



CENTRO UNIVERSITÁRIO DO PARÁ - CESUPA
ESCOLA DE NEGÓCIOS, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO - ARGO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

RAFAEL CREAÇÃO DE OLIVEIRA

**AUMENTO DO ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE DA FROTA DE MÁQUINAS DE
UMA EMPRESA DO SETOR LOGÍSTICO ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE
MÉTODOS DE ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO**

Belém
2019

RAFAEL CREAÇÃO DE OLIVEIRA

**AUMENTO DO ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE DA FROTA DE MÁQUINAS DE
UMA EMPRESA DO SETOR LOGÍSTICO ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE
MÉTODOS DE ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Negócios, Tecnologia e Inovação - ARGO do Centro Universitário do Estado do Pará como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção na modalidade MONOGRAFIA.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Conde

Belém

2019



RAFAEL CREAÇÃO DE OLIVEIRA

**AUMENTO DO ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE DA FROTA DE MÁQUINAS DE
UMA EMPRESA DO SETOR LOGÍSTICO ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE
MÉTODOS DE ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Negócios, Tecnologia e Inovação - ARGO do Centro Universitário do Estado do Pará como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção na modalidade MONOGRAFIA.

Data da aprovação: 19/12/2019

Nota final Rafael Creação de Oliveira: _____

Banca examinadora

Prof. Cláudio Conde
Orientador e Presidente da banca

Prof. Marcelo Mendes
Examinador interno

Dedico este trabalho a minha mãe Leila Márcia, meu pai José Antônio e meu irmão Gabriel, os quais não mediram esforços para a conclusão deste ciclo de minha vida e que me apoiaram durante toda esta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais e irmão por me apoiarem em todas as minhas escolhas.

Agradeço aos meus amigos que acompanharam nesses quatro anos de estudos e que juntos construímos uma amizade linda nos melhores e piores momentos do curso. Sem vocês seria mais difícil passar por isso. Amo vocês.

Agradeço ao Seu Luis Mendes, Dona Sandra e Luis Mende Junior que confiaram em mim e deram a oportunidade de trabalhar em uma grande empresa, onde tive experiências maravilhosas e onde pude aplicar meus conhecimentos, resultando neste trabalho. Serei eternamente grato.

Juntamente a eles, agradeço ao meu chefe Wagner Neiva que compartilhou seus conhecimentos experiências comigo, permitindo aprender o que há de mais valioso na vida profissional e pessoal. Muito obrigado por tudo.

Por fim, agradeço ao professor Cláudio Conde que guiou a construção deste trabalho. Pelas dicas, puxões de orelhas e conselheiros professor.

RESUMO

A busca por melhorar o desempenho de processos internos e de indicadores gerenciais está diretamente relacionado à satisfação dos clientes e ao sucesso financeiro da empresa. Tratando-se de uma empresa terceirizada, essas cobranças são ainda maiores, principalmente quando a cadeia produtiva onde a organização está inserida movimentava valores financeiros grandiosos e exige alta qualidade operacional, como é o caso da produção de alumínio. Dentre diversos métodos para melhoria, a filosofia Seis Sigma propõe que a excelência nunca será atingida, por sempre haver oportunidades de melhorias, mas que a otimização deve ser buscada até que os resultados alcançados sejam aceitáveis. O estudo deste trabalho baseia-se na busca por melhorar o desempenho da frota de máquinas da empresa estudada partindo da aplicação do método utilizado em projetos Seis Sigma, a metodologia DMAIC. A aplicação das cinco etapas da metodologia permitiu identificar o problema relacionado ao setor de manutenção e ao indicador de disponibilidade da frota de máquinas que demonstrava a métrica de 55%, o que gera perdas contratuais de faturamento. O objetivo do estudo é otimizá-lo de forma a alcançar ganhos financeiros, confiabilidade operacional e melhorar a satisfação do cliente. Com a medição de dados e utilização de ferramentas da qualidade foi possível analisar quais máquinas e quais fatores geravam resultados indesejáveis, facilitando assim a tomada de decisão para solucionar o problema. Dessa forma, a aplicação da metodologia permitiu alcançar e superar a meta, proposta inicialmente em aumentar para 80% o indicador de disponibilidade da frota de máquinas. Comparando com o faturamento que seria obtido com o indicador anterior ao estudo, os benefícios financeiros representaram um ganho econômico de R\$2.009.002,20 nos sete meses de estudo.

Palavras-chave: Seis Sigma. DMAIC. Disponibilidade. Frota de Máquinas. Manutenção.

ABSTRACT

The search to improve the performance of internal processes and management indicators is directly associated to customer satisfaction and the company's financial success. Being an outsourced company, these charges are even higher, especially when the production chain where the organization is inserted moves great financial values and demands high operational quality, such as aluminum production. Among several methods for improvement, the Six Sigma philosophy proposes that excellence will never be achieved, as there are always opportunities for improvement, but that optimization should be pursued until the results achieved are acceptable. The study of this work is based on the search to improve the machine fleet performance of the studied company starting from the application of the method used in Six Sigma projects, the DMAIC methodology. The application of the five steps of the methodology allowed to identify the problem related to the maintenance sector and the machine fleet availability indicator that showed the 55% metric, which generates contractual billing losses. The purpose of the study is to optimize it to achieve financial gains, operational reliability and improved customer satisfaction. By measuring data and using quality tools it was possible to analyze which machines and which factors produced undesirable results, thus facilitating decision making to solve the problem. That way, the application of the methodology allowed to reach and exceed the goal, initially proposed to increase to 80% the machine fleet availability indicator. Comparing with the revenue that would be obtained with the indicator prior to the study, the financial benefits represented an economic gain of R \$ 2,009,002.20 in the seven months of the study.

Keywords: Six Sigma. DMAIC. Availability. Machine Fleet. Maintenance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Disponibilidade – Diagrama de Tempos.....	21
Figura 2 – Gráfico de Pareto.....	28
Figura 3 – Diagrama de Ishikawa.....	29
Figura 4 – Simbologia Geral para Fluxograma.....	32
Figura 5– Localização da garagem de manutenção.....	35
Figura 6 – Localização da matriz.....	36
Figura 7 – Fluxo de manutenção.....	37
Figura 8 – Diagrama de Ishikawa: Diagrama de causa e efeito.....	44
Figura 9 - Diagrama de Ishikawa: Meio Ambiente.....	44
Figura 10 - Diagrama de Ishikawa: Método.....	45
Figura 11 - Diagrama de Ishikawa: Matéria Prima.....	46
Figura 12 - Diagrama de Ishikawa: Máquina.....	47
Figura 13 - Diagrama de Ishikawa: Mão de Obra (Operação).....	48
Figura 14 - Diagrama de Ishikawa: Mão de Obra (Manutenção).....	49
Figura 15 – Plano de Ação.....	50
Figura 16 – Fluxo de Padronização de medidas.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atividades e ferramentas da etapa Definir.....	23
Tabela 2 – Atividades e ferramentas da etapa Medir.....	24
Tabela 3 – Atividades e ferramentas da etapa Analisar.....	25
Tabela 4 - Atividades e ferramentas da etapa Melhorar.....	26
Tabela 5 – Atividades e ferramentas da etapa Controlar.....	27
Tabela 6 - Técnica dos 5 Porquês.....	30
Tabela 7 – Modelo Conceitual do 5W2H.....	31
Tabela 8 - Faturamento/hora.....	39
Tabela 9 - Análise do resultado de perdas contratuais dos meses de fevereiro e agosto.....	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparação entre a Disponibilidade e a Indisponibilidade Global (janeiro – 2019).....	41
Gráfico 2 - Comparação da Disponibilidade Global entre os meses Janeiro e Fevereiro.....	41
Gráfico 3 - Gráfico de Pareto: Horas Paradas por Categoria (Fevereiro/2019).....	42
Gráfico 4 - Gráfico de Pareto: Perda de Faturamento por Categoria (Fevereiro/2019).....	43
Gráfico 5 - Evolução da disponibilidade.....	54
Gráfico 6 - Comparação entre manutenções corretivas e preventivas (janeiro a agosto/2019)...	55
Gráfico 7 - Evolução do faturamento (Janeiro – Agosto / 2019).....	57
Gráfico 8 - Evolução do faturamento (Janeiro – Agosto / 2019).....	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVA	12
1.2 OBJETIVOS DO ESTUDO	14
1.2.1 Objetivo Geral.....	14
1.2.2 Objetivos Específicos	14
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO	16
2.2 ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO	17
2.3 CONFIABILIDADE	19
2.4 DISPONIBILIDADE	19
2.5 DMAIC.....	21
2.5.1 Definir – Define	22
2.5.2 Medir – Measure	23
2.5.3 Analisar - Analyze.....	24
2.5.4 Melhorar – Improve	25
2.5.5 Controlar – Control.....	26
2.6 FERRAMENTAS DA QUALIDADE	27
2.6.1 Gráfico de Pareto	28
2.6.2 Diagrama de Ishikawa.....	29
2.6.3 Técnica dos 5 Porquês	30
2.6.4 Tabela 5W2H.....	30
2.6.5 Brainstorming	31
2.6.6 Fluxograma.....	31
3 METODOLOGIA.....	33

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	33
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	33
3.3 LÓCUS DA PESQUISA	34
4 ESTUDO DE CASO	35
4.1 CARACTERÍSTICAS DA EMPRESA	35
4.2 LOCALIZAÇÃO E LAYOUT	35
4.3 MAPEAMENTO DO FLUXO	36
4.4 APLICAÇÃO DO DMAIC	38
4.4.1 Definir	38
4.4.2 Medir	40
4.4.3 Analisar	43
4.4.4 Melhorar	49
4.4.5 Controlar	53
5 RESULTADOS	54
5.1 COMPARAÇÃO DE CENÁRIOS	54
5.2 IMPACTOS FINANCEIROS	56
6 CONCLUSÃO.....	59
REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de bauxita e alumina do mundo, correspondendo a 37.057 mil toneladas de bauxita e 10.452 mil toneladas de alumina, além de também ser o terceiro país no ranking de reservas de bauxita, com 2.600 milhões de toneladas.

Essa grandeza e relevância econômica nacional e internacional resulta em exigência de qualidade elevadas nos processos internos e conseqüentemente no serviços prestados. A fim de alcançar a satisfação dos clientes, deve-se estabelecer parâmetros para gerenciar quantitativamente se essa satisfação está sendo alcançada ou não. No mercado de terceirização de frotas e transporte de materiais químicos o indicador mais importante é a disponibilidade das máquinas. Nesse contexto, a busca por melhoria contínua não é mais um diferencial competitivo, mas uma exigência fundamental para qualquer empresa que deseja sobreviver ao mercado competitivo.

A literatura oferece diversos modelos de solução de problemas e métodos de melhoria contínua, alguns mais completos que outros, como é o caso do método DMAIC decorrente da filosofia Six Sigma. Na academia e em livros existem diversos casos de sucesso com a aplicação do método DMAIC.

O presente estudo busca elevar o indicador de disponibilidade da frota de máquinas pesadas com auxílio do método DMAIC e uso de ferramentas da qualidade, de forma a satisfazer as exigências do cliente que apresentou reclamações em períodos passados ao estudo.

1.1 JUSTIFICATIVA

A necessidade de focar nos processos fins do negócio, somado a custos indesejáveis relacionados aos processos complementares, como gastos relacionados a manutenção de máquinas e equipamentos que podem chegar a 4,69% do faturamento bruto de uma empresa (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS, 2013), são fatores que fazem um empresa terceirizar algumas atividades.

Em 1994, Giosa definiu a terceirização como a tendência estratégica da organização transferir para terceiros atividades complementares que não fazem parte da essência do seu negócio, permitindo concentrar esforços nas atividades essencialmente ligadas ao negócio que atua.

Giosa (1994) ainda afirmou que entre os setores que mais adotavam terceirização no país estavam: preparação e distribuição de refeições (62%), limpeza e conservação de ambiente (61%), vigilância patrimonial (51%), transporte de funcionários e de produtos (53%), frota de veículos (48%), manutenção geral (46%), serviço de recepcionistas (36%), engenharia em geral (32%), telefonia (30%), comunicação social (12%).

Percebendo essa oportunidade de negócio, o Grupo Vida optou por atender a demanda de terceirização de frota de veículos, manutenção de máquinas e transporte de funcionários e de produtos. Com isso, definiu seu segmento de mercado com a missão de oferecer serviços logísticos com qualidade, segurança e valorização pessoal com matriz na cidade de Barcarena no Estado do Pará. Esses serviços logísticos estão atrelados ao transporte de funcionários e no transporte de materiais químicos dentro das instalações industriais do cliente, assim como a manutenção dos equipamentos terceirizados é de responsabilidade do grupo empresarial.

