



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá

JUSSARA OLIVEIRA DA COSTA

**Análise e Aplicação de Indicadores da Manutenção em uma Empresa de Mobilidade
Urbana**

Guaratinguetá
2024

JUSSARA OLIVEIRA DA COSTA

Análise e Aplicação de Indicadores da Manutenção em uma Empresa de Mobilidade Urbana

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador (a): Prof. Dr. Messias Borges

Guaratinguetá
2024

C835a	Costa, Jussara Oliveira da Análise e aplicação de indicadores da manutenção em uma empresa de mobilidade urbana / Jussara Oliveira da Costa - Guaratinguetá, 2024. 40 f : il. Bibliografia: f. 40 Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, 2024. Orientador: Prof. Dr. Messias Borges 1. Manutenção produtiva total. 2. Máquinas - manutenção e reparos. 3. Confiabilidade (Engenharia). I. Título.

CDU 622.323

Luciana Máximo

Bibliotecária/CRB-8 3595

JUSSARA OLIVEIRA DA COSTA

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“**GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. Celso Eduardo Tuna
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Messias Borges Silva

Orientador/UNESP-FEG



Documento assinado digitalmente
MESSIAS BORGES SILVA
Data: 17/10/2024 08:11:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Eugenio Zappa Neto

UNESP-FEG



Documento assinado digitalmente
EUGENIO ZAPPA NETO
Data: 17/10/2024 20:13:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Blaha Gregory Correia dos Santos
Goussain

UNESP-FEG



Documento assinado digitalmente
BLAHA GREGORY CORREIA DOS SANTOS GOUS
Data: 18/10/2024 06:39:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

RESUMO

A gestão da manutenção é um dos assuntos com uma crescente relevância, seja no meio acadêmico, como no meio industrial, sua função exerce um controle na qualidade do produto ou serviço final distribuído. Para garantir uma disponibilidade é necessário garantir a menor quantidade de falhas nos equipamentos e para isso se faz necessário o conhecimento e práticas dos principais tipos de manutenção: preventiva, corretiva e preditiva, que são dissertadas ao longo do trabalho. Tendo em vista as práticas dos tipos de manutenção, se faz necessária a ação de quantificar a eficiência dessas práticas e essa análise é feita por meio de indicadores. O intuito desse trabalho é analisar, por meio desses indicadores, a gestão de um conjunto de ativos, analisando seus indicadores de disponibilidade inerente, confiabilidade, MTBF, MTTR e taxa de falha. As abordagens desses dados serão feitas por meio de coletas de dados fornecidos por ordens de serviços que foram extraídos do software SAP - PM e organizados por meio do Excel para os respectivos cálculos. Por meio da coleta dos dados foi possível realizar os cálculos dos indicadores e descrever de que maneira esses ativos performaram, quantidade de paradas, tempo médio que levou para o reparo, o intervalo médio de uma falha qual a confiabilidade e disponibilidade que esse ativo nos fornece. Por meio dos resultados foi possível analisar o desempenho dos ativos, onde o valor de disponibilidade não foi atingido para todos.

PALAVRAS-CHAVE: Manutenção; Indicadores; Disponibilidade; Confiabilidade.

ABSTRACT

This work is an analysis of Maintenance Management through the main maintenance indicators. Maintenance management is one of the subjects with increasing relevance, whether in academic or industrial environments, its function controls the quality of the final product or service distributed. To guarantee availability, it is necessary to guarantee the lowest number of equipment failures. This requires knowledge and practices of the main types of maintenance: preventive, corrective and predictive, which are discussed throughout the work. Taking into account the types of maintenance practices, the action is taken to quantify the efficiency of these practices, and this analysis is done through indicators. The aim of this work is to analyze, through these indicators, the management of a set of assets, analyzing their indicators of inherent availability, reliability, MTBF, MTTR and failure rate. These data will be approached by collecting data provided by service orders that were extracted from the SAP - PM software and organized using Excel for the respective calculations. Through data collection, it was possible to calculate the reported indicators and through them describe how these assets performed, number of stops, average time taken for repair, the average interval of a failure, what reliability and availability this asset provides us. Having the results of the object of study, it is possible to analyze the main points of improvement and possible future management actions, so that you can have more satisfactory results.

KEYWORDS: Maintenance; Indicators; Availability; Reliability; MTBF;MTTR.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação de MTBF e MTTR.....	17
Figura2 - Curva da banheira	19
Figura 3 - Relação de disponibilidade com MTBF e MTTR.....	20
Figura 4 - Tela SAP PM abertura de ordem de serviço	21
Figura 5 – Gráfico horas disponíveis Ativo TU.1	25
Figura 6 - Gráfico horas disponíveis Ativo TU.2.....	25
Figura 7 – Gráfico horas disponíveis Ativo TU.3.....	26
Figura 8 – Comparação dos ativos em horas disponíveis.....	26
Figura 9 - Média anual de horas disponíveis e horas paradas.....	27
Figura 10 - MTBF Ativo TU.1	30
Figura 11 - MTBF Ativo TU.2	31
Figura 12 - MTBF Ativo TU.3	32
Figura 13 - MTBF dos ativos TU.1, TU.2 e TU.3	32
Figura 14 - Média anual do MTBF do TU.1, TU.2 e TU.3.....	33
Figura 15 - Disponibilidade ativo TU.1	34
Figura 16 - Disponibilidade ativo TU.2.	35
Figura 17 - Disponibilidade ativo TU.3.	35
Figura 18 - Disponibilidade mensal dos ativos	36
Figura 19 – Média anual de disponibilidade dos ativos	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Horas disponíveis.	23
Tabela 2 – Horas disponíveis Ativo TU.1	24
Tabela 3 – Horas disponíveis Ativo TU.2	24
Tabela 4 – Horas disponíveis Ativo TU.3	24
Tabela 5 – Ativo TU.1 calculo indicadores	29
Tabela 6 – Ativo TU.2 calculo indicadores	29
Tabela 7 – Ativo TU.3 calculo indicadores	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MTBF	Mean Time Between Failures – Tempo Médio Entre Falhas
MTTR	Mean Time To Repair – Tempo Médio De Reparo
SAP PM	Plant Maintenance
TU.1	Transporte Urbano 1
TU.2	Transporte Urbano 2
TU.3	Transporte Urbano 3

LISTA DE SÍMBOLOS

λ Taxa de falha

$R(t)$ Confiabilidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	12
1.2	OBJETIVOS GERAIS	12
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1.4	JUSTIFICATIVA.....	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	SURGIMENTO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL	13
2.2	ATUALIDADE DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL	14
2.3	TIPOS DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL.....	15
2.3.1	Manutenção Corretiva	15
2.3.2	Manutenção Preventiva	15
2.3.3	Manutenção Preditiva	16
2.4	INDICADORES DE DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO	16
2.4.1	MTBF – Mean Time Between Failures – Tempo Médio Entre Falhas	17
2.4.2	MTTR – Mean Time To Repair - Tempo Médio De Reparo	17
2.4.3	Taxa de Falha	18
2.4.4	Confiabilidade	19
2.4.5	Disponibilidade Inerente	20
3	ESTUDO DE CASO	21
3.1	METODOLOGIA	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
6	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Por muitas vezes sendo tratada apenas como “mal necessário”, a manutenção vem sendo um dos assuntos com uma crescente relevância estudada em disciplinas de engenharia, e aplicadas nas principais empresas, que buscam estudar diferentes maneiras de otimização de processos, de forma a garantir uma gestão da manutenção efetiva que preza por estabelecer seus resultados através de indicadores que possam assegurar seus resultados usando da confiabilidade para garantir a disponibilidade dos seus ativos e entrega dos serviços prestados (KARDEC, A; NASCIF, J, 2009).

Antigamente adotada como uma solução pontual, a manutenção passou de ser um recurso corretivo para desempenhar um papel mais analítico, com aplicação de estudos e métodos já estudados e implementados em grandes indústrias, controle e coleta de dados dos ativos e serviços, e preventivo, sendo estabelecido períodos em que esses ativos serão inspecionados com a intenção de identificar possíveis falhas e garantir segurança (OLIVEIRA, 2013).

No presente cenário, o conceito de manutenção foi ganhando outros critérios que não sejam só técnicos ou corretivos, mas incorporou definições que antes não eram considerados tão importantes, reformulando o conceito de disponibilidade, englobando aspectos que prezam pela segurança do mantenedor, cumprimento das normas regulamentadoras e exercício de atividades que impactam minimamente o meio ambiente, garantindo o menor custo possível (SIQUEIRA, 2014).

Existe um vasto material literário que possibilita o conhecimento dos indicadores, seus métodos e melhores abordagens para um determinado objetivo, a melhor escolha dos indicadores que permitem tomar decisões mais estratégicas e inteligentes. A escolha da abordagem que será mais eficiente é o ponto inicial para se desenvolver e estabelecer um processo mais eficiente e, com a adesão de determinados indicadores, será possível obter resultados que visam esclarecer os principais pontos de deficiência e apontamentos de melhoria na gestão da manutenção.

Segundo Kardec e Nascif (2009) essa nova perspectiva na manutenção surge com essa nova postura mais competitiva no cenário atual, onde a economia e as mudanças acontecem de maneira veloz, e a manutenção faz parte desse cenário produtivo sendo um agente vivo e responsável por garantir a competitividade.

1.2 OBJETIVOS GERAIS

Mostrar de maneira geral os principais tipos de manutenção e a aplicação de indicadores de confiabilidade e disponibilidade para a gestão de ativos de uma empresa de mobilidade urbana.

1.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Analisar os dados de três ativos que foram extraídos do software SAP-PM fornecidos pela empresa com a finalidade calcular os principais indicadores de manutenção. Após os resultados, realizar uma análise quantitativa e qualitativa dos resultados obtidos e verificar se a meta de 90% de disponibilidade foi atingida.

