos (un)	2	2	2	2
Custo Total (R\$/ano)	53.865,12	57.126,24	60.584,80	62.252,74

Fonte: Autoria própria.

O cálculo dos custos totais, considerando-se as peças, serviços e mão-de-obra necessários para manutenção das máquinas está exposto na Tabela 5.

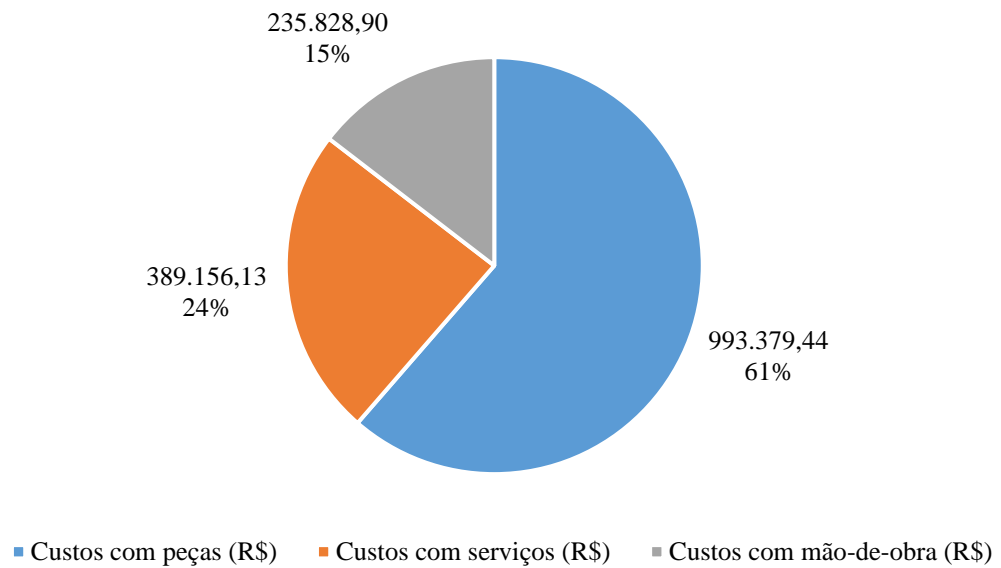
Tabela 5 – Custos operacionais totais durante o período de 2020 a 2023.

Ano	Custos com peças (R\$)	Custos com serviços (R\$)	Custos com mão-de-obra (R\$)	Custo total (R\$)
2020	150.472,73	63.409,84	53.865,12	267.747,69
2021	181.831,83	120.703,26	57.126,24	359.661,33
2022	412.730,02	107.754,00	60.584,80	581.068,82
2023	248.344,86	97.289,03	64.252,74	409.886,63
Total	993.379,44	389.156,13	235.828,90	1.618.364,47

Fonte: Autoria própria.

Apresentando as informações contidas na Tabela 5 em forma gráfica, foi possível elaborar o gráfico presente na Figura 14, contendo a comparação do custo de cada segmentação e parcela percentual do total correspondente para cada divisão:

Figura 13 – Representatividade das segmentações de custos operacionais no total.



Fonte: Autoria própria.

Analisando o gráfico presente na Figura 11, é possível identificar que os custos com peças compõem a principal segmentação dos valores totais, representando cerca de 61% dos custos operacionais e de manutenção totais, seguido pelos custos com serviços, que correspondem a 24% do total, enquanto os 15% restantes são referentes aos custos com mão-de-obra dos mecânicos internos.

#### 4.2 Depreciação e Valores residuais

Conforme registros históricos no sistema ERP utilizado pela empresa, os horímetros dos equipamentos A e B registravam 12.928h e 13.807h, respectivamente, em 18/12/2022. Sendo assim, considerando que ambos os equipamentos apontavam 0h de utilização, quando foram alugados em 18/12/2019, é possível calcular a rodagem média por dia, e assim estimar os horímetros ao fim de cada período. Tais valores estão apresentando na Tabela 6.

Tabela 6 – Estimativa dos horímetros dos equipamentos A e B desde 2019.

Ano	Equipamento A		Equipamento B	
	Rodagem média (h/dia)	Horímetro estimado ao fim do período (h)	Rodagem média (h/dia)	Horímetro estimado ao fim do período (h)
2019	11,9	154,6	12,7	2010,0
2020	11,9	4507,7	12,7	4809,8
2021	11,9	8848,9	12,7	9441,9
2022	11,9	13190,2	12,7	14074,0
2023	11,9	17531,4	12,7	18706,1

Fonte: Autoria própria.