O cenário econômico da cidade de Barcarena está muito relacionado ao setor minero metalúrgico, mais especificamente o alumínio, sendo este o quarto metal com maior volume de comercialização no Brasil). Este setor o qual alcançou movimentações financeiras de aproximadamente 88,5 bilhões de reais em 2017 (AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO, 2018).

Na cidade em questão há grandes empresas da cadeia de produção do alumínio, as quais contribuíram para que o Pará se tornasse a Unidade Federativa com o segundo maior volume de comercialização referente a mineração, atingindo a marca de R\$37.980.386.340 representando 42,93% das movimentações brasileiras relacionadas ao setor, atrás apenas de Minas Gerais com R\$ 41.743.623.704, 47,19% (AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO, 2018).

Os valores do Grupo Vida, empresa onde será aplicado o estudo, estão relacionados a melhoria contínua, valorização pessoal, satisfação do cliente, integridade social e ambiental. Nesse aspecto, a busca por potencializar seus resultados se fez como uma oportunidade de aplicar a metodologia DMAIC, visto que é uma possibilidade frente as empresas brasileiras, especialmente a empresas familiares, pois a metodologia apresenta o passo a passo para sua utilização e propõe o uso de ferramentas de qualidade para cada etapa relacionada ao método.

1.2 OBJETIVOS DO ESTUDO

Abaixo serão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos em que este estudo será pautado.

1.2.1 Objetivo Geral

Reduzir o tempo de indisponibilidade operacional da frota de máquinas de uma empresa do setor logístico com auxílio de técnicas de engenharia de manutenção, com consequente redução das penalidades contratuais advindas dessa indisponibilidade e aumento do faturamento mensal.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar principais causas de falhas do processo de uma empresa prestadora de serviço para uma grande empresa do setor minero-metalúrgico
- Implementar ferramentas de qualidade no setor de manutenção da empresa estudada;
- Propor e implementar ações corretivas;
- Acompanhar o aumento da disponibilidade da frota de máquinas e equipamentos;
- Padronizar processos de manutenção e operação;
- Comparar cenário inicial e cenário após a aplicação das ações corretivas propostas pelo estudo.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho possui seis capítulos, descritos e explicados abaixo.

O primeiro capítulo é a introdução, o qual contextualiza o cenário em que a empresa está inserida, o problema a ser estudado, a justificativa do problema e os objetivos do trabalho.

O segundo trata-se do Referencial Teórico, nele explica-se os principais conceitos e a importância deles para o estudo, como ferramentas de qualidade, as definições de manutenção e seu histórico, entre outros tópicos e sub-tópicos relacionados.

O terceiro explica a metodologia abordada pelo trabalho.

No quarto há a explicação mais detalhada da empresa e do estudo de caso.

No quinto capítulo os resultados são discutidos e analisados.

O sexto capítulo descreve a conclusão dos resultados obtidos e compara os cenários antes e após a aplicação dos conceitos abordados no estudo, demonstrando os sucessos e insucessos e sugerindo melhorias futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para Kardec e Nascif (2009), o sucesso de uma organização necessita, para sua eficiência operacional, que vários subsistemas se interliguem através de relações fortes e interdependentes. A área da manutenção é um elo fundamental para esse funcionamento coordenado, pois é um ponto crucial de ligação entre áreas de engenharia, produção, suprimentos, inspeção de equipamentos, qualidade entre outros.

2.1 EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO

Qualquer sistema de produção industrial está sujeito à deteriorar-se devido ao uso e sua vida útil. Tal deterioração leva ao aumento dos custos de produção, menor qualidade, falha operacional e possibilidade de acidente (DOHI, 2001). Nesse sentido, a manutenção é fundamental para garantir a qualidade desejada e a confiabilidade do processo em questão.

Daí surge o termo *Mantenabilidade*, definido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como a “capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994).

O que segue, portanto, como principal objetivo é que quando se mantém algo, o estado que se quer preservar é assegurar que os ativos físicos continuem a fazer o que seus usuários querem que ele faça (MOUBRAY, 1997).

Segundo Kardec e Nascif (2009), a manutenção em si passa por várias transformações durante sua evolução até os dias atuais, as quais são divididas em quatro gerações:

Primeira geração: a primeira geração inicia-se durante a Primeira Guerra Mundial, quando as indústrias eram pouco mecanizadas, assim o tempo de paralisação para recuperação de falhas não era muito significativo. Dessa forma, o principal foco dessa geração seriam apenas serviços de limpeza, lubrificação e reparo, tendo enfoque nas manutenções corretivas.

Segunda geração: Esta geração ocorre desde a Segunda Guerra Mundial até meados dos anos 60. As demandas e pressões por todos os tipos de produtos aumentaram, com isso aumentou também a mecanização das indústrias. Por volta da década de 50, as indústrias estavam com mais máquinas, sendo elas mais complexas, assim a indústria dependia cada vez mais delas.

Nesse cenário, evidenciou-se a necessidade de estudos mais aprofundados em métodos de elevar a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos. Levando à ideia de que falhas poderiam ser previsíveis e evitadas, resultado nos conceitos de manutenção preventiva. Os custos de manutenção também começaram a ser comparados com os demais custos operacionais, desencadeando na criação de sistemas de planejamento e controle da manutenção.

Terceira geração: a partir dos anos de 70 a indústria começou a mudar, devido ao avanço da informática, possibilitando a utilização de softwares de gestão otimizando o planejamento, controle e acompanhamento das atividades de manutenção. No cenário global a tendência era a utilização de sistemas de “*just-in-time*”, o que significava estoques reduzidos, processos padronizados e bem definidos.

Para suportar esse sistema de “*just-in-time*”, fora necessário o crescimento da automação e mecanização, indicando que os conceitos de disponibilidade e confiabilidade seriam pontos chave para o sucesso de diferentes setores industriais, mas também de processamento de dados, de saúde, telecomunicação e gerenciamento de edificações.

Além disso, o meio ambiente e a segurança do trabalho tornaram-se aspectos importantes, sendo o setor de manutenção um dos cruciais para essas preocupações.

Quarta geração: as expectativas geradas pela Terceira Geração continuam na Quarta Geração, a disponibilidade, portanto, continua sendo uma das medidas de performance mais importantes. Com isso, o desafio é a minimização das falhas prematuras. Utiliza-se, com isso, a análise de falha como metodologia capaz de melhorar a performance dos equipamentos, ou seja, evitar que a falha ocorra a partir de medidas de “*inteligência de manutenção*”.

Ademais, a acessibilidade de ferramentas de monitoramento com suporte digital levam à tendência de se reduzir paradas de produção para manutenções preventivas e corretivas programadas, pois interferem com a paralisação dos equipamentos. Dessa forma, práticas de monitoramento individualizado e manutenções preditivas são cada vez mais buscadas.

2.2 ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO

Manutenção corretiva: segundo Branco Filho (2008), manutenção corretiva é todo trabalho de manutenção realizado em máquinas que estejam em estado de falha, com objetivo de reparar a falha, ou ainda quando diz que as tarefas das manutenções corretivas são “as tarefas de manutenção baseadas na condição, ou seja, deficiências encontradas em máquinas que não estão em falha não são manutenções corretivas.

O que contrapõe Kardec e Nascif (2009) “é a atuação para correção da falha ou desempenho menor que o esperado”, considerando a principal função da Manutenção Corretiva como a de corrigir ou reparar as condições de funcionamento do equipamento ou máquina, não necessariamente é uma manutenção de emergência. Tendo, portanto, duas classificações:

Manutenção corretiva não-programada: quando a falha ocorre sem nenhuma previsão e deve-se corrigi-la com emergência devido a sua importância econômica ou criticidade para operação. Usualmente, quebras inesperadas podem acarretar em perdas de produção, perda da qualidade do produto, custos indiretos, implicando em altos custos para a manutenção.

Manutenção corretiva programada: ocorre quando a máquina apresenta falha e necessita de intervenção para corrigir ou restaurar o desempenho ideal da mesma, porém pode ser corrigida através de programação no curto prazo, sem necessidade de paradas emergenciais.

Manutenção preventiva: “é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo” (KARDEC; NAISCF, 2009), os intervalos podem ser baseados em períodos pré-definidos de tempo ou de utilização do equipamento, como exemplo quilometragem.

Slack, Chambers e Johnston (2002) dizem que quanto mais manutenções preventivas, menor é a probabilidade de haver falhas. Por outro lado, manter uma política de manutenções preventivas tem elevado custo.

Manutenção preditiva: para Kardec e Nascif (2009) e Branco Filho (2008), é a atuação realizada com acompanhamento e monitoração das condições da máquina e sua eventual degradação, utilizando como base a modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece uma sistemática, pode ser chamada também de Manutenção com Base no Estado do Equipamento. Atua-se portanto, apenas quando necessário, através de uma manutenção corretiva planejada, evitando-se paradas indesejadas e prolongando-se sua vida útil.

Manutenção detectiva: são atividades de manutenção efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, visando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis facilmente ao pessoal de operação e manutenção (KARDEC; NASCIF, 2009).

2.3 CONFIABILIDADE

A NBR 5462 (1994) define confiabilidade como a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante dado intervalo de tempo. Sendo falha definida como um evento que delimita o término da capacidade de um item desempenhar sua função requerida.

Dessa forma, “quanto maior a confiabilidade, melhores serão os resultados para o cliente ou usuário” (KARDEC; NASCIF, 2009).

2.4 DISPONIBILIDADE

Ainda segundo a NBR 5462 (1994), “é a capacidade de um item estar em condições de executar uma função em dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, tendo que os recursos externos requeridos estejam assegurados”.

A disponibilidade inerente é definida pela fórmula dada por Kardec e Nascif (2009):

$$\text{Disponibilidade Inerente (\%)} = \frac{TMEF}{TMEF+TMPR} \times 100 \quad \boxed{\text{Eq. 1}}$$

Onde:

Tempo Médio Entre Falhas (TMEF), do inglês MTBF – *Mean Time Between Failures*) pode ser calculado pela equação dada por Kardec e Nascif (2009):

$$TMEF = \frac{\text{número de horas de operação}}{\text{número de falhas}} \quad \boxed{\text{Eq. 2}}$$

Esse indicador é também por definido Viana (2002) como a divisão entre a soma das horas disponíveis do equipamento para operação e o número de intervenções corretivas feitas no equipamento no mesmo período. Tal como:

$$MTBF = \frac{HD}{NC} \quad \boxed{\text{Eq. 3}}$$

O indicador é útil para observar o comportamento do equipamento em relação à metodologia abordada pela equipe de manutenção. Para Viana (2002), o aumento do indicador é um sinal positivo, por significar que o número de intervenções corretivas está diminuindo e conseqüentemente a disponibilidade está aumentando.

E Tempo Médio Para Reparo (TMPR), do inglês MTTR – *Mean Time to Repair*, para Kardec e Nascif (2009) é calculado por:

$$TMPR = \frac{\text{tempo total de reparos efetuados da unidade}}{\text{número de reparos efetuados}} \quad \text{Eq. 4}$$

Viana (2002), considera também, como forma de obter o mesmo indicador:

$$MTTR = \frac{HIM}{NC} \quad \text{Eq. 5}$$

Tendo HIM como a soma de horas de indisponibilidade para operação devido à manutenções. Para o indicador, quanto menor no passar do tempo melhor, pois representa uma melhora na execução das intervenções corretivas.