1.4 JUSTIFICATIVA

Toda empresa prestadora de serviço necessita ter um gerenciamento no setor da manutenção para garantir, de forma estratégica, os melhores resultados de maneira confiável. A presente análise tem como justificativa analisar de forma qualitativa e quantitativa os impactos dos indicadores da manutenção e a sua importância no aumento da produtividade e eficiência em uma empresa. De forma a assegurar, com o auxílio dessas ferramentas, a qualidade dos serviços fornecidos, e aumentar a confiabilidade e disponibilidade desses ativos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 SURGIMENTO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

O termo de manutenção que temos mais estruturados nos dias de hoje se difere muito do conceito de manutenção que surgiu no começo dos primeiros instrumentos de produção. O conceito primário do início da atividade industrial, onde o foco na produção era mais artesanal e de baixa escala, não estava intrinsicamente atrelado ao total desempenho e não requeria tanta habilidade de manutenção, visto que era o próprio operário que realizava pequenos ajustes, como lubrificação e limpezas, quando surgia algum empecilho na produção. Essa fase é denominada Pré-Revolução Industrial, onde não era necessário se ter uma equipe especializada para a manutenção. (KARDEC, A; NASCIF, J, 2009).

De acordo com Siqueira (2014) e Viana (2002), com o aumento da demanda e dos meios de produção, se viu crescer na indústria um aumento de produção e aumento na complexidade das máquinas, que passou a exigir mudanças para que fosse necessário suprir a demanda crescente. Com o aumento da produção e da complexidade das máquinas, surgiu então a necessidade de mão de obra qualificada para operar essas novas máquinas. Dado essa nova complexidade, as funções passam a se diferenciar mais: é preciso alguém com a capacidade para o manuseio e operação dessas máquinas, como também alguém que tenha outro tipo de habilidade para que sejam realizados reparos mais sofisticados do que apenas lubrificação e limpeza. Essa fase é chamada de Revolução Industrial, onde nossos meios de produções passam a crescer na complexidade ao passo que crescem os surgimentos de novas tecnologias.

Ainda segundo Viana (2002), o período de 1940 a 1960, momento a partir da Segunda Guerra Mundial, é exponencial o crescimento industrial e intelectual. Nesse período se observa crescente demanda na quantidade de variedade de produtos e um aumento na mecanização dessa produção, pois grande parte da mão de obra foi descolado para as zonas de confronto.

Ainda dentro dessa exponencial crescente e o aumento da demanda para a produção industrial, se faz necessário que haja maior disponibilidade desse maquinário para garantir que a produção não seja interrompida. Tendo em vista esse pensamento, é notório que quanto maior o tempo de disponibilidade de uma máquina, maior será a produção, ou seja, evitar possíveis falhas faz com que a produção seja interrompida menos vezes. Essa nova forma de pensar deu origem ao que hoje conhecemos como o conceito de manutenção preventiva (FALCÃO, 2021).

Com isso, o custo da manutenção se elevou e o capital investido para garantir a disponibilidade dessas máquinas também teve um aumento e a partir disso houve um maior

interesse em como aumentar a vida útil desses itens (SANTOS, 2019).

Essa explosão no crescimento industrial e o crescimento da automatização mostrou o quanto a disponibilidade e a confiabilidade eram pontos cruciais para se manter a produção em grande escala e com qualidade VIANA (2002). Porém, maior produção significa também maior surgimento de falhas e consequentemente maiores acidentes, colocando em risco a segurança do operador e o meio ambiente. Por volta dos anos 70, essas consequências passaram a ser encaradas como um assunto relevante, aumentando as exigências de segurança e cuidado com o meio ambiente (SIQUEIRA, 2014).

2.2 ATUALIDADE DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Com todo o conceito e estruturação do que é manutenção, os desafios anteriores ainda são obstáculos crescentes, com o aumento da produção industrial há o aumento da competitividade e eleva a competição por estar à frente nesse cenário. Os conceitos de disponibilidade e confiabilidade ganham cada vez mais força. A disponibilidade é uma das medidas de performance mais importantes na manutenção, senão a mais importante (MOSCONI, 2021).

Para que esses dois pilares da manutenção permaneçam sólidos, a postura em relação às novas exigências da globalização deve ser empregada de maneira sistêmica, de modo a se tornar o DNA desse processo produtivo, sendo a atividade fundamental o compromisso com a segurança, saúde e meio ambiente. Esses compromissos caminham de lado aos desafios da manutenção, se um deles atingir o padrão conhecido como: World Class Maintenance (WCM) — ou Manutenção de Classe Mundial (LAMEIRINHAS, 2023).

A Manutenção de Classe Mundial é um novo patamar nesse setor onde existem alguns pilares fundamentais que ditam os principais parâmetros que uma empresa deve atingir para garantir esse “selo”. Alguns desses pilares são: produtividade, custo, moral, confiabilidade, qualidade, segurança, meio ambiente e saúde (LAMEIRINHAS, 2023).

2.3 TIPOS DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Sendo a manutenção um dos pilares do processo produtivo, de forma a organizar e direcionar suas ações, divide-se a manutenção em (SIQUEIRA, 2014):

2.3.1 Manutenção Corretiva

De acordo como os autores Siqueira (2014) e Gil Branco (2016), a manutenção corretiva tem a finalidade de executar o reparo imediato, por muitas vezes não programado, que acaba ocasionando gastos não planejados e maiores tempos de parada na produção, perda na qualidade do produto e maiores prejuízos, visto que aconteceu de maneira não esperada. Esse tipo de manutenção é ainda a que ocorre com maior frequência.

A frequência excessiva dessa atividade não planejada pode indicar que existem algumas divergências em relação ao desempenho daquele ativo e/ou uma gestão não muito efetiva.

Vale ressaltar que a manutenção corretiva que foi planejada também tem a função de corrigir falhas no ativo, mas a sua parada é definida de modo gerencial, ou seja, é feito seu planejamento prévio (GIL BRANCO, 2016).

2.3.2 Manutenção Preventiva

De acordo como Teles (2017), a manutenção preventiva obedece a um padrão de parada, ou seja, obedece a um sistema de parada com a finalidade de prever ou prevenir antes que ocorra a falha. Para se obter informações de qual seria a melhor periodicidade para a realização da manutenção preventiva, é importante ler os dados do fornecedor daquele equipamento. Mas nem sempre isso é possível, pois a grande maioria dos fornecedores não disponibiliza essa informação de maneira clara.

Uma das estratégias para definir um melhor período de manutenção preventiva é pela estratégia de observação do ambiente onde esse ativo trabalha, o tempo em que ele fica executando aquela função e o tempo de outros ativos similares. Todos esses parâmetros influenciam na decisão de quanto em quanto tempo vai ser programado o tempo de parada para a execução da preventiva.

A manutenção preventiva permite observar a funcionalidade e garantir melhor segurança para o gestor sobre aquele ativo em desempenhar seu papel com mais previsibilidade, podendo planejar atuações, seja de reparo ou troca do equipamento, de maneira planejada e com mais

confiança (SANTOS, 2019).

2.3.3 Manutenção Preditiva

De acordo como o Teles (2017), a manutenção preditiva faz um acompanhamento das condições ou desempenhos de um ativo. Esse tipo de manutenção é realizado com o acompanhamento de parâmetros na operação contínua do ativo, feito por meio de medições de vibrações, temperatura, vazão, pressão e outros parâmetros que sejam convenientes de serem monitorados. Essa estratégia de manutenção faz uma “predição” de possíveis falhas, possibilitando a atuação de reparo antes que ocorra alguma falha maior.

Com o monitoramento contínuo na manutenção preventiva é possível realizar menos intervenções e paradas no ativo, garante melhor segurança para a gestão como para o mantenedor, prevenindo falhas que podem ocasionar acidentes.

2.4 INDICADORES DE DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO

Um dos principais desafios dos gestores de manutenção é encontrar estratégias e ferramentas eficientes que analisem e tragam resultados de maneira coerente para a atividade executada. Não basta somente executar diferentes tipos, é necessário ter parâmetros que mostrem que as diretrizes de gestão e gastos com a manutenção são eficientes ou não, e por meio disso buscar novas formas de se atualizar e melhorar os resultados. Essa necessidade de obter resultados analíticos é feita com o emprego de indicadores de desempenho e ferramentas de qualidade, que vão fornecer ao gestor um panorama sobre o desempenho do ativo e das atividades realizadas (SANTOS, 2019).

O indicador adequado para cada gestão condiz com o tipo de atividade e a visão estratégica que se deseja analisar. Existem diferentes tipos de indicadores e métodos que auxiliam na visão estratégica de uma atividade. Para esse trabalho serão apresentadas somente algumas que fazem sentido para a análise proposta.

2.4.1 MTBF – Mean Time Between Failures – Tempo Médio Entre Falhas

Segundo Gil Branco (2016) o indicador MTBF descreve o tempo médio de ocorrência de uma falha e outra.

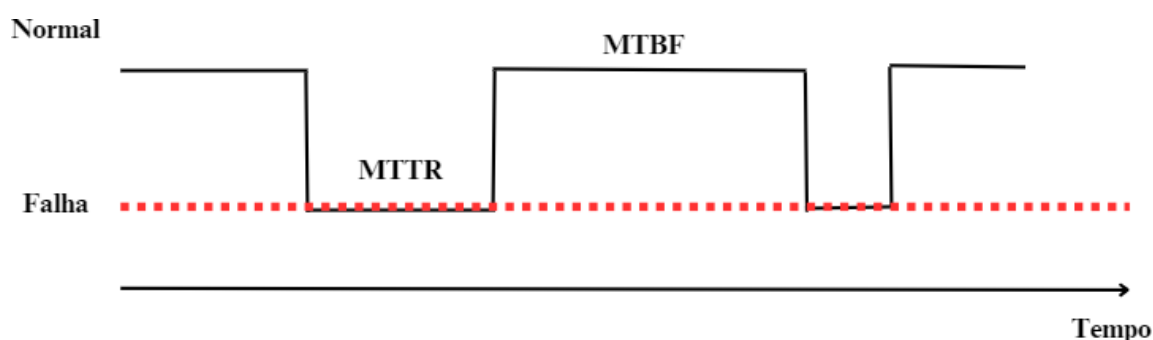
O MTBF pode ser calculado de várias maneiras, uma equação (1) de calcular, segundo o autor Teles (2017) é:

$$MTBF = \frac{\text{Somatório das horas de trabalho em bom funcionamento}}{\text{Número Falhas Funcionais}} \quad (1)$$

2.4.2 MTTR – Mean Time To Repair - Tempo Médio De Reparo

O indicador de MTTR descreve o tempo médio em que é executado um reparo, esse tempo equivale a quantidade de horas em que o ativo ficou indisponível, ou seja, em reparo (GIL BRANCO, 2016). Conforme mostrado na figura 1.