A partir dos horímetros ao fim de cada período, é possível estimar o valor de revenda dos equipamentos através de planilha utilizada internamente pela empresa. Foram estimados os valores residuais para os quatro anos de vida útil das máquinas, que estão apresentados na Tabela 7:

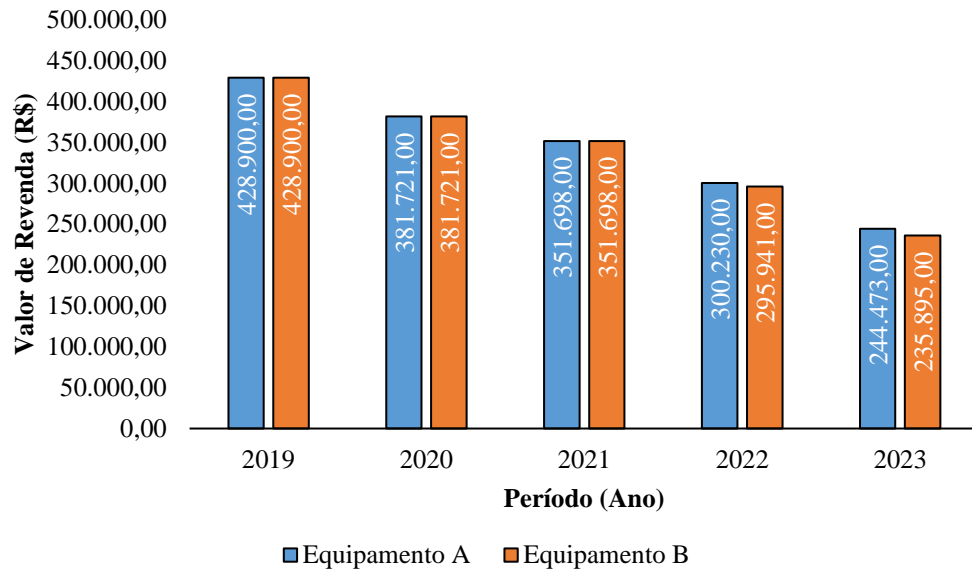
Tabela 7 – Estimativa dos valores residuais dos equipamentos ao fim de cada período.

Ano	Equipamento A		Equipamento B	
	Horímetro estimado fim do período (h)	Valor de revenda (R\$)	Horímetro estimado fim do período (h)	Valor de revenda (R\$)
2019	154,6	428.900,00	165,0	428.900,00
2020	4.507,7	381.721,00	4.809,8	381.721,00
2021	8.848,9	351.698,00	9.441,9	351.698,00
2022	13.190,2	300.230,00	14.074,0	295.941,00
2023	17.531,4	244.473,00	18.706,1	235.895,00

Fonte: Autoria própria.

É possível verificar que nos anos de 2022 e 2023 há uma diferença entre os valores de revenda dos equipamentos, que é reflexo da maior utilização do equipamento B em comparação com o equipamento A. Com o passar dos anos, a diferença de rodagem aumenta, impactando o valor de revenda das máquinas. Os valores residuais, ano a ano, estão expressos na Figura 15:

Figura 14 – Valores residuais ao fim de cada período para os equipamentos A e B.



Fonte: Autoria própria.

Desta forma, é possível determinar o custo com depreciação anual de ambas as máquinas, que estão expostos na Tabela 8.

Tabela 8 – Custo anual com depreciação para os equipamentos A e B.

Ano	Equipamento A	Equipamento B
2019	-	-
2020	47.179,00	47.179,00
2021	30.023,00	30.023,00
2022	51.468,00	55.757,00
2023	55.757,00	60.046,00

Fonte: Autoria própria.

É possível verificar que a partir do terceiro ano de utilização, os custos com depreciação tendem a aumentar, que pode ser explicado pela maior utilização dos equipamentos, e consequentemente maior desgaste das máquinas. Definidos os custos de operação, manutenção, mão-de-obra, depreciação e a Taxa Mínima de Atratividade (considerada como valor da taxa Selic), é possível calcular os Custos Anuais Uniformes Equivalentes dos equipamentos A e B para os períodos em análise.