Outra forma de medir a Disponibilidade é a partir da equação:

$$DF. = \frac{\text{Horas Trabalhadas}}{\text{Horas Totais do Período}} \quad \text{Eq. 6}$$

E a Indisponibilidade:

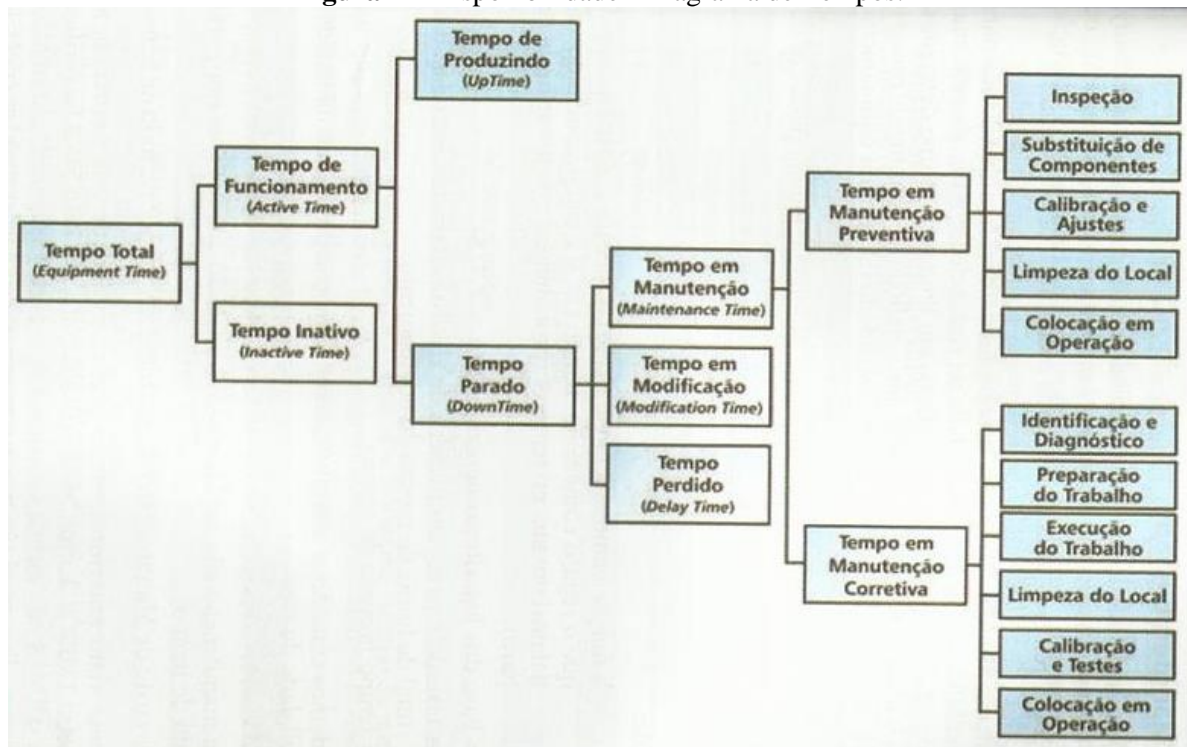
$$\text{Indisponibilidade} = 1 - DF \quad \text{Eq. 7}$$

Existem diversos motivos que provocam a redução do tempo de disponibilidade do equipamento, Kardec e Nascif (2009) categorizaram os diferentes tempos que interferem na disponibilidade. Eles estão relacionados a diferentes etapas e são reduzidos de acordo com as diferentes estratégias de manutenção, planejamento de produção e por diferentes paradas, mostrados no diagrama da Figura 1.

É importante ressaltar que na manutenção corretiva as etapas descritas geralmente ocorrem com a máquina parada ou indisponível, enquanto que na preventiva essas etapas que

antecedem a execução da manutenção podem ocorrer com a máquina em operação normal ou disponível para tal.

Figura 1 – Disponibilidade - Diagrama de Tempos.



Fonte: Kardec e Nascif, 2009.

Destaque nesses diferentes tempos para os tempos relacionados à manutenção, divididos entre corretiva e preventiva. Percebe-se uma quantidade maior de tempos diferentes na manutenção corretiva, o que representa pior estratégia em relação à preventiva.

Além disso, as atividades Identificação e Diagnóstico e Preparação do Trabalho antes da Execução do Trabalho propriamente dito, somadas representam parcela considerável de tempo parado para manutenção. Tempos que não existem na Manutenção Preventiva, pois antes da execução das trocas de peças, já se sabe quais devem ser checadas.

2.5 DMAIC

A filosofia Seis Sigma é uma metodologia de melhoria contínua baseada em projetos que buscam a melhoria contínua, sendo uma estratégia gerencial para atingir e manter resultados positivos para a empresa onde será aplicado (RONTONDARO *et al.*, 2008).

Eckes (2011) diz que como base dessa filosofia de melhoria contínua e busca pela redução de desperdícios para alcançar o nível Seis Sigma de qualidade a GE adaptou o método DMAIC, originalmente desenvolvido pela Motorola como MAIC (Medir, Analisar, Incrementar e Controlar), ao adicionar a etapa D (Definir).

Esse método tem como foco a melhoria de produtos e processos já existentes. A implementação de projetos DMAIC resultam no aumento da lucratividade da empresa, redução de custos, otimização de produtos e processos e no incremento da satisfação de clientes e consumidores (WEKERMA, 2013).

O método DMAIC tem características e funções semelhantes a outros métodos de identificação e resolução de problemas como o PDCA, apresentando uma releitura do ciclo PDCA com uma visão mais detalhada da etapa de Planejamento (MAST; LOKERBOLL, 2012).

2.5.1 Definir – Define

Definir é a primeira fase do DMAIC, cujo objetivo é definir de forma clara o processo que apresenta efeitos indesejáveis e identificar os problemas associados a ele que devem ser eliminados ou melhorados (RONTONDARO *et al.*, 2008). Carvalho e Paladini (2012) ainda ressaltam a importância de identificar de forma clara os processos responsáveis pelos resultados insatisfatórios, com isso, tendo o efeito bem definido é possível que se gaste menos tempo para solucionar suas causas.

Nessa primeira fase, Wekerma (2013) diz que se deve também definir os indicadores que serão avaliados (KPI's), a meta quantitativa esperada e escopo do projeto de melhoria, contendo a equipe responsável pela melhoria, cronograma inicial, limite de recursos. O projeto será aprovado pela alta gestão da empresa, para tal é importante demonstrar os ganhos esperados pelo projeto, especialmente o financeiro, esclarecendo a viabilidade econômica do projeto.

Tabela 1 – Atividades e ferramentas da etapa Definir.

Etapa	Atividades	Ferramentas
DEFINIR	Descrever e definir de forma clara o problema.	<i>Projetc Charter</i> , Termo de Abertura do Projeto.
	Analisar o histórico do problema, viabilidade econômica, impacto sobre cliente/consumidores, estratégia da empresa	<i>Projetc Charter</i> , Métricas do Seis Sigma, Gráfico sequencial, Carta de Controle, Gráfico de controle, temporais, Análise Econômica.
	Briefing do projeto: definir indicadores gerenciais, definir equipe multidisciplinar e suas responsabilidades, restrições e cronograma inicial.	<i>Projetc Charter</i> .
	Identificar necessidade dos principais clientes do projeto.	Voz do Cliente – VOC.
	Definir o principal processo envolvido no projeto.	Mapa do fluxo de valor, SIPOC, fluxograma.

Fonte: Adaptado de Wekerma (2006).

A Tabela 1 mostra resumidamente as atividades relacionadas à etapa Definir e as ferramentas que podem ser utilizadas para auxílio.

2.5.2 Medir – Measure

A segunda fase do DMAIC trata da documentação do processo atual e validando como ele é medido e reconhecendo os processos críticos responsáveis pelos maus resultados, como reclamações de clientes, custos elevados, erros de forma, qualidade de suprimentos, etc (CARVALHO; PALADINI, 2005). É importante definir quais características do projeto serão monitoradas, de que forma os dados serão coletados e registrados. Enquanto que na etapa de definição foram definidos os KPIs do projeto, nesta fase serão definidas as metas e as variáveis que implicam nos maus resultados, assim como determinar a localização ou foco do problema (WEKERMA, 2013).

Tabela 2 – Atividades e ferramentas da etapa Medir.

Etapa	Atividades	Ferramentas
MEDIR	Decidir entre as alternativas de coletar novos dados ou usar dados já existentes na empresa.	Avaliação de Sistema de Medição/Inspeção (MSE).
	Identificar a forma de estratificação para o problema.	Estratificação.
	Planejar a coleta de dados.	Plano para Coleta de Dados, Folha de Verificação, Amostragem.
	Preparar e testar os Sistemas de Medição/Inspeção.	Avaliação de Sistema de Medição/Inspeção (MSE).
	Coletar Dados.	Plano para Coleta de Dados, Folha de Verificação, Amostragem.
	Analisar o impacto das várias partes do problema e identificar os problemas prioritários.	Estratificação e Diagrama de Pareto.
	Estudar as variações dos problemas prioritários identificados.	Carta sequencial, Carta de Controle, Análise de Séries Temporais, Histograma, <i>Bloxpot</i> , Índice de Capacidade, Métrica Seis Sigma, Análise Multivariada.
	Estabelecer a meta de cada problema prioritário.	Cálculo Matemático.

Fonte: Adaptado de Wekerma (2006).

A Tabela 2 mostra de forma resumida as atividades relacionadas à etapa Medir e as ferramentas que podem ser utilizadas para auxílio.

2.5.3 Analisar - Analyze

A fase de medição levanta as principais entradas do processo e as causas e efeitos, na etapa de análise são realizadas análises dos dados e dos processos selecionados para determinar relações entre as causas e efeitos, identificando quais contribuem para o baixo desempenho do processo (WEKERMA, 2013).

Tabela 3 – Atividades e ferramentas da etapa Analisar.

Etapa	Atividades	Ferramentas
ANALISAR	Analisar o processo gerador do problema prioritário (<i>Process Door</i>).	Fluxograma, Mapa de Processo, Mapa de Produto, Análise de Tempo de Ciclo, FMEA, FTA.
	Analisar dados do problema prioritário e de seu processo gerador (<i>Process Door</i>).	Avaliação de Sistema de Medição/Inspeção (MSE), Histograma, <i>Boxplot</i> , Estratificação, Diagrama de Dispersão, Cartas "Multi-Vari".
	Identificar e organizar as causas potenciais do problema prioritário.	<i>Brainstorming</i> , Diagrama de Causa e Efeito, Diagrama de Afinidades, Diagrama de Relações.
	Priorizar as causas potenciais do problema prioritário.	Diagrama de Matriz, Matriz de Priorização.
	Quantificar a importância das causas potenciais prioritárias (determinar as causas fundamentais).	Avaliação de Sistema de Medição/Inspeção (MSE), Carta de Controle, Diagrama de Dispersão, Análise de Regressão, Teste de Hipóteses, Análise de Variância, Planejamento de Experimentos, Análise de Tempos de Falhas, Testes de Vida Acelerados.

Fonte: Adaptado de Wekerma (2006).

A Tabela 3 mostra de forma resumida as atividades relacionadas à etapa Analisar e as ferramentas que podem ser utilizadas para auxílio.

2.5.4 Melhorar – Improve

Nesta etapa, Wekerma (2013) expõe que se deve propor, avaliar e implementar soluções para o problema prioritário de forma a reduzir o nível de resultados indesejados. Para isso, há a geração de ideias a respeito das causas dos problemas detectados na etapa anterior, podendo testar estas soluções idealizadas para verificar se a solução escolhida pode ser implementada e gerar resultados significativos.

Tabela 4 – Atividades e ferramentas da etapa Melhorar.

Etapa	Atividades	Ferramentas
MELHORAR	Gerar ideias de soluções potenciais para a eliminação das causas fundamentais do problema prioritário.	<i>Brainstorming</i> , Diagrama de Causa e Efeito, Diagrama de Afinidades, Diagrama de Relações.
	Priorizar as soluções potenciais.	Diagrama de Matriz, Matriz de Priorização.
	Avaliar e minimizar os riscos das soluções prioritárias.	<i>FMEA</i> , <i>Stakeholders Analysis</i> .
	Testar em pequena escala as soluções selecionadas (teste piloto).	Teste na Operação, Teste de Mercado, Simulação.
	Identificar e implementar melhorias ou ajustes para as soluções selecionadas, caso necessário.	Operação Evolutiva (EVOP), Teste de Hipóteses.
	Elaborar e executar um plano para implementação das soluções em larga escala.	5W2H, Diagrama de árvore, Diagrama de Gantt, PERT/COM, Diagrama do Processo Decisório (PDPC).

Fonte: Adaptado de Wekerma (2006).

A Tabela 4 mostra de forma resumida as atividades relacionadas à etapa Melhorar e as ferramentas que podem ser utilizadas para auxílio.

2.5.5 Controlar – Control

A quinta e última etapa do DMAIC é responsável por aplicar as melhorias propostas da etapa anterior, validar os benefícios alcançados, avaliar e controlar o desempenho do processo ao longo do tempo e propor um plano de ações corretivas caso as soluções propostas necessitem, além de padronizar as alterações realizadas nos processos propostos pelas soluções eficazes (WEKERMA, 2013).

Tabela 5 – Atividades e ferramentas da etapa Controlar.