Figura 1 - Relação de MTBF e MTTR



Fonte: Próprio autor

Esse indicador serve de parâmetro para avaliar o desempenho da equipe de mantenedores, sendo que o menor valor obtido de MTTR indica que o ativo ficou menos tempo disponível (TELES, 2017).

Não há um valor teórico certo para se considerar um MTTR bom ou ruim, pois seu

resultado deve ser analisado levando em consideração todos os parâmetros desde a notificação da falha até o conserto, sendo que esse processo é diferente para cada momento, tipo de falha e equipe que irá atuar no reparo (GIL BRANCO 2016).

O cálculo do MTTR, segundo o autor Teles (2017) pode ser calculado pela equação (2):

$$MTTR = \frac{\text{Somatório dos Tempos de Reparo das Falhas Funcionais}}{\text{Número de intervenções realizadas}} \quad (2)$$

2.4.3 Taxa de Falha

A taxa de falhas, de acordo com o autor Lafraia (2006), é a frequência de uma falha vir a ocorrer para um dado intervalo de tempo, ou seja, é o percentual de que um equipamento se encontra indisponível.

Esse indicador é usualmente representado pela letra grega lambda (λ) e é matematicamente o inverso do indicador de MTBF, F, quando se utiliza ou se adota, para efeito de simplificação, uma distribuição exponencial (CALIXTO,2019), como na equação (3):

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (3)$$

Com a taxa de falha é possível localizar na Curva da Banheira em qual fase da vida útil esse ativo se encontra.

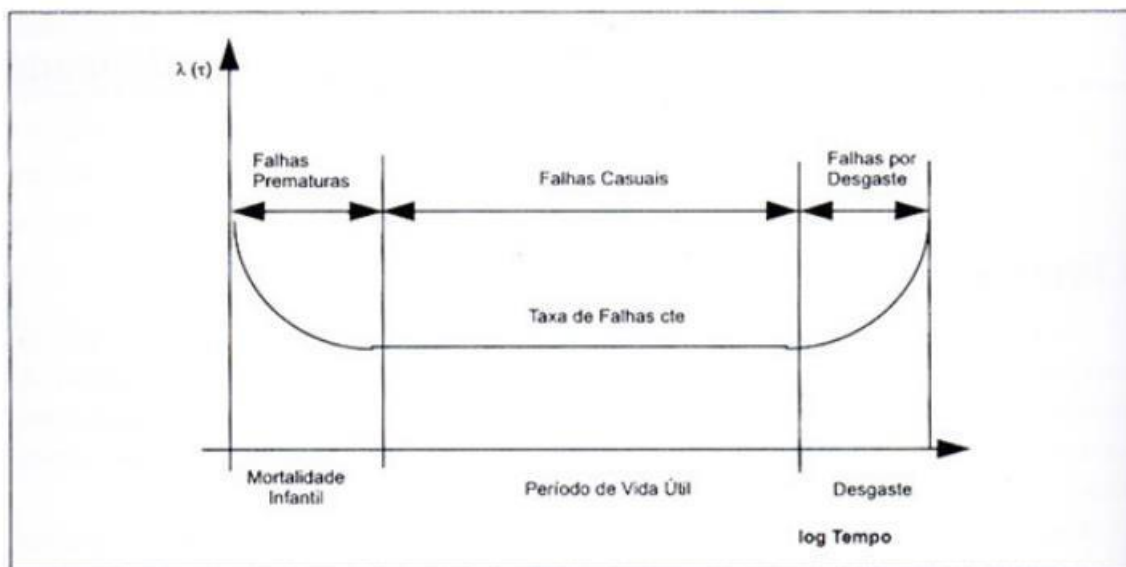
Do gráfico da curva da banheira, na figura 2, é possível identificar três divisões separada por períodos, Mortalidade Infantil, Período de Vida Útil e Período de Desgaste (LAFRAIA 2006).

Mortalidade Infantil são as falhas prematuras, ou seja, são falhas derivadas de possíveis problemas de qualidade de fabricação ou erros de projeto. Momento de taxa de falha decrescente (LAFRAIA 2006).

Período de Vida Útil corresponde a falhas aleatórias, que podem ter origem ou não de erros humanos. Momento de taxa onde a taxa de falha é constante (LAFRAIA 2006).

Período de Desgaste começa quando ocorre o início do fim da vida útil. Momento em que a taxa de falha é crescente devido ao envelhecimento e desgastes contínuos (LAFRAIA 2006). Conforme ilustrado na figura 2:

Figura 2 - Curva da banheira



Fonte: Lafraia p.16

2.4.4 Confiabilidade

O indicador de Confiabilidade mede a garantia de um equipamento operar continuamente sem ocorrência de falhas ou interrupções não programadas. É medida pela taxa de falhas, tempo médio entre falhas, tempo médio de reparo e outros indicadores. Quanto maior o valor obtido do cálculo de confiabilidade maior será a disponibilidade do ativo. Esse indicador é sempre atrelado a um intervalo de tempo (MOSCONI, 2021).

O cálculo de confiabilidade, embora possua outras equações de acordo com as curvas de distribuições que melhor se ajustem aos conjuntos de dados do objeto a ser estudado, (CALIXTO, 2019), mas para efeitos de simplificação, neste trabalho, manteve-se a curva exponencial, utilizado, segundo Teles (2017), a equação (4):

$$R(t) = e^{-\lambda.t} \quad (4)$$

2.4.5 Disponibilidade Inerente

Segundo Teles (2017), o indicador de Disponibilidade Inerente mede a capacidade de um ativo de se manter operacional sem ocorrências de falhas ou panes. Esse indicador ajuda o gestor a avaliar como está o andamento da manutenção e da operação dos seus ativos, sendo que, quanto maior a disponibilidade, demonstra-se que aqueles ativos se mantêm produzindo por um maior tempo sem interrupções.

Disponibilidade é um dos indicadores mais relevantes, pois ele fornece essa visão global da operação e por meio dele é possível tomar as melhores estratégias de manutenção, sempre avaliando o tempo de disponibilidade do ativo.

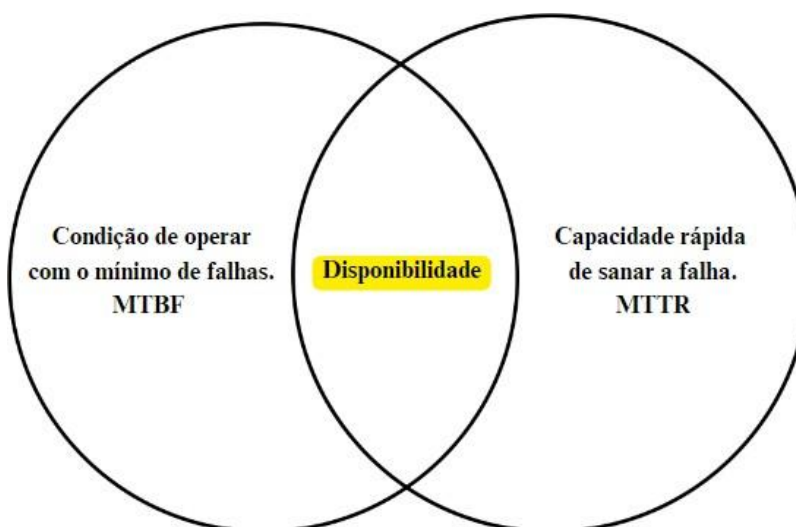
Os indicadores de confiabilidade e disponibilidade são semelhantes, mas se diferem pelo fato de o indicador de disponibilidade medir se aquele ativo está em condições de suas funções sem parar por danos, já a confiabilidade mede a capacidade e a confiança de operação daquele ativo (TELES, 2017).

O cálculo de disponibilidade, segundo o autor Teles (2019), como na equação (5):

$$\% \text{ Disponibilidade} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100 (\%) \quad (5)$$

O indicador de disponibilidade é obtido pela relação de tempo médio entre uma falha e outra e o tempo médio de reparo entre uma falha e outra, conforme ilustrado na figura 3.

Figura 3 - Relação de disponibilidade com MTBF e MTTR



Fonte: Próprio autor

3 ESTUDO DE CASO

3.1 METODOLOGIA

O estudo de caso analisado no presente trabalho se faz com o estudo e análise de uma amostra de dados de operação de três principais ativos de uma empresa de mobilidade urbana, que presta serviço diretamente a consumidores de uma grande metrópole.

Os dados apresentados são dados mascarados, ou seja, eles representam uma parcela estimada das informações. Essa ação é necessária para manter a privacidade dos dados da empresa em sigilo, não sendo necessariamente relevante utilizar os valores na íntegra. Os dados estimados fornecidos contêm próxima estimativa em relação aos dados integrais, sendo esses suficientes para realizar as análises desse trabalho.

Os dados fornecidos foram coletados com o uso de um software muito usado por grandes empresas para gestão e controle da manutenção: SAP PM - Plant Maintenance. Esse software é destinado às atividades diárias da manutenção e por meio dele é realizado as aberturas de ordens de serviços onde são descritas as atividades, avisos, manutenção preventiva, manutenção corretiva, inserido dados de horas trabalhadas, entre outras informações, sendo essa uma das principais ferramentas no auxílio da gestão da manutenção. A figura 4 mostra uma das páginas de abertura de ordem de serviço pelo SAP PM.