### 4.3 Cálculo do CAUE e definição da Vida Útil Econômica

Todos os valores necessários para determinar os Custos Anuais Uniformes Equivalentes, bem como os valores finais para cada período referentes ao Equipamento A estão apresentados na Tabela 9:

Tabela 9 – Cálculo anual do CAUE para o equipamento A.

Ano	2020	2021	2022	2023
Custo Peças (R\$)	(81.754,84)	(77.643,90)	(309.676,36)	(156.358,37)
Custo Serviços (R\$)	(30.066,66)	(67.356,52)	(53.923,42)	(50.448,87)
Custo Mão de Obra (R\$)	(53.865,12)	(57.126,24)	(60.584,80)	(64.252,74)
Custo Depreciação (R\$)	(47.179,00)	(30.023,00)	(51.468,00)	(55.757,00)
Fluxo Caixa (R\$)	(212.865,62)	(232.149,66)	(475.652,58)	(326.816,97)
CAUE (R\$)	(187.216,90)	(164.090,62)	(295.877,89)	(302.192,44)

Fonte: Autoria própria.

Para o equipamento A, o CAUE com menor valor absoluto encontrado foi no ano de 2021, totalizando R\$164.090,62 no segundo período de utilização.

As mesmas informações apresentadas para o equipamento A também estão expostas para o equipamento B na Tabela 10:

Tabela 10 – Cálculo anual do CAUE para o equipamento B.

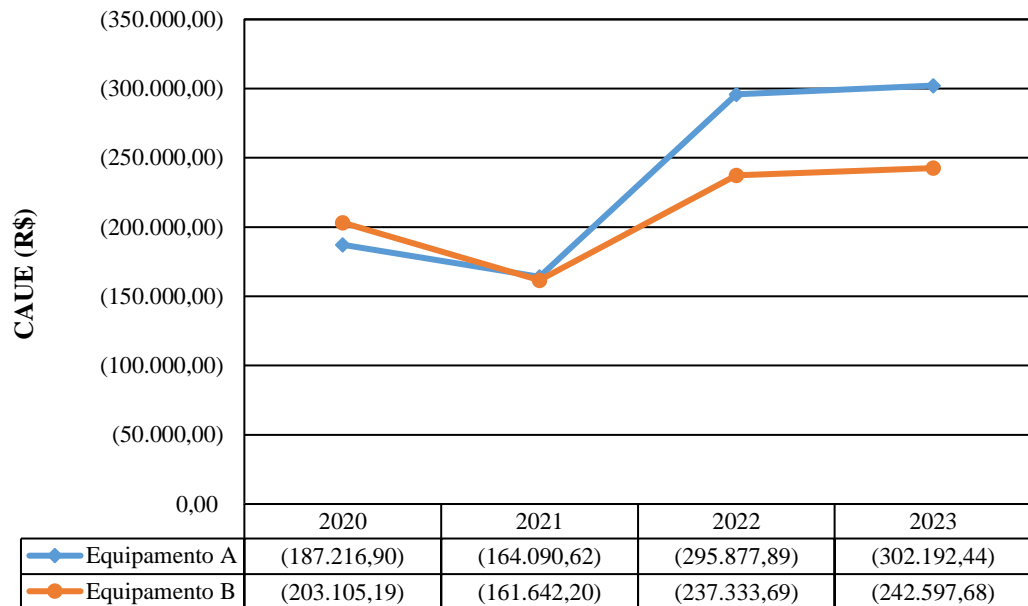
Ano	2020	2021	2022	2023
Custo Peças (R\$)	(68.717,89)	(104.187,93)	(103.053,66)	(91.986,49)
Custo Serviços (R\$)	(33.343,18)	(53.346,74)	(53.830,58)	(46.840,17)
Custo Mão de Obra (R\$)	(53.865,12)	(57.126,24)	(60.584,80)	(64.252,74)
Custo Depreciação (R\$)	(47.179,00)	(30.023,00)	(55.757,00)	(60.046,00)
Fluxo Caixa (R\$)	(203.105,19)	(244.683,91)	(273.226,04)	(263.125,40)
CAUE (R\$)	(203.105,19)	(161.642,20)	(237.333,69)	(242.597,68)

Fonte: Autoria própria.

Da mesma forma que o equipamento A, o menor valor absoluto do CAUE para o equipamento B se dá em 2021, o segundo período de utilização, totalizando CAUE de R\$161.642,20 no ano em questão.

A Figura 16 apresenta os valores do CAUE para ambos os equipamentos ao longo do período estudado:

Figura 15 – Evolução anual do CAUE dos equipamentos A e B.