Etapa	Atividades	Ferramentas
CONTROLAR	Avaliar o alcance da meta em larga escala.	Avaliação de Sistema de Medição/Inspeção (MSE), Diagrama de Pareto, Carta de Controle, Histograma, índices de Capacidade, Métricas Six Sigma.
	Padronizar as alterações realizadas no processo em consequência das soluções adotadas.	Procedimentos Padrão (POP), <i>Poka-Yoke</i> (<i>Mistake-proofing</i>).
	Transmitir os novos padrões a todos os envolvidos.	Manuais, Reuniões, Palestras, <i>OTJ</i> (<i>On the Job Training</i>).
	Definir e implementar um plano para monitoramento da performance do processo e do alcance da meta.	Avaliação de Sistema de Medição/Inspeção (MSE), Plano de Coleta de dados, Folha de Verificação, Amostragem, Carta de Controle, Histograma, índices de Capacidade, Métricas Six Sigma, Aud. Do Uso dos Padrões.
	Definir e implementar um plano para tomada de ações corretivas caso surjam problemas no processo.	Relatórios de Anomalias, <i>OACAP</i> (<i>Out of Control Action Plan</i>).
	Sumarizar o que foi aprendido e fazer recomendações para trabalhos futuros.	

Fonte: Adaptado de Wekerma (2006).

A Tabela 5 mostra de forma resumida as atividades relacionadas à etapa Controlar e as ferramentas que podem ser utilizadas para auxílio.

2.6 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Ferramentas da qualidade são técnicas e métodos utilizados para diagnosticar, identificar, priorizar problemas organizacionais, elaborar e implementar soluções e verificar os resultados. A seguir, as ferramentas utilizadas no estudo serão listadas e exploradas.

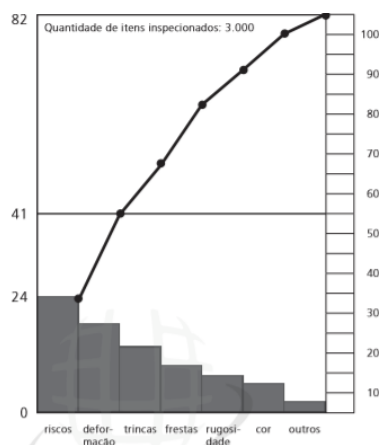
2.6.1 Gráfico de Pareto

Segundo Rontondaro *et al.* (2008), em 1897, o economista italiano Vilfredo Pareto mostrou em seu estudo que a maior parte da riqueza estava alocada em um grupo pequeno de pessoas e J. M. Juran percebeu que o mesmo fenômeno acontecia em problemas relacionados à qualidade. Ainda segundo Rontondaro *et al.* (2008), a aplicação dos estudos de Pareto em problemas organizacionais infere que “as melhorias mais significativas podem ser obtidas se nos concentrarmos nos “poucos problemas vitais” e depois, “nas poucas causas vitais” desse problema.

Rontondaro *et al.* (2008) expõe que essa ferramenta é uma descrição gráfica de dados, apresentando informações para auxiliar na tomada de decisão. Seleme e Stadler (2012), agregam ainda que a ferramenta estabelece uma relação 80/20, ao considerar que 80% dos problemas está relacionado com 20% das causas, de forma que o gráfico permite perceber com facilidade onde concentrar os esforços de melhoria, objetivando os maiores ganhos, ou seja, nos itens que representam as melhores oportunidades.

O processo de criação segue uma lógica simples, deve-se definir o tipo de problema a ser analisado, listar os possíveis fatores de estratificação e determinar como os dados serão classificados, realizar a coleta de dados, elaborar uma planilha com os dados e por fim traçar o diagrama e a linha de percentagem acumulada de cada categoria. Com isso, o gráfico deve conter da esquerda para a direita os itens com maior representatividade, são eles os que apresentam as principais oportunidades de melhoria, e uma curva percentual acumulada dos itens. O diagrama de Pareto é exemplificado na Figura 2.

Figura 2 – Gráfico de Pareto.



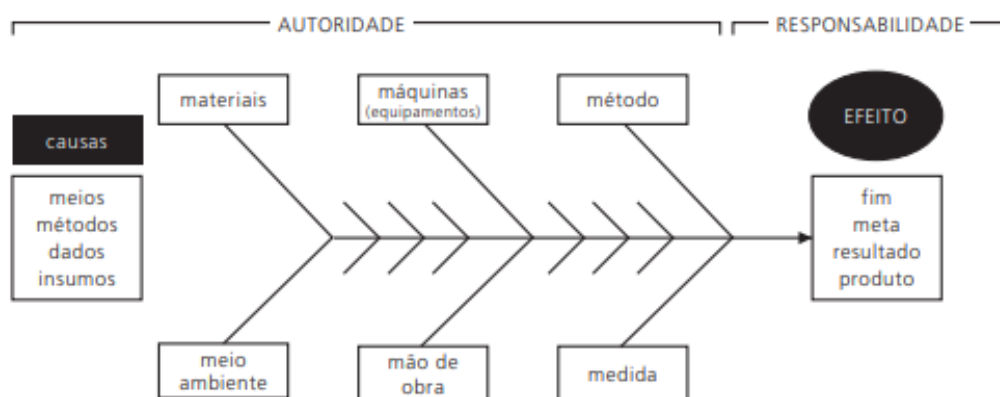
Fonte: Seleme e Stadler, 2012.

2.6.2 Diagrama de Ishikawa

Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama Espinha de Peixe é uma ferramenta utilizada para relacionar determinado resultado de um processo (efeito) com seus diversos fatores influenciadores (causas) (RONTONDARO *et al.*, 2008).

Para Rontondaro *et al.* (2008), em projetos de melhoria, busca-se o problema que deseja ser eliminado, assim o diagrama é usado para levantar e apresentar visualmente as possíveis causas do problema. Nesse sentido, para identificar de forma efetiva tais causas, deve-se abrir um leque de possibilidades aumentado a chance de atingi-las, essa exposição de ideias deve ser desenvolvida com a participação de uma equipe de colaboradores que possuam envolvimento com o processo e o problema, utiliza-se para essa etapa a ferramenta de geração de ideias brainstorming, que será explicada mais adiante no tópico 2.6.5.

Figura 3 – Diagrama de Ishikawa.



Fonte: Seleme e Stadler, 2012.

Seleme e Stadler (2012) complementam classificando os 6 aspectos que caracterizam as causas ou as ações que produzem o efeito analisado, são os 6M:

- a) Materiais: refere-se à análise das características de materiais quanto à sua uniformidade, padrão, etc.;
- b) Máquina: diz respeito à operacionalização do equipamento e ao seu funcionamento adequado;
- c) Método: considera a forma como serão desenvolvidas as ações;

d) Meio ambiente: avalia qual situação pode ser causa de um determinado efeito (situações de execução e/ou de infraestrutura fixa);

Mão de obra: caracteriza o padrão da mão de obra utilizada, se ela é devidamente treinada, se tem as habilidades necessárias, enfim, se está qualificada para o desempenho da tarefa;

e) Medida: traduzida peça forma como os valores são representados (por distância, tempo, temperatura, etc.) e pelos instrumentos de medição utilizados .

2.6.3 Técnica dos 5 Porquês

Segundo Seleme e Stadler (2012), essa ferramenta faz parte da etapa de análise do problema, a fim de identificar as causas do problema, uma vez utilizado o Diagrama de Ishikawa, as 5 perguntas dos Porquês objetiva aprofundar a análise das causas relacionadas ao efeito.

É uma técnica simples, visto que consiste em pergunta sistematicamente “por quê?” para a causa listada, buscando encontrar a verdadeira causa do problema (ou causa raiz). Não necessita realizar as cinco perguntas, pois o problema pode ser superficial e a resposta para ele pode ser encontrada antes da quinta pergunta (SELEME; STADLER, 2012).

Tabela 6 – Técnica dos 5 Porquês.

Perguntas porquês	Respostas encontradas
Por que não há execução de procedimentos de preventivas e cuidados diários?	Pois não há cobrança da liderança.
Por que não há cobrança da liderança?	Pois não há controle dos líderes.
Por que não há controle dos líderes?	Pois não há procedimentos de iniciação de jornada bem definidos.
Por que não há procedimentos de iniciação de jornada bem definidos?	Pois não há fluxo padrão de operação.

Fonte: Autor, 2019.

2.6.4 Tabela 5W2H

A ferramenta 5W2H é utilizada para definição de planos de ação empresariais, sua utilização objetiva responder sete perguntas (originalmente da língua inglesa), de forma que as

respostas esclareçam o problema a ser resolvido ou organizem as ideias de sua resolução (SELEME; STADLER, 2012).

A aplicação da ferramenta é simples, deve seguir as recomendações da tabela proposta por Seleme e Stadler (2012).

Tabela 7 – Modelo Conceitual do 5W2H.

Pergunta	Significado	Pergunta instigadora	Direcionador
What?	O quê?	O que deve ser feito?	O objeto
Who?	Quem?	Quem é o responsável?	O sujeito
Where?	Onde?	Onde deve ser feito?	O local
When?	Quando?	Quando deve ser feito?	O tempo
Why?	Por quê?	Por que é necessário fazer?	A razão/o motivo
How?	Como?	Como será feito?	O método
How much?	Quanto custa?	Quanto vai custar?	O valor

Fonte: Seleme e Stadler, 2012.

2.6.5 Brainstorming

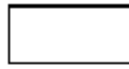








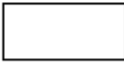


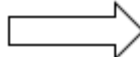



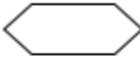

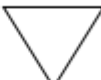

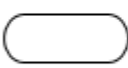







Para Seleme e Stadler (2012), essa ferramenta é utilizada em reuniões com participação de integrantes de diferentes especialidades, os quais possuem liberdade total para expor ideias relacionadas à solução de problemas ou com o objetivo da reunião.

A utilização do *brainstorming* possui três fases: na primeira são geradas as ideias sem julgamentos e sem influências ou críticas; a segunda etapa é voltada para o esclarecimento das ideias e a terceira é quando as ideias são avaliadas e consideradas válidas ou não (SELEME; STADLER, 2012).

2.6.6 Fluxograma

Seleme e Stadler (2012) explicam como “uma ferramenta para “desenhar o fluxo” de processos, por meio de formas e pequenos detalhes”, o que permite a representação visual do fluxo, permitindo identificar possíveis etapas que podem acontecer problemas. A organização das etapas do fluxo é feita por símbolos com significados definidos.

Figura 4 – Simbologia Geral para Fluxograma.

			
Processo	Display	Tambor Magnético	Memória Principal
			
Operação Manual	Direção do Fluxo	Cartão Perfurado	Disco Magnético
			
Decisão	Anotação	Documento	Operação auxiliar
			
Modificação Programa	Espera	Fita Magnética	Sub-rotina
			
Preparação	Fita Papel Perfurada	Arquivo Off-line	Conexão e/ou Operação
			
Terminal	Ou	Entrada Manual	Arquivo On-line
			
Conexão de Página	Junção	Input/Output	Sort

Fonte: Adaptado de Seleme e Stadler, 2012.

Essa simbologia foi utilizada no estudo para mapear e ilustrar os processos relacionados à manutenção e facilitar a compreensão do mesmo.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentadas as características da pesquisa, a metodologia utilizada para realizar o estudo, assim como uma breve apresentação da empresa em que será realizada.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho pode ser classificado quanto ao objetivo e utilização dos dados, como uma pesquisa exploratória e aplicada. Tem como objetivo investigar, explorar, descrever e sugerir melhorias baseadas nos resultados extraídos e na realidade física e financeira da empresa.

A pesquisa será realizada na totalidade da frota de veículos e máquinas pesadas da empresa, com dados antes e após o início da pesquisa, tendo características de um estudo longitudinal.

Quanto a abordagem e procedência dos dados, como pesquisa quantitativa e qualitativa com dados primários e secundários. Utilizando-se como fonte de dados os históricos de Ordens de Serviço, os documentos preenchidos diariamente ou mensalmente pela equipe de motoristas, operadores, apontadores, supervisores e encarregados da empresa, fornecendo dados estatísticos com apoio de inferências baseadas em técnicas de gestão para analisá-los.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Em relação ao procedimentos metodológicos utilizados, foi tido como base o método DMAIC, o qual é a abordagem de solução de problemas base da metodologia Seis Sigma. Essa metodologia consiste em cinco etapa encadeadas, cujo significado da sigla DMAIC é derivado do inglês, Define, Measure, Analyze, Improve, Control, ou seja, Definir (D), Medir (M), Analisar (A), Melhorar (I), Controlar (C).

Cada etapa possui atividades e ferramentas de auxílio aconselhadas para dar prosseguimento a melhoria. No entanto, o estudo não se utilizará de todas as recomendações, visto que são atividades e ferramentas que devem ser utilizadas apenas quando necessárias à realidade de cada empresa, seguimento e situação, não sendo obrigatórias.