Figura 4 -Tela SAP PM abertura de ordem de serviço

Modificar ordens PM: seleção de ordens

Receptor de apropriação de custos MAP

Status da ordem

☒ pendente ☒ em procmt ☐ encerrado ☐ histórico Esq.seleção End. ✖

Seleção de ordens

Ordem		até		
Tipo de ordem		até		
Local de instalação		até		
Equipamento		até		
Material		até		
Nº de série		até		
Dds.adics.dispos.		até		
Nota		até		
Centro trab.respons.		até		
Centro p/cen.trab.		até		
Período		até		
Parceiro				
Moeda				

Fonte: Próprio autor

Define-se ativos de estudo o equipamento de transporte que é primordial para a operação dessa empresa. Esses ativos desempenham o papel de transporte de um grande volume diário de pessoas todos os dias, por 20 horas ininterruptas, tendo um percurso de aproximadamente 30 km de um ponto ao outro, ou seja, de um primeiro embarque para o último desembarque.

Nesse estudo será dada atenção às informações de tempo disponível de operação desse ativo sem interrupções e com interrupções, no período de um ano. Sendo considerada uma quantidade de 600 horas ao longo de 30 dias, por 20 horas de atividade por dia.

Como esse trabalho tem o intuito de analisar os dados apresentados por essa empresa, a fim de obter valores por meio de alguns indicadores de manutenção apresentados anteriormente, com a finalidade de observar a capacidade e eficiência não só do objeto de estudo, o ativo em si, mas como é realizada a gestão da manutenção dessa empresa, prezando pelas melhores práticas e resultados, em como essa gestão pode tomar decisões complementares para a melhoria contínua.

Alguns parâmetros de desempenho são fornecidos e serão apresentados. Esses parâmetros são metas mensais e anuais que estabelecem se o desempenho mínimo foi alcançado. Essas metas são importantes, pois seus resultados implicam diretamente na avaliação de como está sendo realizada a gestão da manutenção desse ativo, implicando também em justificativas para um possível aumento no orçamento, se caso o desempenho for atingido e se caso não atingindo, uma justificativa cabível para resultados inferiores.

Para seguir com objetivo do trabalho não serão abordados temas como os custos da manutenção envolvidos, perdas por tempo parado, ganhos financeiros, volume diário de pessoas transportadas ou demais assuntos que seriam relevantes para uma análise mais completa, deixando assim aberto o estudo desses dados para trabalhos posteriores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados de horas de operação do ativo apresentados são referentes ao período de 2022. Por meio de ordens de serviços abertas pelo mantenedor no software SAP – PM, foram inseridos dados de sua atividade e sendo possível realizar a extração desses valores.

As horas disponíveis e a quantidade de paradas ao longo dos meses de 2022 foram fornecidos pela empresa. A quantidade de paradas é referente a quantas vezes, dentro do período de um mês (30 dias), onde houve interrupção na operação.

O valor de dias disponíveis é obtido pela divisão do valor de horas disponíveis pela quantidade de horas em que o ativo opera por dia, ou seja, 20 horas. Como na equação (6):

$$\text{Dias Disponíveis} = \frac{\text{horas disponíveis}}{20 \text{ horas}} \quad (6)$$

Na tabela 1 é mostrada a quantidade de horas disponíveis que os ativos operam por dia, 20 horas, e a quantidade de horas totais de operação no mês, ou seja, 600 horas.

Tabela 1 - Horas disponíveis

Hora Disponível no mês	600
Horas Disponível no dia	20

Fonte: Próprio autor

O valor de horas paradas se refere ao quantitativo de horas em que o ativo ficou indisponível, ou seja, é a diferença da quantidade de horas trabalhadas no mês (30 dias) pela quantidade de horas disponíveis, apresentado na equação (7):

$$\text{Horas Paradas} = 600 \text{ horas} - \text{horas disponíveis} \quad (7)$$

Nos dados das tabelas 1, 2 e 3, referente aos ativos TU.1, TU.2 e TU.3 é possível visualizar a quantidade de horas disponíveis por mês e observar se os ativos se aproximaram da hora de operação mensal sem interrupções.

Tabela 2 – Horas disponíveis Ativo TU.1

TU.2	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Horas Disp	583	506	533	596	523	560	540	579	600	599	495	532
Dias Disp	29,2	25,3	26,7	29,8	26,2	28,0	27,0	29,0	30,0	30,0	24,8	26,6
Horas Paradas	17,0	94,0	67,0	4,0	77,0	40,0	60,0	21,0	0,0	1,0	105,0	68,0
Quant de Paradas	3	3	3	2	6	10	1	20	1	2	10	3

Fonte: Próprio autor

Tabela 3 - Horas disponíveis Ativo TU.2

TU.2	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Horas Disp	569	523	500	598	535	600	594	579	588	536	579	599
Dias Disp	28,5	26,2	25,0	29,9	26,8	30,0	29,7	29,0	29,4	26,8	29,0	30,0
Horas Paradas	31,0	77,0	100,0	2,0	65,0	0,0	6,0	21,0	12,0	64,0	21,0	1,0
Quant de Paradas	5	6	9	7	15	1	1	5	6	16	5	3

Fonte: Próprio autor

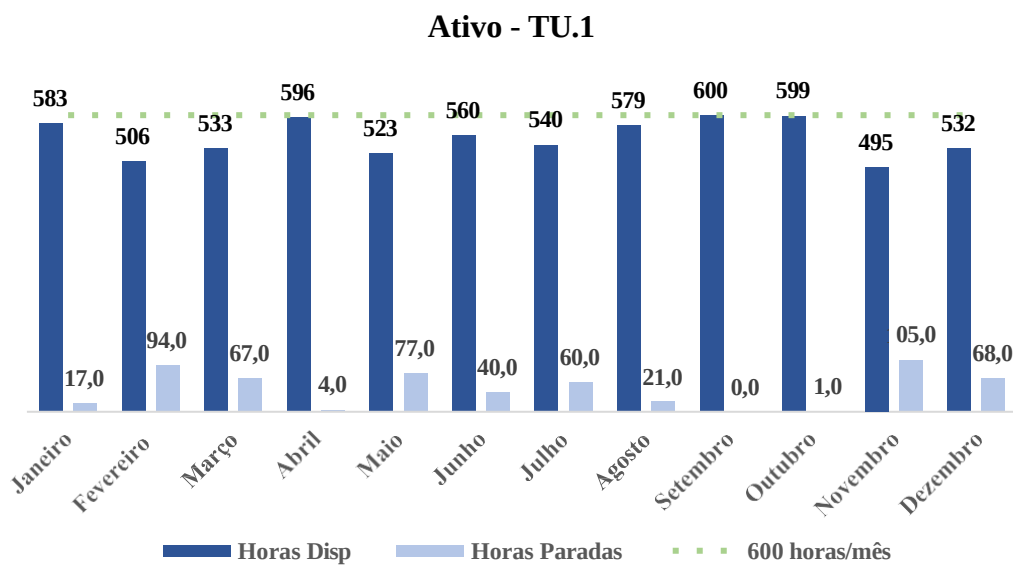
Tabela 4 - Horas disponíveis Ativo TU.3

TU.2	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Horas Disp	536	540	500	539	535	532	598	520	455	496	510	540
Dias Disp	26,8	27,0	25,0	27,0	26,8	26,6	29,9	26,0	22,8	24,8	25,5	27,0
Horas Paradas	64,0	60,0	100,0	61,0	65,0	68,0	2,0	80,0	145,0	104,0	90,0	60,0
Quant de Paradas	9	7	9	4	5	5	1	1	19	12	10	1

Fonte: Próprio autor

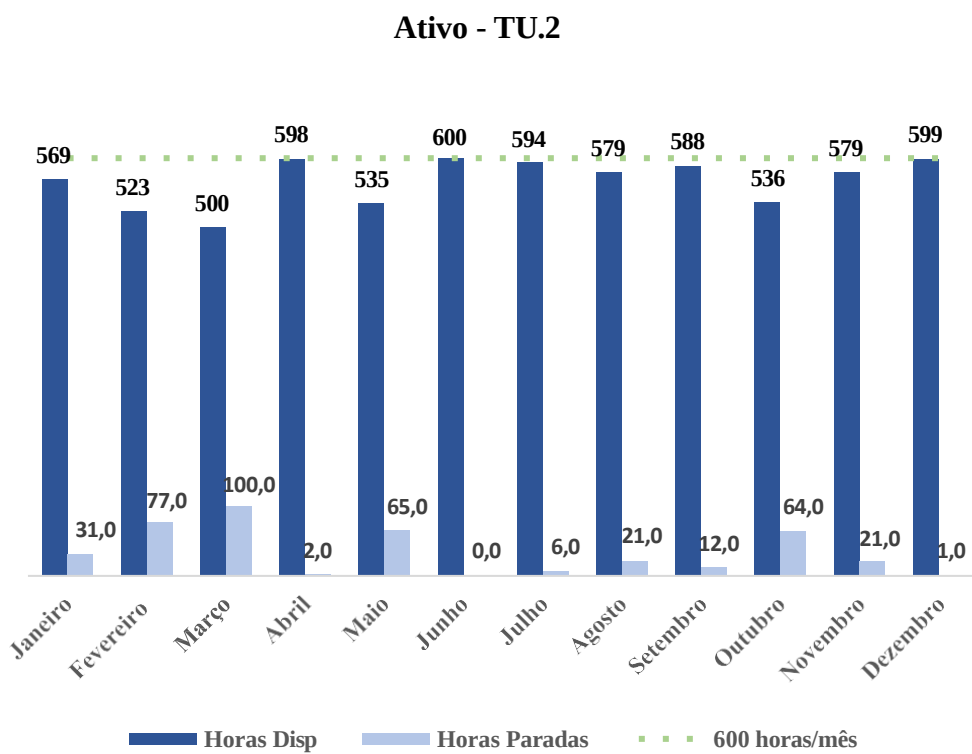
Nos dados das tabelas 2, 3 e 4 é apresentado os gráficos das figuras 5, 6 e 7 dos valores de horas disponíveis em relação a horas paradas ao longo de 2022.