Fonte: Autorial própria.

Avaliando a Figura 13, é possível verificar que, considerando um horizonte de planejamento de quatro anos, as curvas do CAUE de ambos apresentaram valores mínimos no ano de 2021, segundo ano de operação. Um fator relevante para que a substituição seja aconselhável após dois anos de utilização está no próprio conceito da metodologia do CAUE, uma vez que não são consideradas os benefícios econômicos gerados pelos equipamentos, o causando a redução da vida útil econômica dos mesmos.

Castro (2019) ainda sugere que a metodologia do CAUE seja aplicada em horizontes de planejamento maiores que 15 anos, uma vez que as máquinas já teriam atingido sua maturidade operacional e econômica. Ao tentar estimar a vida útil de uma motoniveladora, Castro (2019) não conseguiu obter informações conclusivas uma vez que os equipamentos tinham menos de cinco anos operacionais, período em que os custos são menores uma vez que os componentes dos equipamentos possuem menor nível de deterioração.

Para corroborar com tal observação feita por Castro (2019), existem equipamentos comprados há mais de dez anos e que ainda são utilizados para novas locações na empresa estudada. Além de apresentarem níveis operacionais satisfatórios, os investimentos feitos para reformar essas máquinas podem ser incorporados nos valores dos imobilizados, amenizando os efeitos da depreciação e estendendo as vidas úteis econômicas.

## 5 CONCLUSÕES

A segmentação com maior representatividade nos custos operacionais totais dos equipamentos foi a de peças, correspondendo a cerca de 61% dos valores totais, seguida por serviços de terceiros com a fatia de 24% e a parcela de 13% restante equivale aos gastos com a mão de obra interna.

Durante o período de análise, o menor CAUE encontrado se deu no segundo ano para ambos os equipamentos, caracterizando o fim de suas vidas úteis econômicas. Porém, é importante salientar que durante os quatro anos utilizados como horizonte de planejamento, as máquinas ainda não alcançaram sua maturidade. Sendo assim, é aconselhável considerar um período para análise maior do que quatro anos, desde que utilizando dados confiáveis.

Por se tratar de uma empresa de locação, é válido ressaltar que as máquinas também geram entradas de caixa, principalmente na forma de taxa do aluguel, e quando são vendidas. Desta forma, para uma análise mais completa e que apresente valores mais concretos, recomenda-se a utilização do VAUE em futuros estudos, uma vez que este engloba tanto as entradas quanto saídas de caixa.

Considerando o fim da vida útil econômica após dois anos, as máquinas devem ser substituídas ao fim de 2021 para obter os melhores resultados econômicos para a empresa, totalizando aproximadamente 8.849h e 9.942h de utilização dos equipamentos A e B, respectivamente.

O estudo reforçou a utilização do CAUE individualmente para cada ativo que terá sua vida útil econômica analisada, uma vez que os equipamentos possuem custos operacionais que variam de acordo com diversos fatores, como por exemplo utilização, condições de operação e manuseio do motorista.

## REFERÊNCIAS

ABENSUR, E. O. A substituição de bens de capital: um modelo de otimização sob a óptica da engenharia de produção. **Gestão e Produção**, vol. 22, n° 3, setembro de 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA PARA CONSTRUÇÃO E MINERAÇÃO. **Estudo SOBATEMA do mercado brasileiro de equipamentos para construção**, 2023. Disponível em: <https://www.sobratema.org.br/EstudoMercado>. Acesso em: 20 mar. 2023.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES DE CARGAS E LOGÍSTICA – NTC&Logística. **Manual de cálculo de custos e formação de preços do transporte rodoviário de cargas**. São Paulo, 2014. Disponível em <https://www.portalntc.org.br/manual-de-calculo-e-formacao-de-precos-no-transporte-rodoviario/>. Acesso em: 05 abr. 2023.

BANCO CENTRAL DO BRASIL (BCB). **Calculadora do cidadão**: resultado da correção pela poupança, 2023. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPUBLICO/corrigirPelaPoupanca.do?method=corrigirPelaPoupanca>. Acesso em: 05 abr. 2023.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Taxa Selic**, 2023. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/taxaselic>. Acesso em: 05 abr. 2023.

BLANK, Leland; TARQUIN, Anthony. **Engenharia econômica**. Tradução: José Carlos Barbosa dos Santos. 6. ed. El Paso: AMGH, 2008. Título original: Engineering Economy.