Na etapa Definir, o cenário que circunda a problemática será explorado. O problema será definido através de brainstorming, reclamações do cliente, análises breves dos setores relacionados à prestação de serviço, além de utilizar como base o relato e conversas de gerentes,

diretores e outros profissionais da empresa. Ademais será definida a equipe voltada para a melhoria do processo, o período destinado ao projeto, o indicador alvo que está atrelado à satisfação e às reclamações do cliente, assim como os setores que interferem nesse resultado.

Em Medir, com o problema, o indicador, as pessoas e os setores envolvidos já definidos, será estabelecido um método de coleta de dados e então serão feitas medições e estratificações dos resultados alcançados historicamente pela empresa. Através do gráfico de Pareto e estratificação será possível identificar pontos críticos relacionados aos resultados indesejados.

Já na etapa Analisar, serão analisados os resultados relacionados ao problema e com isso buscar-se-á as prováveis causas raízes dos efeitos problemáticos obtidos pela empresa ao decorrer do tempo, com auxílio do Diagrama de Ishikawa e da técnica dos 5 porquês.

Essa análise permitirá entender o que está gerando os resultados ruins e com isso serão propostas soluções voltadas para cada causa fundamental através de um plano de ação, utilizando a ferramenta 5W2H, para buscar reverter esse cenário, concluindo a etapa Melhorar.

A última etapa do DMAIC, Controle, será dedicada a garantir que as soluções propostas pela etapa Melhorar sejam executadas. Além de padronizar os procedimentos tidos como bem sucedidos, através de documentos, registros, fluxos e procedimentos padronizados com treinamentos internos e externos, palestras e acompanhamento de desempenho dos setores.

Por fim, serão realizadas comparações entre os cenários relacionados ao indicador e ao impacto financeiro obtido devido a evolução e realização do estudo.

3.3 LÓCUS DA PESQUISA

A pesquisa será realizada em uma empresa do ramo logístico, localizada na estrada de Barcarena/PA, atua no mercado a 20 anos. Atualmente possui como principais clientes, duas grandes empresas do setor metal-metalúrgico, sendo responsável pelo transporte de pessoas e de cargas químicas. Esta empresa, denominada PLENA, foi um dos locais onde o autor exerceu suas atividades profissionais, na área de manutenção, o que motivou a execução deste trabalho no tema em questão.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 CARACTERÍSTICAS DA EMPRESA

O grupo empresarial VIDA, controladora das empresas SUCESSO, LM e PLENA, sendo as duas primeiras atuantes no mercado de transporte de pessoas, a Sucesso com frota de veículos composta por ônibus, micro-ônibus e vans e a LM com o aluguel de veículos leves, já a última, Plena, voltada para transporte de materiais químicos, com máquinas pesadas que formam a frota, composta por caminhões basculantes, escavadeiras, empilhadeiras, mini pás carregadeiras, pás carregadeiras e retroescavadeiras.

O grupo VIDA conta com mais de 200 funcionários, sendo um grupo empresarial familiar que atua no ramo logístico a mais de 20 anos, oferecendo serviços de transporte de pessoas, transporte de cargas, serviços industriais, operações portuárias, transporte de resíduos industriais e locação de equipamentos, veículos leves e pesados.

Nesse longo tempo de experiência já prestou serviços em diferentes localidades do Pará, com destaque para cidades da Região do Salgado. Atualmente, seus principais clientes são duas grandes empresas do setor metal-metalúrgico, sendo responsável pelo transporte de pessoas e de cargas químicas das mesmas.

A empresa PLENA que atua especificamente no transporte de materiais químicos é a empresa objeto do estudo deste trabalho.

4.2 LOCALIZAÇÃO E LAYOUT

A empresa possui duas estruturas prediais, a primeira estrutura composta pela garagem de manutenção (Figura 5), localizada na Rodovia PA 481 que liga as cidades de Barcarena e Abaetetuba, e a segunda é sua matriz e escritório que localiza-se no Distrito de Vila do Conde (Figura 6), município de Barcarena, Estado do Pará.

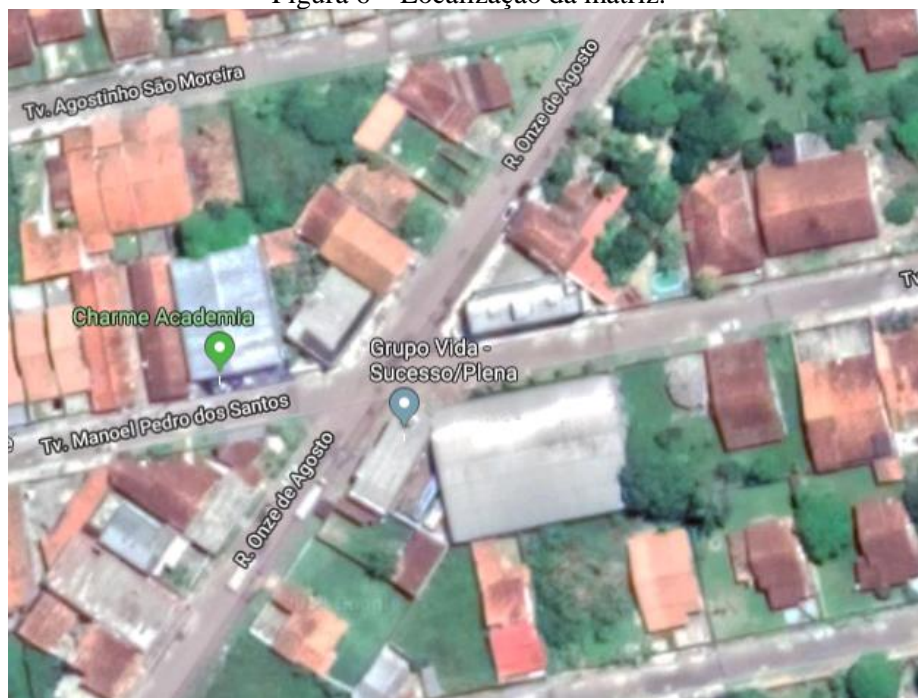
Figura 5 – Localização da garagem de manutenção.



Fonte: Google Maps, 2019.

A garagem da empresa possui aproximadamente 10.000 m² quase totalmente destinada para garagem e manutenção de veículos pesados e máquinas. A estrutura física é dividida entre os seguintes espaços: portaria; prédio administrativo, o qual contempla salas de reunião, de suprimentos, de recursos humanos, de logística e de planejamento de manutenção; a garagem de veículos, onde ficam estacionados veículos e máquinas na fila para manutenção e funciona como área de testes; almoxarifado; posto de combustível, com tanques de diesel com 15 mil litros de capacidade; setor de manutenção, com as áreas de montagem e desmontagem de motores, setor elétrico, setor de lubrificação, borracharia.

Figura 6 – Localização da matriz.



Fonte: Google Maps, 2018.

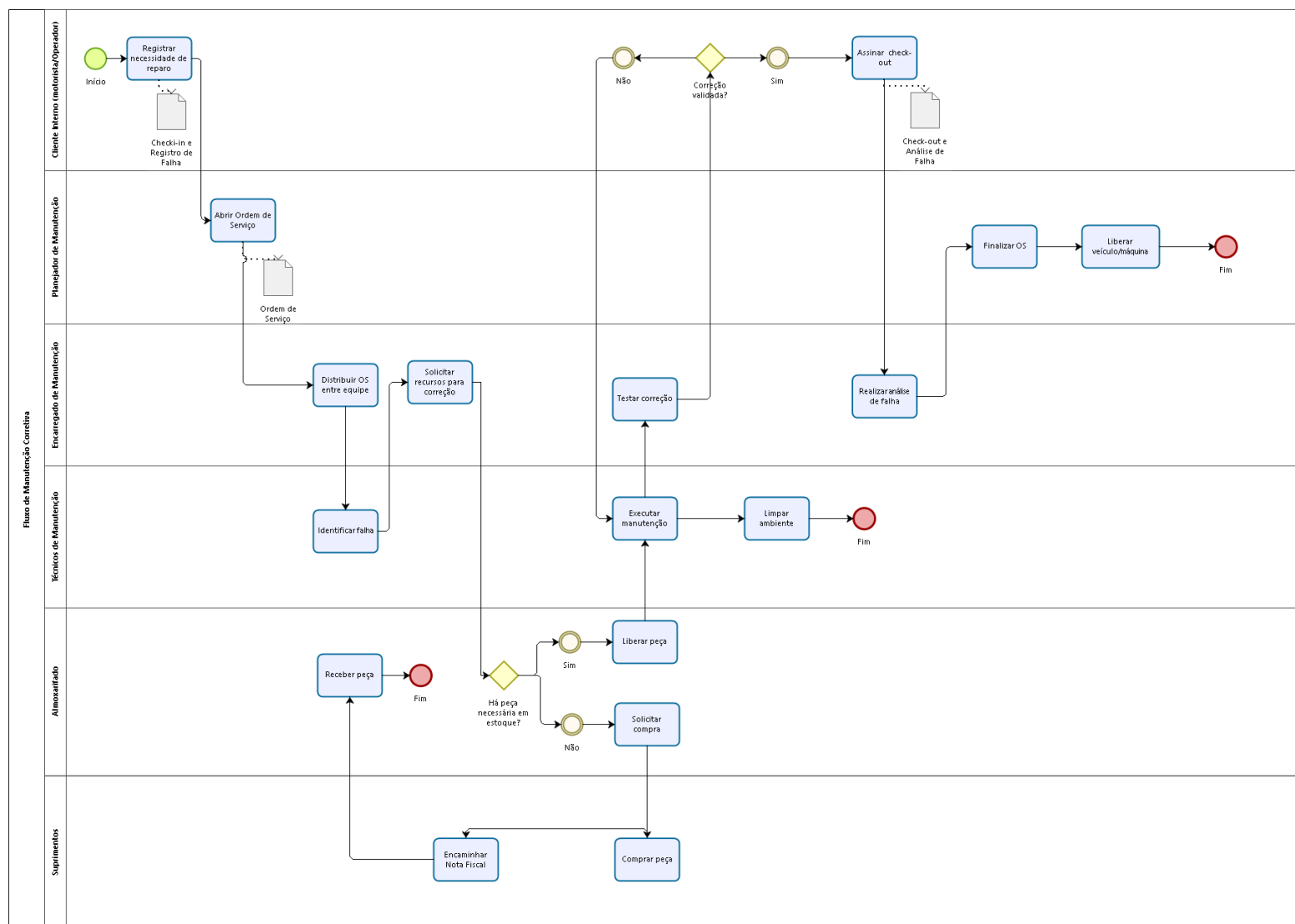
A matriz da organização localiza-se estrategicamente no Distrito de Vila dos Cabanos para melhor receber visitas de clientes e fornecedores, localiza-se nas proximidades de onde a maior parte dos colaboradores mora.

Esse prédio contempla a sala presidencial, sala administrativa, sala de treinamento, além de uma ampla área de garagem para lavar e limpar o patrimônio de máquinas e veículos da empresa.

4.3 MAPEAMENTO DO FLUXO

A seguir, será apresentado o fluxo de manutenção juntamente com a explicação de como funciona o setor no dia-a-dia.

Figura 7 – Fluxo de manutenção.



Fonte: Autor, 2019.

O processo de manutenção corretiva inicia com o registro de necessidade de uma ação corretiva, ou seja, uma falha operacional durante a rotina de um cliente interno (Motorista ou Operador de máquina).

Esse registro é feito através de um registro de falha do equipamento e de um check-in entregue ao Planejador de Manutenção, que abrirá uma Ordem de Serviço (OS). Em seguida, essa OS é repassada ao Encarregado de Manutenção, quem definirá os recursos necessários para corrigir a falha da máquina. Se for uma manutenção preventiva, os recursos já são previamente definidos pelo planejador, o qual solicita para o almoxarifado disponibilizá-los e realiza a programação de manutenções preventivas. Assim, o Encarregado distribui as OS's e orienta a execução das mesmas entre os Técnicos de Manutenção, os quais são responsáveis por executar a manutenção.

Quando finalizada a manutenção, o Técnico de manutenção deve limpar o ambiente e o Encarregado de Manutenção realiza os testes juntamente com o Cliente que solicitou a manutenção. Se não for validado, a manutenção deve ser refeita, caso validado o Cliente realiza o check-out do equipamento, o Encarregado é responsável por averiguar a falha e com auxílio de outro profissional (Gerente de Operação, Gerente de Manutenção, Operador, Engenheiro de Segurança, Técnico de Manutenção, ou outro) que possa estar vinculado à falha e por fim o Planejador finaliza a OS no sistema.