Figura 5 –Gráfico horas disponíveis Ativo TU.1



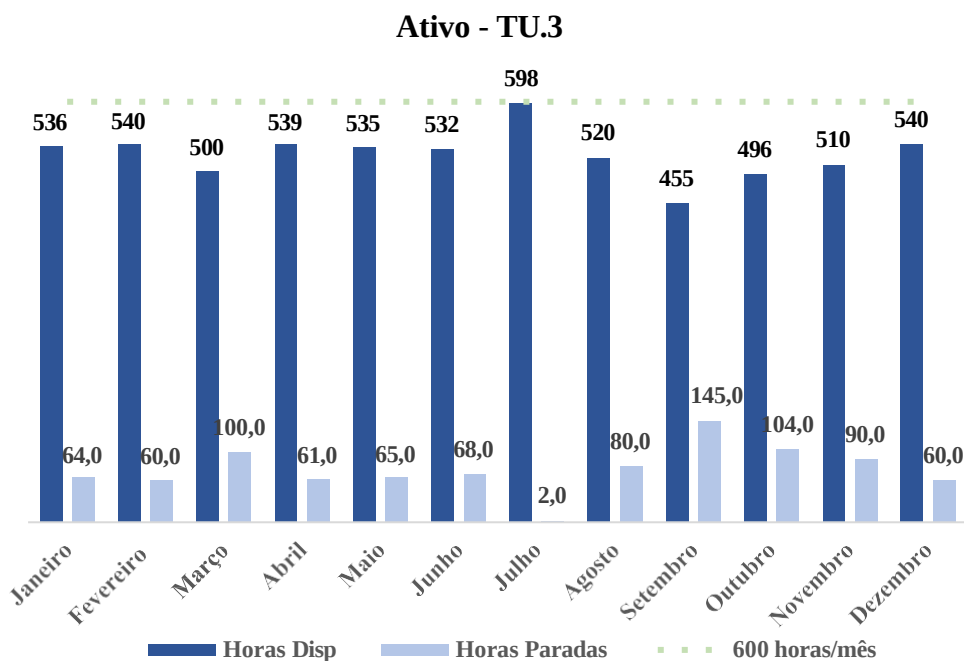
Fonte: Próprio autor

Figura 6 –Gráfico horas disponíveis Ativo TU.2



Fonte: Próprio autor

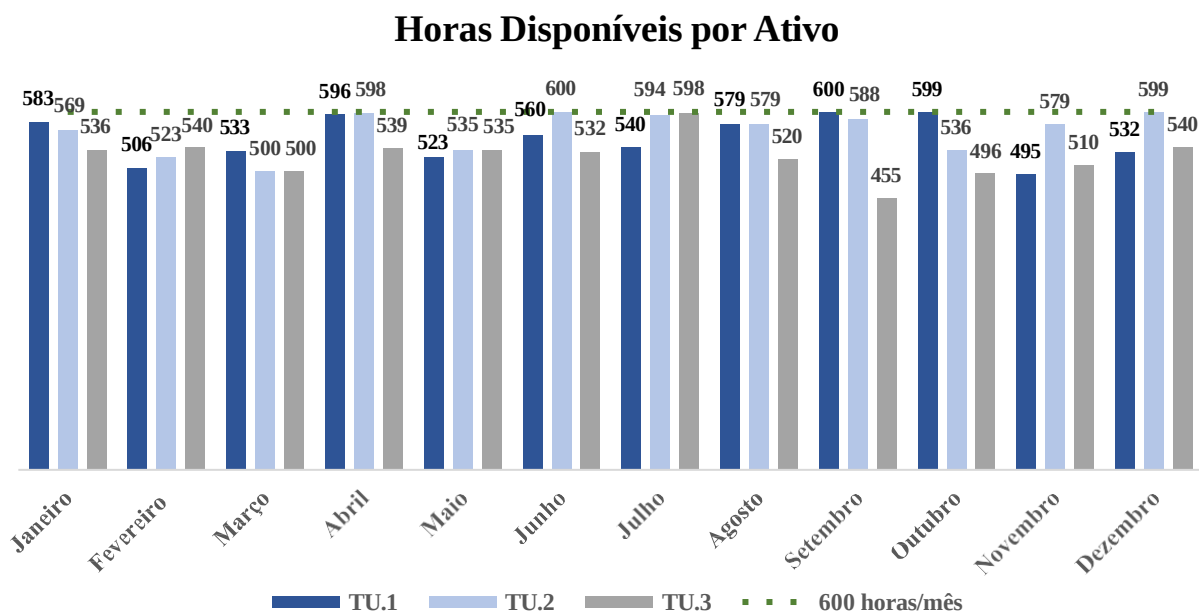
Figura 7 – Gráfico horas disponíveis Ativo TU.3



Fonte: Próprio autor

Das figuras 5, 6 e 7 é possível realizar a comparação de horas em que cada um dos três ativos ficaram disponíveis para operação ao longo dos meses do ano de 2022, como apresentado na figura 8:

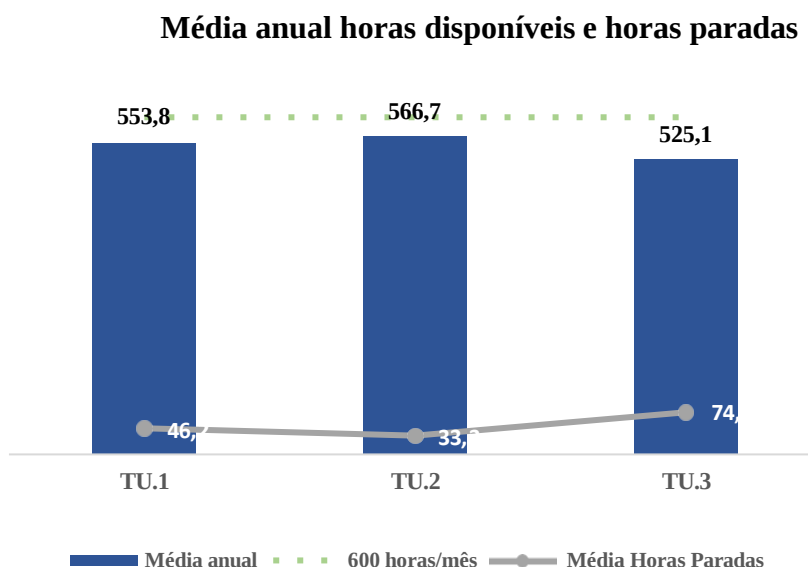
Figura 8 – Comparação dos ativos em horas disponíveis



Fonte: Próprio autor

Na figura 8, nota-se que somente os ativos TU.1 e TU.2 atingiram 600 horas de operações nos meses de setembro e junho respectivamente, tendo o ativo TU.3 se aproximado de 600 horas no mês de julho, atingindo o valor de 598 horas de operação, sendo esse o seu valor máximo atingido no ano de 2022. Do gráfico da figura 8 também é possível se obter uma média anual das horas de operação dos ativos afim de comparar para qual deles a operação seguiu próximo a média de 600 horas de operação, apresentado no gráfico da figura 9:

Figura 9 – Média anual de horas disponíveis e horas paradas



Fonte: Próprio autor

No gráfico da figura 9 é perceptível o desempenho em relação a quantidade de horas em operação dos ativos, sendo o ativo TU.2 o que se manteve mais próximo da média de 600 horas trabalhadas por mês no ano de 2022, atingindo 566,7 horas e tendo a menor média mensal de horas de paradas, com 33,3 horas. O ativo TU.3 teve a menor quantidade média de horas em operação, atingindo somente 525,1 horas, com a maior média em horas paradas, sendo 74,9 horas.

Os valores dos indicadores de MTBF, MTTR, Taxa de Falha, Confiabilidade e Disponibilidade foram calculados pelas equações 8, 9, 10, 11 e 12 respectivamente.

Para o MTBF foi realizado a divisão da quantidade de horas disponíveis sobre o número de paradas que aquele ativo teve apresentado na equação (8):

$$MTBF = \frac{\text{horas disponíveis}}{\text{quantidade de paradas}} \quad (8)$$

Para o MTTR foi realizado a divisão da quantidade de horas que houve paradas sobre o número de paradas, apresentado na equação (9):

$$MTTR = \frac{\text{horas paradas}}{\text{quantidade de paradas}} \quad (9)$$

As taxas de falha dos ativos foram calculadas pelo inverso do MTBF, apresentado na equação (10):

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (10)$$

Realizado os três cálculos apresentados foi possível obter os resultados de confiabilidade, equação (11) e disponibilidade equação (12) para os três ativos:

$$R(t) = e^{-\lambda \cdot t} \quad (11)$$

$$\% \text{ Disponibilidade} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100 (\%) \quad (12)$$

Realizados os cálculos dos indicadores apresentados, foi possível desenvolver no Excel as tabelas de MTBF, MTTR, Taxa de Falha, Confiabilidade e Disponibilidade para os três ativos que são apresentadas nas tabelas 5, 6 e 7:

Tabela 5 - Ativo TU.1

TU.2	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
MTBF	194,3	168,7	177,7	298,0	87,2	56,0	540,0	29,0	600,0	299,5	49,5	177,3
MTTR	5,7	31,3	22,3	2,0	12,8	4,0	60,0	1,1	0,0	0,5	10,5	22,7
Taxa de Falha	0,005	0,006	0,006	0,003	0,011	0,018	0,002	0,035	0,002	0,003	0,020	0,006
Confiabilidade	5%	3%	3%	13%	0%	0,00%	33%	0%	37%	13%	0%	3%
Disponibilidade	97%	84%	89%	99%	87%	93%	90%	97%	100%	100%	83%	89%

Fonte: Próprio autor

Tabela 6 - Ativo TU.2

TU.2	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
MTBF	113,8	87,2	55,6	85,4	35,7	600,0	594,0	115,8	98,0	33,5	115,8	199,7
MTTR	6,2	12,8	11,1	0,3	4,3	0,0	6,0	4,2	2,0	4,0	4,2	0,3
Taxa de Falha	0,009	0,011	0,018	0,012	0,028	0,002	0,002	0,009	0,010	0,030	0,009	0,005
Confiabilidade	1%	0%	0%	0%	0%	36,79%	36%	1%	0%	0%	1%	5%
Disponibilidade	95%	87%	83%	100%	89%	100%	99%	97%	98%	89%	97%	100%