BRASIL. Superintendência da Receita Federal. **Instrução Normativa nº 1700, de 14 de Março de 2017**, dispõe sobre a determinação e o pagamento do imposto sobre a renda e da contribuição social sobre o lucro líquido das pessoas jurídicas e disciplina o tratamento tributário da Contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins no que se refere às alterações introduzidas pela Lei nº 12.973, de 13 de maio de 2014. Publicada no DOU de 16/03/2017, seção 1, página 23. Disponível em: <http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?idAto=81268>. Acesso em: 05 abr. 2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. **Painel de Informações da RAIS**, 2022. Disponível em <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYTJlODQ5MWYtYzgyMi00NDA3LWJjNjAtYjI2NThlMzViYTdlIiwidCI6IjNlYzkyOTY5LTVhNTEtNGYxOC04YWw5LWVmOThmYmFmYTk3OCJ9>. Acesso em: 05 abr. 2023.

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITTKE, Bruno Harmut. **Análise de investimentos**. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

CASE CONSTRUCTION EQUIPMENT. **Motoniveladora**: 865B, 2018. Disponível em: <https://www.casece.com/latam/pt-br/produtos/motoniveladoras/motoniveladoras/modelos/865b-series-2>. Acesso em: 27 mar. 2023.

CASTRO, Mayara Ribeiro. **Estudo da substituição de equipamentos utilizando a técnica LCC e a metodologia CAUE para definir a vida útil econômica**: o caso de uma empresa do

setor de mineração. Orientador: Washington Luís Vieira da Silva. 2019. Monografia (Graduação) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.

FELDENS, Ary Gustavo Furtado. **Sistemática para desenvolvimento de políticas de substituição de frotas de ônibus para transporte público urbano**: uma abordagem multicritério. Orientador: Cláudio José Müller. 2006. 140 f. V. 1, Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

FERREIRA, Marcelo. **Engenharia econômica descomplicada**. 1 ed. Curitiba: Intersaberes, 2017.

GIL, Antonio Carlos. Como classificar as pesquisas?. *In*: **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017. cap. 4, p. 24-41. ISBN 978-85-97-01292-7.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Inflação**, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/inflacao.php>. Acesso em: 06 abr. 2023.

INSTITUTE OF ASSET MANAGEMENT. **PAS 55-1:2008**: Specification for optimized management of physical assets. Londres, 2008.

MEZZARI, Vinicius Troian. **Avaliação de cenários para substituição de uma frota veicular na administração pública baseada na determinação da vida útil econômica**. Orientador: Marcos Alexandre Luciano. 2017. 71 f. V. 1, Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2017.

PACHECO, Lazaro Paulo. **Ponto econômico de renovação de frotas de veículos nas organizações**: um estudo de caso na Secretaria da Fazenda do Estado da Bahia IFMT/Norte, no período de 1996-2003. Monografia (Especialização em Técnicas Fazendárias) – Faculdade de Ciências Contábeis, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

RYBA, Andréa; LENZI, Ervin Kaminski; LENZI, Marcelo Kaminski. **Elementos de engenharia econômica**. 2. ed. Curitiba: Intersaberes, v.1, 2016.

SIMÕES, Danilo; CERVI, Ricardo Ghantous; FENNER, Paulo Torres. Análise da depreciação do forwarder com aplicação do custo anual uniforme equivalente. **Tekhne e Logos**, Botucatu, v. 4, 2 ago. 2013 2176-4808.

TORRES, Oswaldo Fadigas Fontes. **Fundamentos da engenharia econômica e da análise econômica de projetos**. 1 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2006.

VALENTE, Amir Mattar; NOVAES, Antonio Galvão; PASSAGLIA, Eunice; VIEIRA, Heitor. **Gerenciamento de transporte e frotas**. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

VEY, Ivan Henrique; ROSA, Robson Machado da. Utilização do Custo Anual Uniforme Equivalente na Substituição de Frota em Empresas de Transporte de Passageiros. **Revista Eletrônica de Contabilidade**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 150-173, set./nov. 2004. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/contabilidade/issue/view/315>. Acesso em: 05 abr. 2023.

WUTTKE, Régis André; SELLITTO, Miguel Afonso. Cálculo da disponibilidade e da posição na curva da banheira de uma válvula de processos petroquímico. **Revista Produção Online**, São Leopoldo, v. 8, 26 nov. 2008.