4.4 APLICAÇÃO DO DMAIC

4.4.1 Definir

Para identificar o problema, estabeleceu-se que uma das formas de se propor melhorias é atingindo a satisfação do cliente. Essa satisfação do cliente é medida pela disponibilidade operacional de equipamentos, definidos quantitativamente a partir dos contratos entre o mesmo e a empresa, o qual pontua a quantidade necessária de máquinas por atividade e tempo.

Dessa forma, o faturamento da empresa estudada é resultado da disponibilidade operacional, que é baseado pelo faturamento/hora operado por cada máquina. Essa relação é apresentada na Tabela 8, a seguir:

Tabela 8 – Faturamento/hora.

Categoria	Faturamento/hora	Hora/dia
Escavadeira	R\$ 132,19	22
Pá carregadeira	R\$ 109,91	22
Caminhão pipa	R\$ 93,12	22
Carreta carga seca	R\$ 89,54	8
Caminhão Caçamba	R\$ 80,54	22
Retroescavadeira	R\$ 77,09	8
Empilhadeira	R\$ 55,78	22
Minipá carregadeira com varredeira	R\$ 55,43	22
Minipá carregadeira	R\$ 54,02	8

Fonte: Autor, 2019.

A indisponibilidade operacional ou atraso na movimentação do composto químico geram penalidades contratuais elevadas o que leva a empresa, em caso de necessidade, a alugar equipamentos de outras empresas com custos elevados e não previstos.

Por motivos econômicos, em anos anteriores, a empresa optou por reduzir o quadro administrativo, reorganizando a gerência com duas funções para um mesmo gestor. Assim, um único gestor ficou responsável pelo cargo de gerente de operações e gerente de manutenção simultaneamente, o que o sobrecarregou de forma a dedicar-se apenas aos problemas do cotidiano e solucioná-los assim que surgiam.

Dessa forma, não havia um controle gerencial baseado em dados estatísticos, portanto, além de intuição empírica, não havia informação registrada sobre quais máquinas quebravam mais, quanto tempo ficavam paradas, quais tipos de falhas ocorriam, onde localizava-se a maioria das falhas, o que não permitia um gerenciamento planejado e voltado para reduzir o indicador, tampouco atividades padronizadas.

Nesse cenário, a equipe de manutenção atuava quase que em sua totalidade em manutenções corretivas e com métodos operacionais não padronizados, baseados na experiência diária e sem parâmetros para realizar medidas com intuito de modificar o cenário crítico do setor. Ao mesmo tempo, o setor de operação das máquinas também possuía operações não padronizadas e índices de quebras e falhas elevados.

No ano do estudo, essas funções foram fragmentadas novamente, permitindo realizar o estudo e reverter esse cenário crítico. Logo, buscou-se analisar estatisticamente as ocorrências e agir sobre os dados coletados.

Tendo isso em vista, identificou-se o problema como a insatisfação do cliente, com reclamações recorrentes e os altos custos operacionais, devido ao alto índice de indisponibilidade da frota de máquinas pesadas da operação de movimentação de hidrato e também à estratégia utilizada pelo setor de manutenção.

A equipe montada para solucionar a problemática incluiu três profissionais específicos para se responsabilizarem pelo projeto, além de dois gerentes e outros profissionais de diferentes setores da empresa que teriam como objetivo satisfazer o desejo do cliente que está vinculado ao indicador de disponibilidade das máquinas.

Para isso, a equipe teria oito meses, ou seja, de janeiro a agosto de 2019, como prazo para aumentar para 80% o valor do indicador estabelecido e conseqüentemente aumentar o faturamento da empresa estudada.

4.4.2 Medir

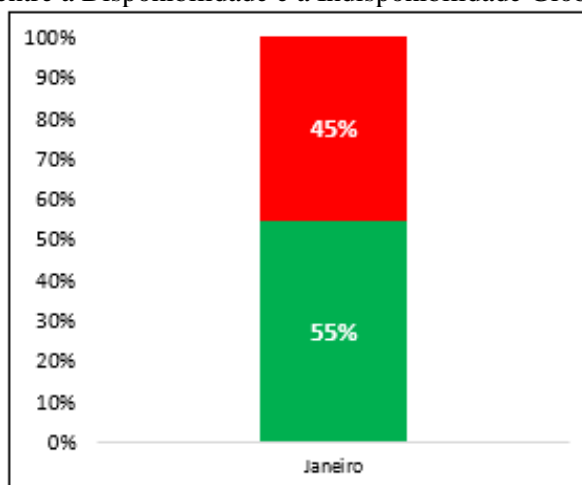
No segundo momento, buscou-se levantar o histórico de disponibilidade e indisponibilidade, no entanto, no primeiro mês de estudo, os dados para formar o indicador ainda não haviam sido validados de forma confiável o suficiente.

Dessa forma, optou-se por adaptar a Eq. 6 para adequá-la em relação às informações retiradas do faturamento mensal, permitindo confrontar o faturamento máximo permitido pelo contrato, considerado 100% da disponibilidade exigida, e o faturamento obtido. A divisão entre faturamento obtido e faturamento máximo alcançável contratualmente ($\frac{\text{Faturamento Obtido}}{\text{Faturamento Máximo}}$), sem contar com as penalidades contratuais, possibilitou inferir a disponibilidade obtida no mês em questão.

Essa estratégia não permitiu detalhar o faturamento por máquina, como nos meses seguintes, mas foi possível extrair a disponibilidade global. Tal indicador de desempenho do primeiro mês de estudo, janeiro de 2019, teve como resultado um valor de 55%.

Com isso, a comparação entre disponibilidade e indisponibilidade do primeiro mês de estudo é exposto no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Comparação entre a Disponibilidade e a Indisponibilidade Global (janeiro - 2019).

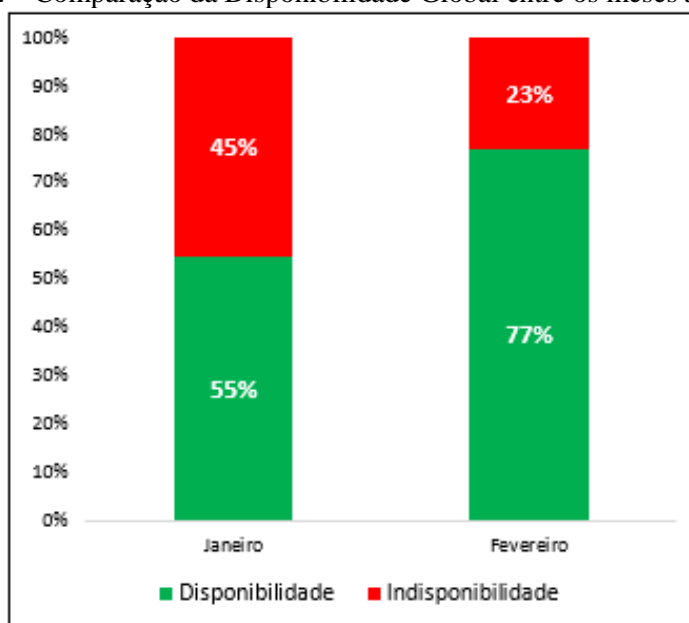


Fonte: Autor, 2019.

Dessa forma, a disponibilidade apresenta o índice de 55% e a indisponibilidade por sua vez, 45%, sendo um cenário preocupante no quesito econômico e em relacionamento com o cliente.

A partir desse cenário insatisfatório, e sem dados estatísticos, a equipe decidiu atuar de imediato como forma de melhorar desde o primeiro mês de atuação o cenário, assim foi estabelecido, através de reuniões e brainstorming, prováveis causas e soluções para as mesmas a fim de modificar positivamente o indicador. Dessa forma, o resultado do segundo mês de estudo em comparação com o primeiro é mostrado no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Comparação da Disponibilidade Global entre os meses Janeiro e Fevereiro.



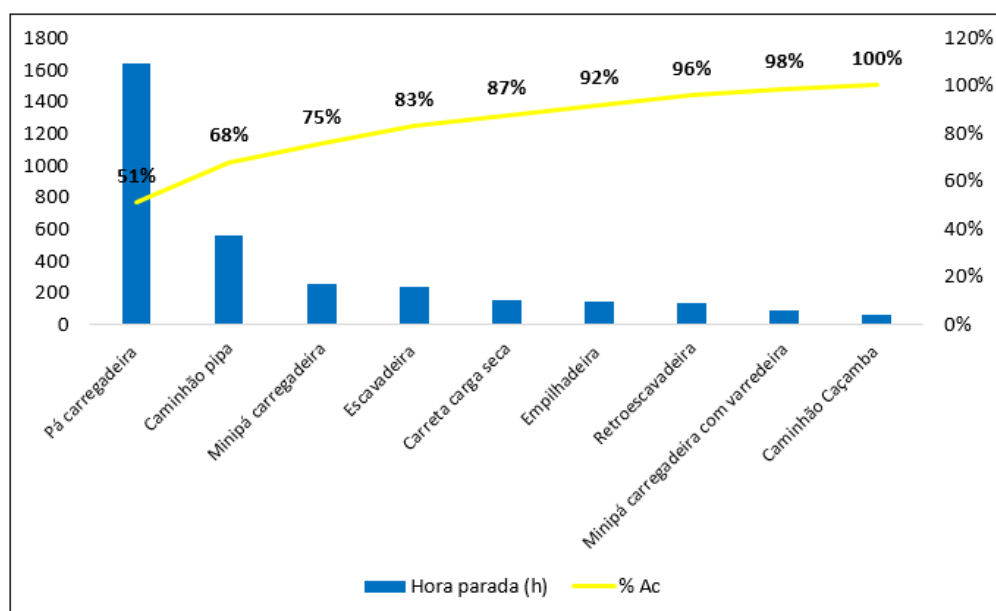
Fonte: Autor, 2019.

O gráfico mostra que ainda sem dados estatísticos aprimorados, mas com atuação planejada, através de manutenções programadas, e adotando ações baseada na experiência diária da equipe, com novas diretrizes gerenciais a equipe conseguiu melhorar significativamente o resultado do indicador.

Nos meses seguintes, com o aperfeiçoamento do controle gerencial e refinamento dos registros estatísticos foi possível elaborar estratégias baseadas em ferramentas da qualidade para estabelecer com precisão as causas raízes do problema relacionado à disponibilidade. Portanto, a fim de obter mais precisão e confiabilidade nos dados operacionais, foi elaborado um Controle Operacional das Máquinas, denominado de Farol, que nada mais era que uma planilha em utilizando o software Microsoft Excel, o qual era apontado diariamente o tempo de disponibilidade de cada máquina e o tempo parado devido a falha operacional.

Dessa forma analisando detalhadamente os controles, pode-se identificar quais foram as máquinas que contribuíram de forma mais relevante para o resultado da disponibilidade dos meses de janeiro e fevereiro. Nesse sentido, utilizando o Controle Operacional das Máquinas para inferir quais máquinas implicaram em maiores horas paradas, apresenta-se o Gráfico 3 a seguir:

Gráfico 3 – Gráfico de Pareto: Horas Paradas por Categoria (Fevereiro/2019).



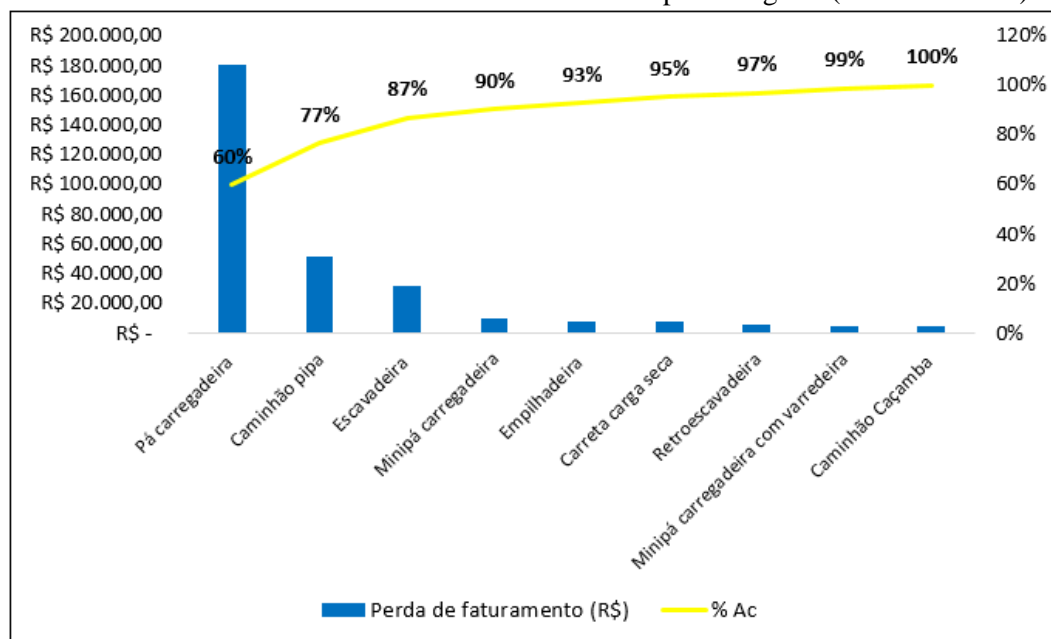
Fonte: Autor, 2019.