Fonte: Próprio autor

Tabela 7 - Ativo TU.3

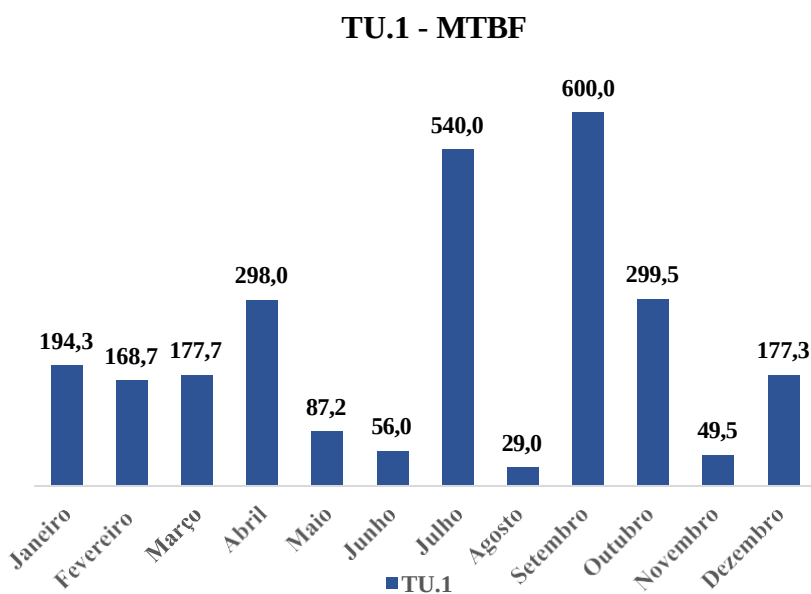
TU.2	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
MTBF	59,6	77,1	55,6	134,8	107,0	106,4	598,0	520,0	23,9	41,3	51,0	540,0
MTTR	7,1	8,6	11,1	15,3	13,0	13,6	2,0	80,0	7,6	8,7	9,0	60,0
Taxa de Falha	0,017	0,013	0,018	0,007	0,009	0,009	0,002	0,002	0,042	0,024	0,020	0,002
Confiabilidade	0%	0%	0%	1%	0%	0%	37%	32%	0%	0%	0%	33%
Disponibilidade	89%	90%	83%	90%	89%	89%	100%	87%	76%	83%	85%	90%

Fonte: Próprio autor

Das tabelas 5, 6 e 7, onde se demonstra os valores calculados dos indicadores de MTBF, MTTR, Taxa de Falha, Confiabilidade e Disponibilidade, é possível realizar algumas comparações em relação ao desempenho dos ativos ao longo de 2022, que são apresentados nos gráficos para cada ativo nas figuras 10, 11 e 12.

Do gráfico da figura 10, verifica-se que o ativo TU.1 possui a maior média de tempo entre as falhas. Nos quatro primeiros meses do ano de 2022, os valores de MTBF estão relativamente semelhantes, ou seja, entre esse período teve uma média de 223,1 horas entre uma falha e outra, sendo o mês de abril o período de maior tempo entre as falhas de 298 horas. Para os meses de maio, junho, agosto e novembro, o ativo TU.1 obteve o pior resultado de MTBF, tendo uma média de 209,7 horas entre uma falha e outra, sendo que o mês de agosto teve uma média de 29 horas entre uma falha e outra. Os meses de julho e setembro, teve a melhor média de MTBF do ano, tendo o MTBF de 570 horas.

Figura 10 – MTBF ativo TU.1

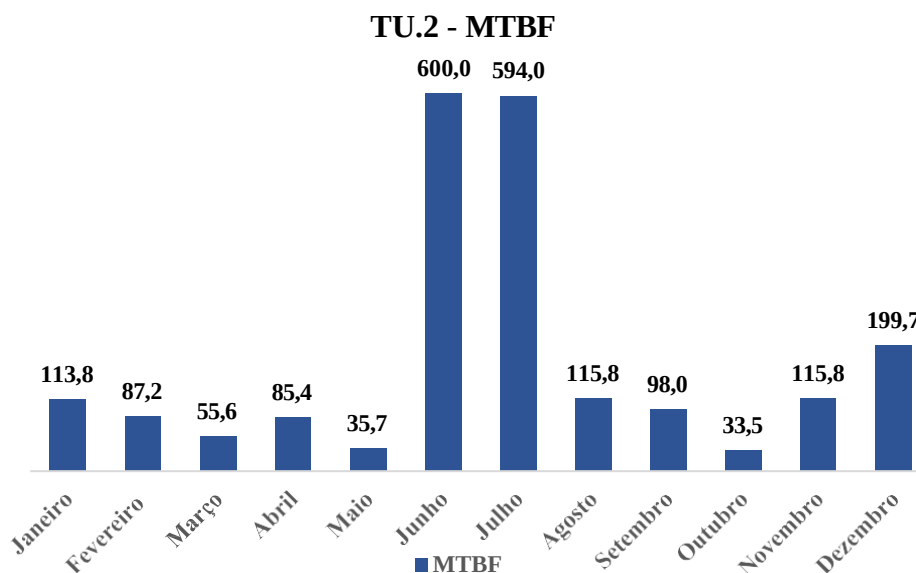


Fonte: Próprio autor

Do gráfico da figura 11, verifica-se que o ativo TU.2 possui os cinco primeiros meses do ano uma média de MTBF 75,5 horas, um valor inferior se comparado aos primeiros meses analisados do ativo TU.1. Isso mostra que nesse período o ativo TU.2 teve um menor tempo entre uma falha e outra. Nos meses de agosto até dezembro, teve uma média de MTBF de 112,6 horas entre uma falha e outra, logo, se comparar com os valores de agosto até dezembro do

ativo TU.1, também teve um desempenho menor que o ativo TU.2. Já os meses de junho e julho foram obtidos os melhores resultados de MTBF, tendo uma média de 597 horas entre uma falha e outra.

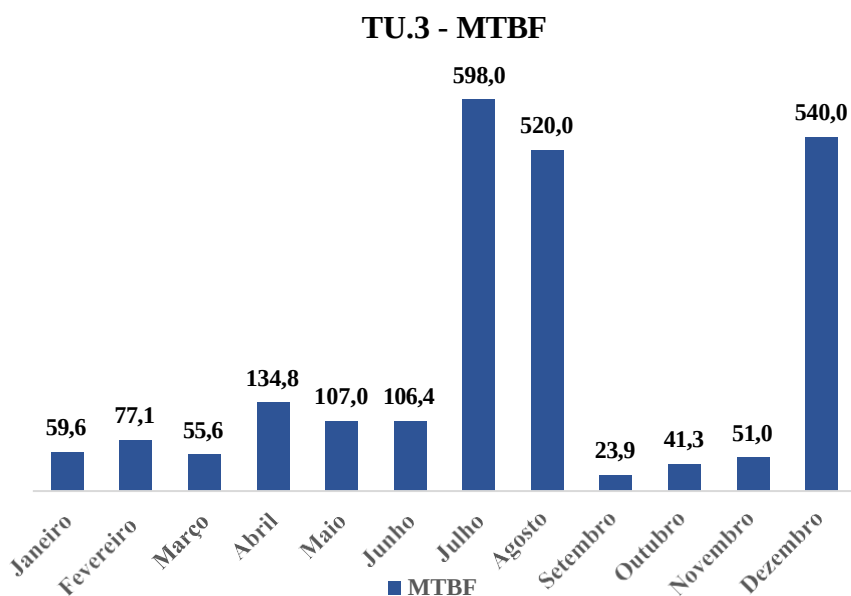
Figura 11 – MTBF ativo TU.2



Fonte: Próprio autor

Do gráfico da figura 12, verifica-se que o ativo TU.3 possui nos seis primeiros meses do ano uma média de 90,1 horas e, se comparar com os valores dos ativos TU.1 e TU.2, o TU.3 teve um desempenho inferior ao TU.1 e superior ao TU.2. Nos meses de setembro, outubro e novembro, teve um MTBF de 38,8 horas, muito inferior aos valores obtidos pelos outros ativos. Já nos meses de julho, agosto e dezembro teve a melhor média de MTBF desse ativo, de 552,7 horas entre uma falha e outra.

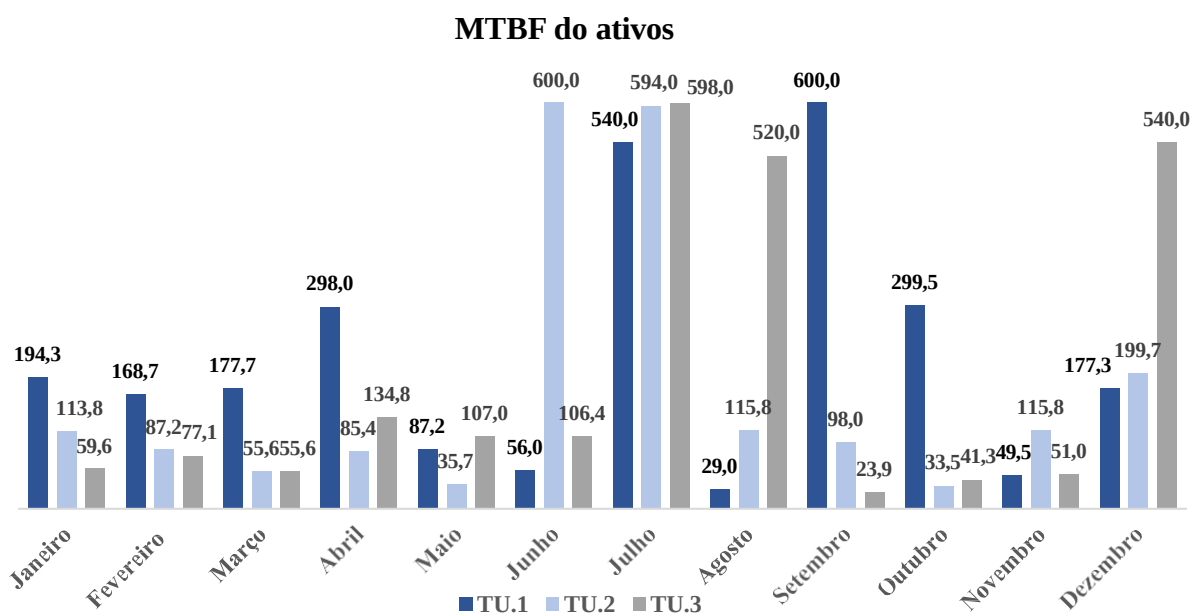
Figura 12 – MTBF ativo TU.3



Fonte: Próprio autor

Na junção dos gráficos das figuras 10,11 e 12, o gráfico da figura 13 mostra uma comparação dos três ativos ao longo dos meses do ano de 2022.

Figura 13 – MTBF dos ativos TU.1, TU.2 e TU.3



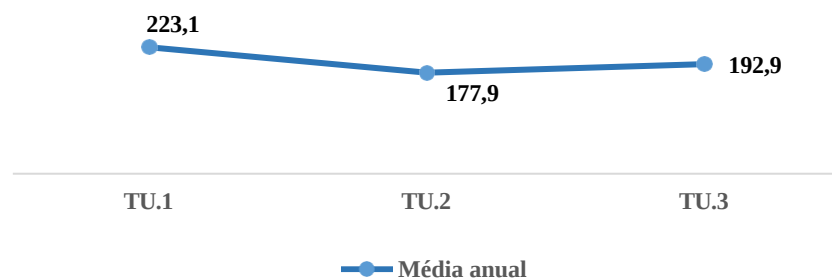
Fonte: Próprio autor

Com as informações obtidas no gráfico da figura 13, é possível analisar a medida de MTBF para um período de 600 horas de operação e calcular a média anual de MTBF para os três ativos, apresentado na figura 14.

Por meio do gráfico da figura 14 é possível observar que o ativo TU.1 teve a melhor média de MTBF, se comparado com os demais ativos.

Figura 14 - Média anual do MTBF do TU.1, TU.2 e TU.3

Média anual do MTBF dos ativos



Fonte: Próprio autor

Com as observações realizadas dos MTBF dos ativos e com os valores de MTTR apresentados nas tabelas 5, 6 e 7 é viável realizar os cálculos dos indicadores mais importantes para a gestão da manutenção, os indicadores de confiabilidade e disponibilidade. Com esses dois indicadores é demonstrado a maneira com que o ativo desempenha sua função quando requerida e o grau de confiança que aquele ativo dispõe.

Das tabelas 5, 6 e 7, conclui-se que os valores de confiabilidade são muito baixos, ou seja, mostra que para os três ativos, TU.1, TU.2 e TU.3 existe uma grande probabilidade que durante seu funcionamento ele possa não vir a executar sua atividade plenamente, tendo grandes chances de vir a falhar. Isso pode acarretar grandes danos a empresa, visto que seus ativos possuem uma certa confiabilidade, mostrando que para ambos os casos tiveram meses em que atuou com 0% de confiabilidade.

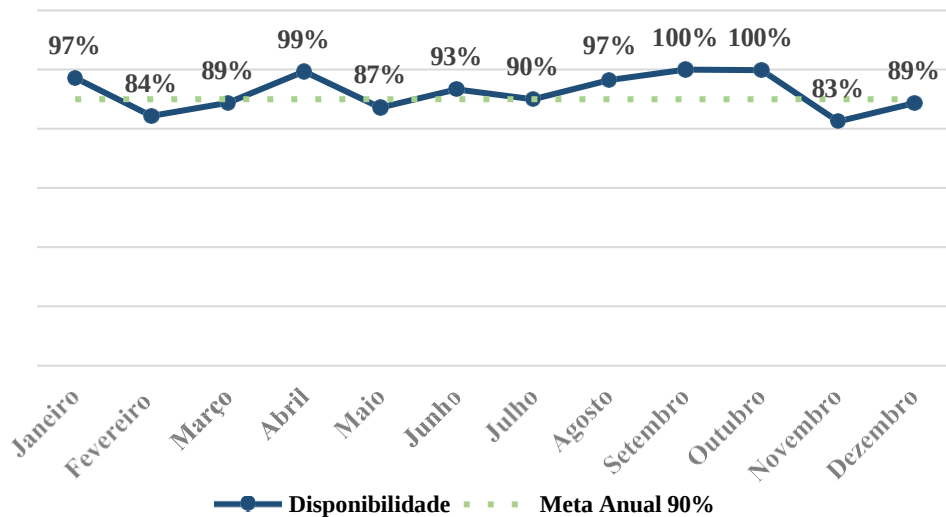
Das tabelas 5, 6 e 7 apresentadas anteriormente, é possível organizar os dados do indicador de disponibilidade para os três ativos, com a finalidade de analisar seu desempenho ao longo de 2022 e verificar se os três ativos atingiram a meta mensal de 90%. Nos gráficos das

figuras 15, 16 e 17, apresentam esses valores respectivamente.

Do gráfico da figura 15, a disponibilidade do ativo TU.1 mostra que nos meses de janeiro, abril, junho, julho, agosto, setembro e outubro o valor da disponibilidade atingiu o valor igual ou superior a meta de 90%, sendo que nos meses de fevereiro, março, abril, novembro e dezembro o valor da disponibilidade do ativo ficou abaixo da meta de 90%, ou seja, não foi atingido.

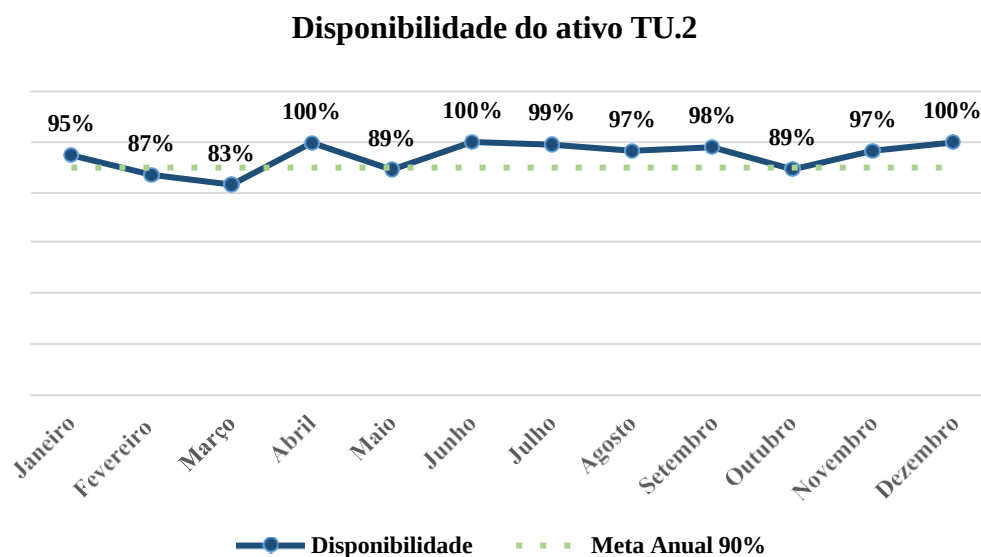
Figura 15 – Disponibilidade ativo TU.1

Disponibilidade do ativo TU.1



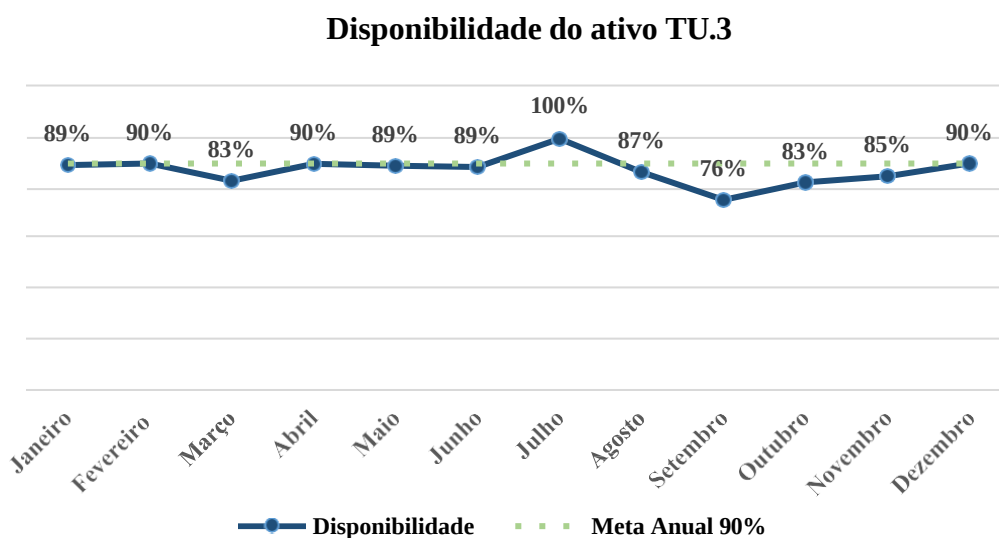
Fonte: Próprio autor

No gráfico da figura 16, a disponibilidade do ativo TU.2 mostra que nos meses de janeiro, abril, junho, julho, agosto, setembro, novembro e dezembro o valor da disponibilidade atingiu o valor igual ou superior a meta de 90%, tendo os demais meses alcançado um valor inferior à meta de 90%.

Figura 16 – Disponibilidade ativo TU.2

Fonte: Próprio autor

A disponibilidade do ativo TU.3, representada na figura 17, mostra que somente nos meses de fevereiro, abril, junho e dezembro o valor da disponibilidade atingiu o valor igual ou superior a meta de 90%, sendo que na maioria dos meses do ano de 2022, o valor da disponibilidade não foi atingido.