Com isso, percebe-se que a categoria com mais horas paradas é a de Pás Carregadeiras, com 1637 horas perdidas por indisponibilidade no mês de fevereiro, o que representa 51% do total de horas paradas entre todas as categorias de máquinas. A segunda categoria com mais

horas paradas foi Caminhão Pipa, com 551 horas paradas, ou seja, 17% do total. Em terceiro, Minipá Carregadeira, 248 horas (8%).

Esses quantitativos de horas paradas, quando relacionados com os dados da Tabela 8, representam uma perda total de faturamento de R\$ 302.143,09, detalhados no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Gráfico de Pareto: Perda de Faturamento por Categoria (Fevereiro/2019).



Fonte: Autor, 2019.

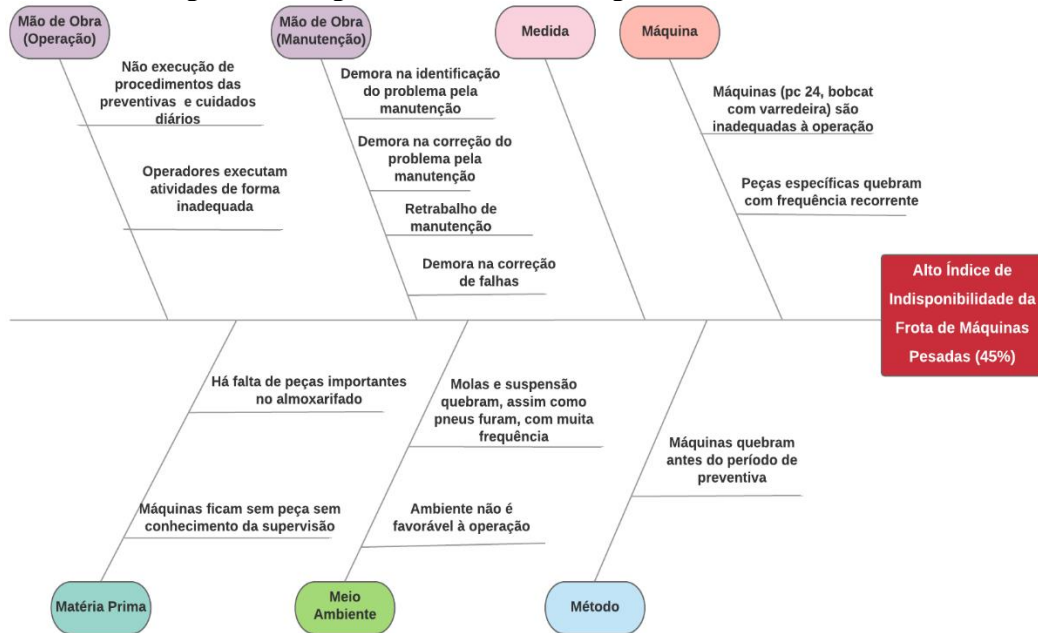
De acordo com a precificação por hora, a categoria Pá Carregadeira continua como a mais preocupante e relevante, seguida por Caminhão Pipa e Escavadeira com um prejuízo de R\$179.922,67 (60%), R\$51.309,12 (17%) e R\$31.196,84 (10%) respectivamente.

4.4.3 Analisar

Como é proposto pela metodologia DMAIC, a terceira etapa está relacionada com a análise dos resultados. Assim, foi feito um brainstorming para relacionar as causas ao problema, montando assim um diagrama de Ishikawa com o desdobramento dos 5 porquês. Os participantes dessa reunião foram o gestor de manutenção, o planejador de manutenção, o supervisor de manutenção, o encarregado de manutenção, técnicos de manutenção, o gestor de operação, o gestor de contrato, o supervisor e o encarregado de operação.

Durante a reunião foram expostas as ideias e após a avaliação das hipóteses o resultado é exposto na Figura 8 a seguir.

Figura 8 – Diagrama de Ishikawa: Diagrama de causa e efeito.

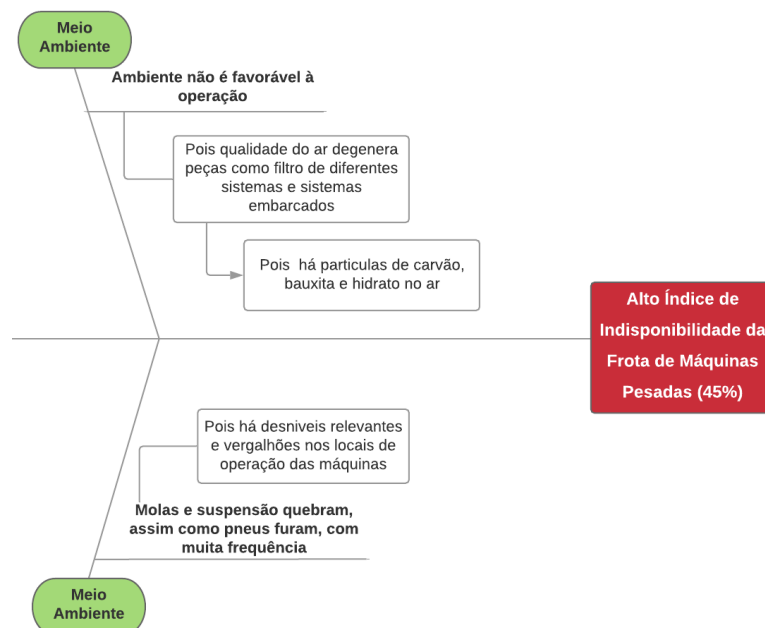


Fonte: Autor, 2019.

Para melhor visualização, a Figura 8 apresenta o Diagrama de Causa e Efeito contendo apenas as causas aparentes do problema encontrado. Já nas 6 figuras seguintes, da Figura 9 à Figura 14, são apresentados os diagramas com a explicação dos “5 Por quês?”, detalhando as causas raízes identificadas pela equipe envolvida.

As figuras representam os 6 M's do diagrama, Meio Ambiente, Método, Matéria Prima, Máquina, Mão de Obra e Medida. O aspecto Medida não possui nenhuma causa aparente identificada pela equipe, portanto não será apresentado um diagrama destinado à tal.

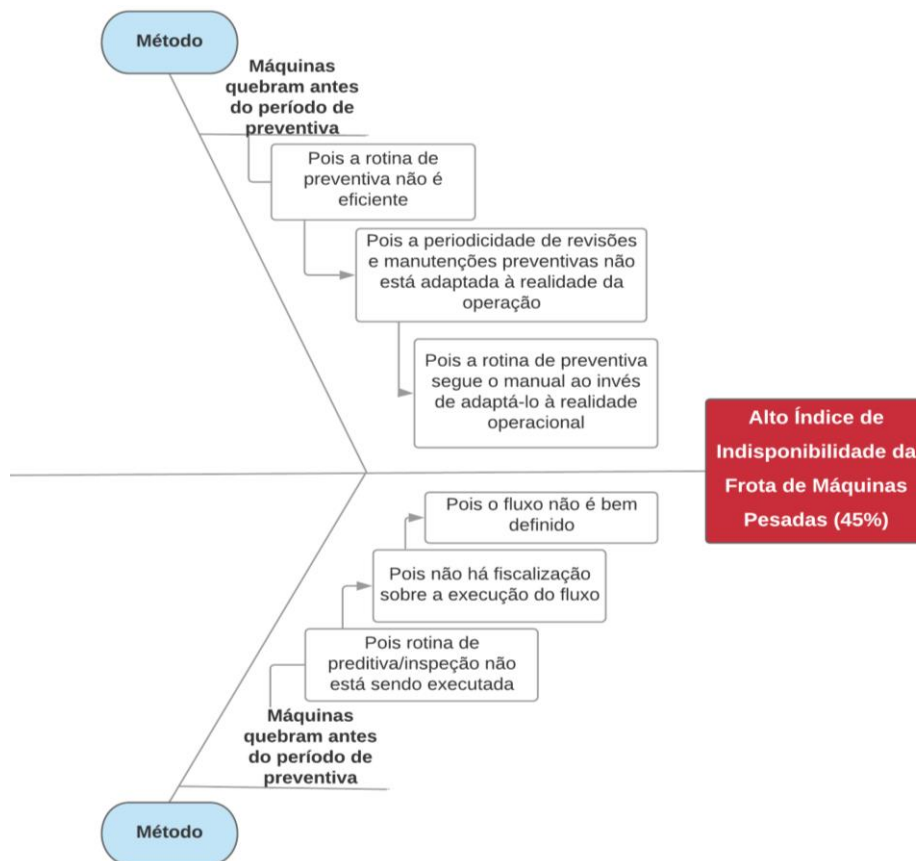
Figura 9 – Diagrama de Ishikawa: Meio Ambiente.



Fonte: Autor, 2019.

No âmbito do Meio Ambiente, as duas causas aparentes listadas foram: “Ambiente não é favorável à operação” e “Molas e suspensão quebram, assim como pneus furam, com muita frequência”. Desencadeando, respectivamente, nas causas raízes: “pois há partículas de carvão, bauxita e hidrato no ar” e “Pois há desníveis relevantes e vergalhões nos locais de operação das máquinas”. A primeira causa raiz listada não teve solução apontada, pois trata-se de uma característica inerente à operação e inevitável controle, mas será amenizada com outras soluções propostas para outras causas relacionadas em outros aspectos. Como solução para a outra causa raiz, foi solicitado ao setor de infraestrutura da indústria que um projeto de nivelamento fosse realizado.

Figura 10 – Diagrama de Ishikawa: Método.

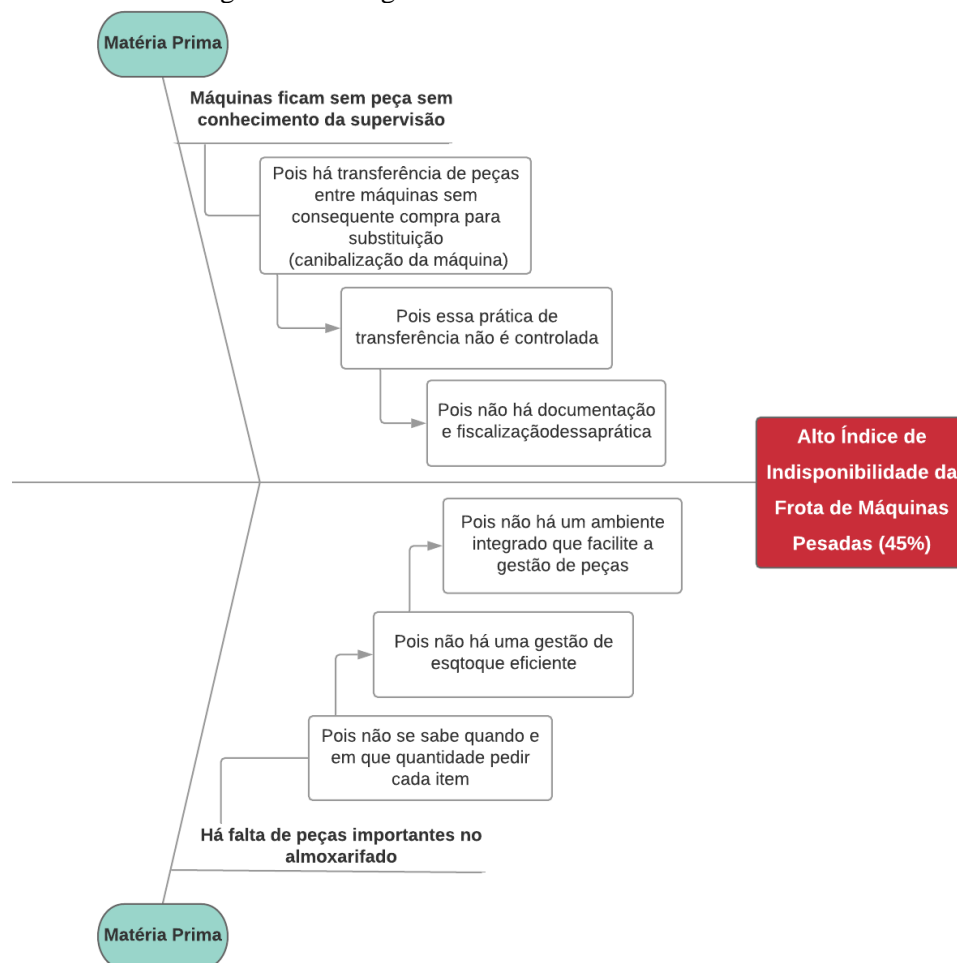


Fonte: Autor, 2019.