Figura 17– Disponibilidade ativo TU.3

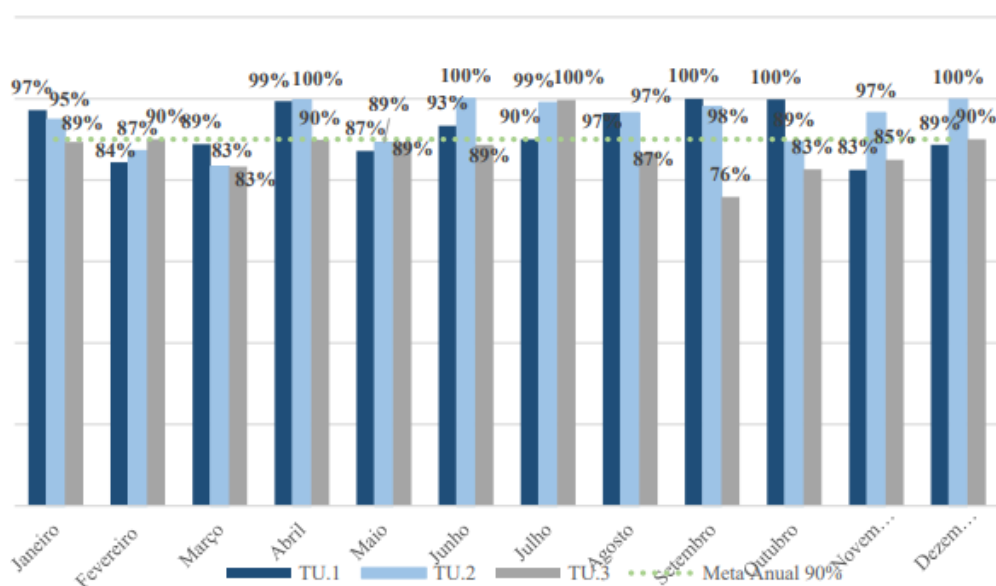
Fonte: Próprio autor

Para um objetivo mensal os ativos TU.1 e TU.2 alcançaram proximamente a mesma quantidade de meses com valores iguais ou acima de 90%, sendo sete e oito meses respectivamente. Já o ativo TU.3 só conseguiu atingir a meta maior ou igual a 90% por 4 meses, sendo que mais da metade do ano esse indicador esteve abaixo do esperado.

Observando um panorama geral do ano de 2022, no gráfico da figura 19 somente nos meses de abril e junho os três ativos performaram com valores iguais ou acima da meta de 90% em relação ao restante dos meses de 2022. Levando em consideração a atuação dos três ativos, a disponibilidade mensal não teve uma performance positiva, visto que somente em dois meses do ano conseguiram atingir a meta, mostrando que ao longo do ano não foi possível contar com pelo menos 90% de disponibilidade dos três ativos em operação ao mesmo tempo.

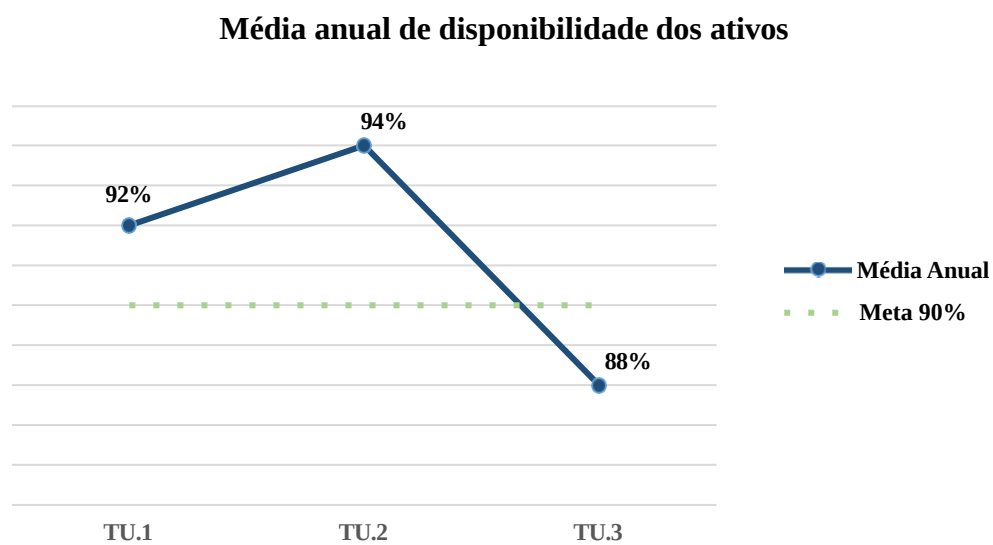
Figura 18- Disponibilidade mensal dos ativos

Disponibilidade mensal de todos os ativos



Fonte: Próprio autor

Dos dados do gráfico da figura 18, tem-se o gráfico da figura 19 que compara a média de disponibilidade anual dos ativos, e somente o ativo TU.3 não atingiu a meta de 90% de disponibilidade ficando abaixo com 88% de disponibilidade, os demais ativos TU.1 e TU.2 alcançado disponibilidade de 92% e 94% respectivamente.

Figura 19- Média anual de disponibilidade dos ativos

Fonte: Próprio autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Algumas observações em relação a possíveis melhorias na gestão podem ser feitas, como: emprego de uma avaliação mais criteriosa em relação às manutenções preventivas. Isso se faz quando se tem uma atenção mais criteriosa em realização ao planejamento e controle da manutenção, analisando os intervalos entre uma preventiva e outra, para que sejam detectados com antecedência as possíveis falhas que possam vir a ocorrer.

Uma melhor estratégia em relação à comunicação com os técnicos responsáveis no dia a dia de trabalho com o equipamento também é indicada, pois possíveis ordens de serviços que não tenham informações suficientes referente ao tipo de falha e se já houve alguma reincidência, podem gerar o acúmulo de desinformações sobre a vida útil e desempenho daquele ativo.

Outra ferramenta da qualidade que auxilia tanto na comunicação entre técnicos e gestores é o uso do FMEA – Failure Mode and Effect Analysis (Análise de Modos de Falhas e Efeitos), pois com ele é possível mapear as funções e possíveis modos de ocorrer falha.

A aplicação de novas ferramentas disponíveis no mercado na Indústria 4.0, onde é possível realizar o monitoramento em tempo integral de um sistema, seja análise térmica, de vibração e entre outras opções, também é indicada. Por esse meio é feito uma manutenção detectiva, que aponta falhas que possivelmente não seriam notadas a princípio.

6 CONCLUSÃO

De acordo com os valores obtidos pelos cálculos dos indicadores propostos, nota-se que para os três ativos houve problemas de performance. O principal ponto negativo está nos resultados de confiabilidade, o que mostra uma certa insegurança em relação à probabilidade de que esse ativo venha a executar sua função com certa confiança. Isso é resultado do valor obtido no cálculo da taxa de falha, que é o inverso do MTBF, para valores maiores de taxa de falha menor será a confiabilidade do ativo. Nesse estudo de caso, é observável que pelo tempo de operação contínuo há maiores chances de falhar.

Dados os resultados dos gráficos 14 e 15, pode-se identificar que ao longo do ano de 2022 os três ativos tiveram alguns problemas de disponibilidade tendo resultados não constantes ao longo dos meses, oscilando consideravelmente entre estar ou não dentro da meta de 90%, visto que somente os ativos TU.1 e TU.2 atingiram 92% e 94% respectivamente, tendo o ativo TU.3 resultado abaixo do esperado, com 88%. Esse tipo de resultado pode demonstrar que ao longo desse período ocorreram um número maior de falhas que resultou com que os ativos ficassem um maior tempo não operando, uma demora relativa para o reestabelecimento de operação.

O resultado da não entrega da meta do indicador de disponibilidade, nesse caso para o ativo TU.3, pode gerar possíveis questionamentos dos motivos de que esse ativo não alcançou a meta como os outros, se houve um número de falha recorrente em um determinado equipamento desse ativo que o deixou indisponível com frequência, cabe a decisão de uma troca ao invés de reparo.

Dessa forma, foi possível analisar de maneira geral a importância dos indicadores de manutenção em uma operação, visto que com eles é possível obter resultados de desempenhos, que, grosso modo, seriam inviáveis de serem visualizados ao longo do período analisado. Com esses indicadores podemos mostrar os principais pontos que estão gerando problemas e por meio desse resultado tomar uma decisão mais objetiva para planejar uma organização das manutenções que serão realizadas, com os devidos espaçamentos corretos entre uma manutenção preventiva e outra, para que seja mitigado uma possível falha antes que ocorra uma parada total.

REFERÊNCIA

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção: Função estratégica**. 3 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark. 2009.

CALIXTO, Eduardo. **Gas and oil reliability engineering: modeling and analysis**. São Paulo: Gulf Professional Publishing, 2016.

LAMEIRINHAS, Gabriel. **WCM: O que é, os principais pilares e metodologia aplicada**. **Tractian**, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://traction.com/blog/como-alcancar-a-manutencao-de-classe-mundial-na-sua-planta-wcm>. Acesso em: 15 jan. 2023

VIANA, Herbert. **PCM- planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

LAIRA, João. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. 2 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark. 2001.

BRANCO FILHO, Gil. **Indicadores e índices de manutenção**. 2 ed, Rio de Janeiro. Editora ciência moderna. 2016.

TELES, Jhonata, **Bíblia do RCM: O Guia Completo e Definitivo da Manutenção Centrada na Confiabilidade na Era da Indústria 4.0**. 2019

OLIVEIRA, José. **Análise de indicadores de qualidade e produtividade da manutenção nas indústrias brasileiras**. Revista GEPROS, 2013.

SIQUEIRA, Iony Patriota. **Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2014.

FALCÃO, Thaiana. **Uso de Indicador de Manutenção para Avaliar Eficácia de Alterações do Plano de Manutenção Programa: Uma Análise do Óleo de Motor de Pórtico Sobre Pneus de um Terminal Portuário de Contêineres**. Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Naval. Joinville. 2021.

SANTOS, Luís Márcio Alves. Et al. **A Importância da manutenção industrial e seus indicadores**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 11, Vol. 01, pp. 108-128. Novembro de 2019. ISSN: 2448-0959, disponível em: <https://www.nucleo-doconhecimento.com.br/engenharia-de-producao/manutencao-industrial>. Acesso: 15/01/2024.

MOSCONI, Denis. **Engenharia De Manutenção: Uma Revisão De Indicadores De Manutenção E Suas Inter-relações**. 2021.