O aspecto do Método teve como causa aparente: “Máquinas quebram antes do período de preventiva”, mas duas causas raízes: “Pois o fluxo não é bem definido” e “Pois a rotina de preventiva segue o manual ao invés de adaptá-lo à realidade operacional”. Como solução para as causas o fluxo de preventivas foi reavaliado, padronizado e apresentado à equipe, e foi feito um estudo de periodicidade das quebras mais relevantes, com isso modificou-se os prazos da preventiva.

Ambas as soluções atingem outras causas raízes, como é o caso do aspecto Meio Ambiente, onde há uma causa raiz provinda de uma característica inerente ao ambiente de operação, o que prejudica a máquina como um todo, mas com destaque para alguma peças ligadas ao sistema de filtragem, engrenagens e aparatos eletrônicos. Essa causa que não houve solução apontada será amenizada com a modificação dos períodos de preventivas, de forma a antecipar as falhas decorrentes das causas ambientais.

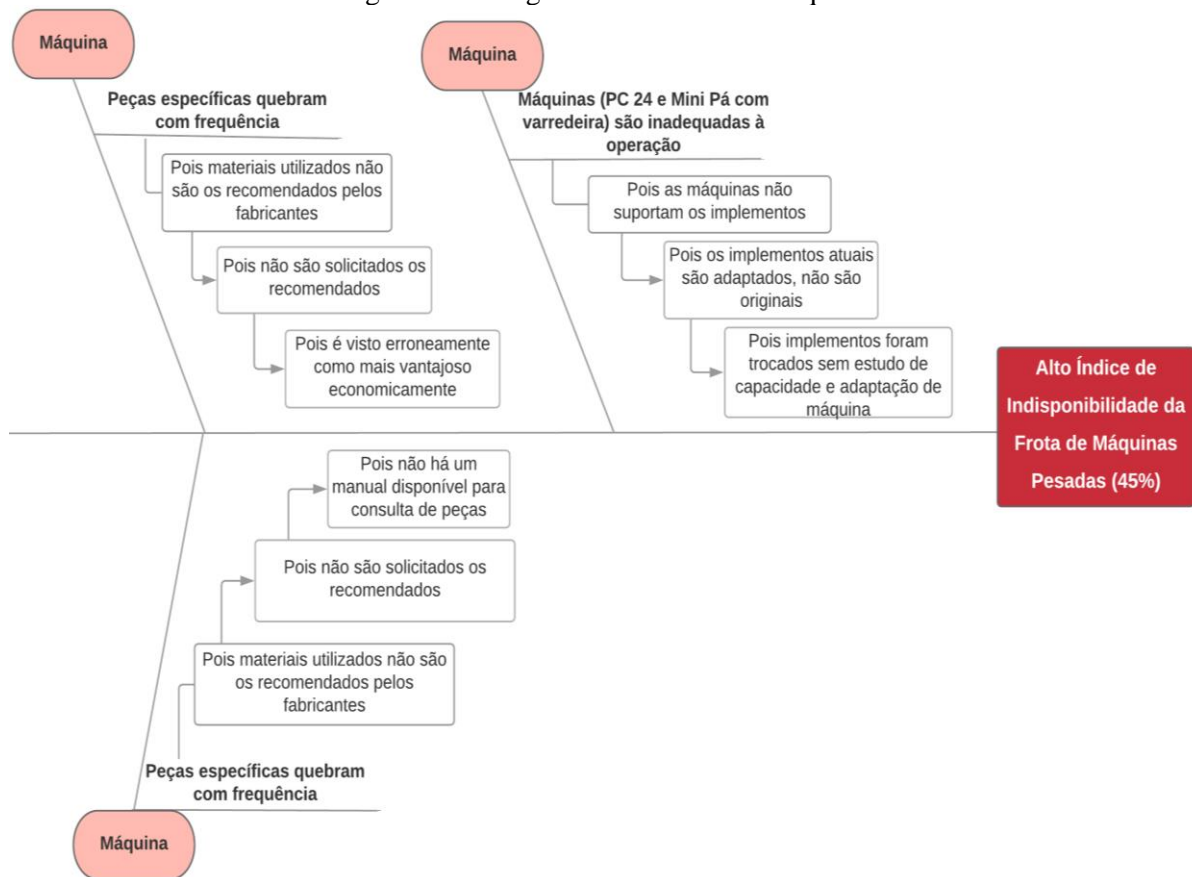
Figura 11 – Diagrama de Ishikawa: Matéria Prima.



Fonte: Autor, 2019.

Em Matéria Prima, a causa aparente “Máquinas ficam sem peças sem conhecimento da supervisão”, com causa raiz “Pois não há documentação e fiscalização dessa prática” a solução proposta foi documentar transferências de peças e repassar demanda para setor de compras. Já para a causa “Há falta de uma gestão de estoque eficiente”, com a causa raiz “Pois não há um ambiente integrado que facilite a gestão de peças” a solução decidida foi a obtenção de um sistema ERP”.

Figura 12 – Diagrama de Ishikawa: Máquina.

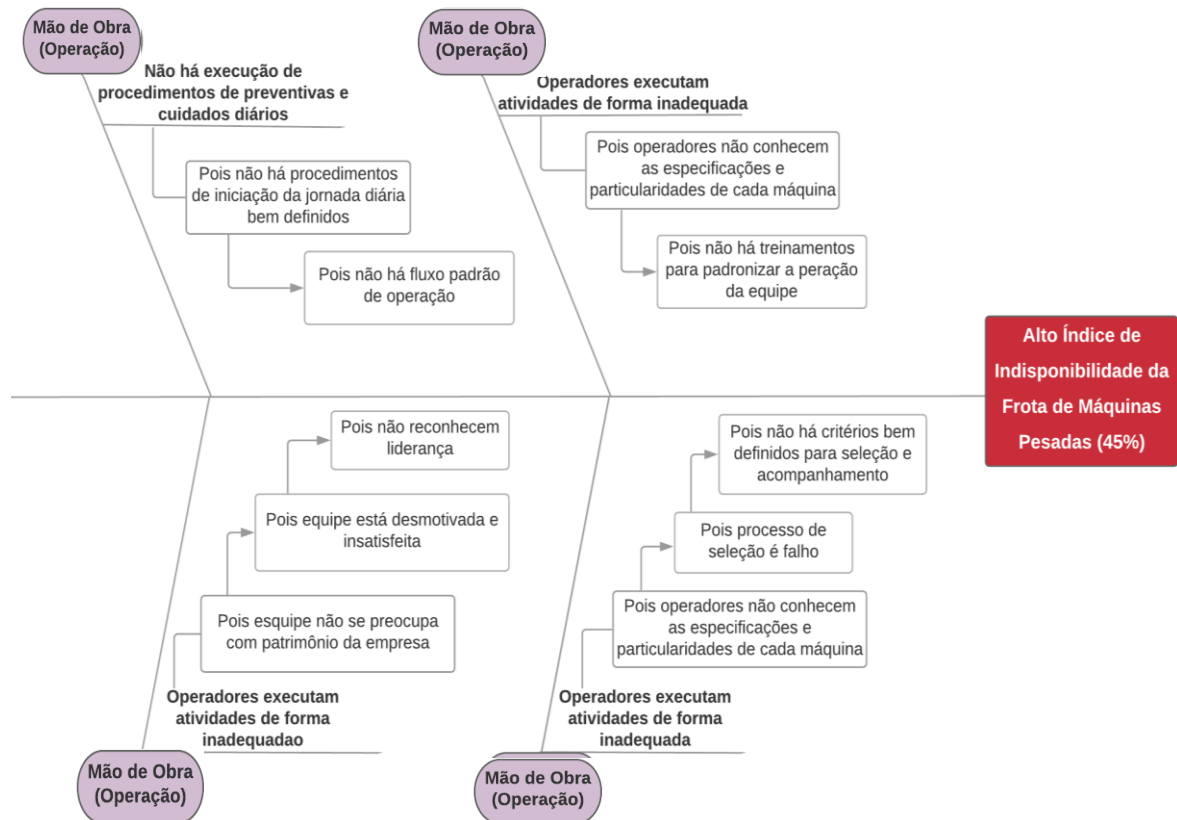


Fonte: Autor, 2019.

No quarto aspecto, Máquina, uma das causas identificadas foi: “Máquinas (PC 24 e Mini pá com varredeira) são inadequadas à operação”, essa causa tem sua raiz nas justificativa “Pois implementos foram trocados sem estudo de capacidade e adaptação da máquina”. Assim, a solução abordadas foi manter implementos originais, conforme capacidade determinada pelo fabricante.

A causa “Peças específicas quebram com frequência recorrente” teve duas causas raízes diferentes, são elas: “pois não há um manual disponível para consulta de peças” e “pois é visto erroneamente como vantajoso economicamente”, as soluções respectivas previstas foram disponibilizar os manuais para consulta e padronizar a solicitação de peças, de acordo com as recomendações do fabricante.

Figura 13 – Diagrama de Ishikawa: Mão de Obra (Operação).



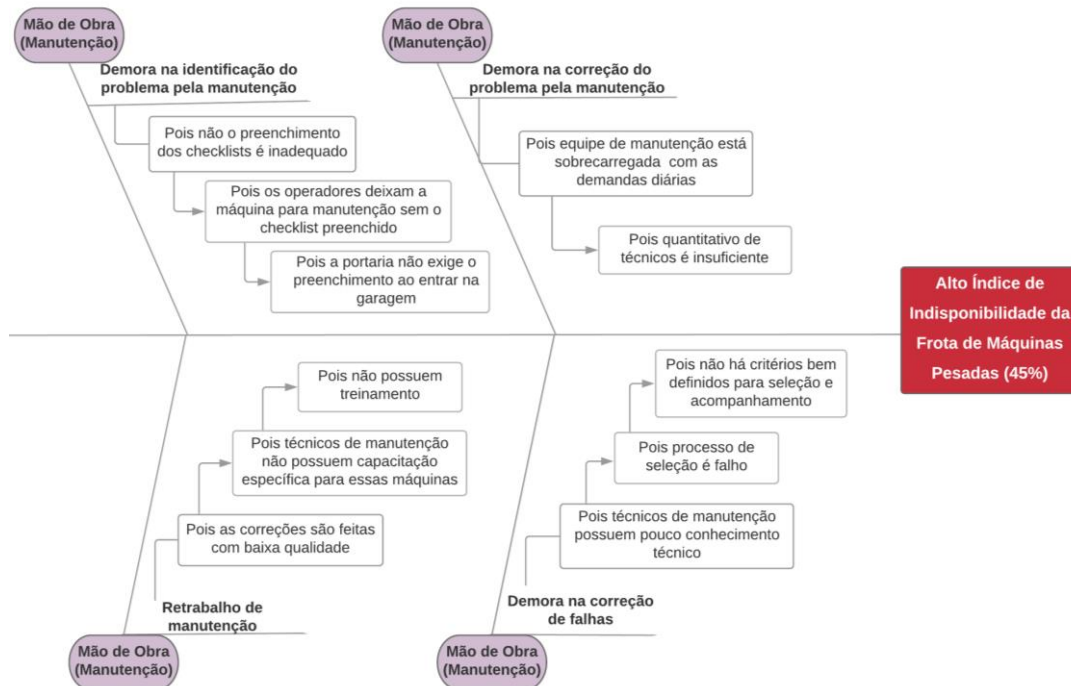
Fonte: Autor, 2019.

A Mão de Obra foi dividida entre responsabilidades da manutenção e da operação. Em relação à operação, as causas relatadas foram “Operadores executam atividades de forma inadequada” e “Não há execução de procedimentos de preventivas e cuidados diários”.

A primeira causa possuiu três causas raízes: “Pois não reconhecem liderança”, “Pois não há critérios bem definidos para seleção e acompanhamento” e “Pois não há treinamento para treinar a operação”, com as respectivas soluções: criar um plano de desenvolvimento para a liderança, estruturar um documento de perfil de cargos e um procedimento padrão para a etapa de seleção de novos colaboradores, desenvolver treinamentos para operadores das máquinas mais importantes

Já a outra causa aparente, teve a justificativa em “Pois não há fluxo padrão de operação” foi optado para resolver essa problemática a atividade de definir um Procedimento Operacional Padrão para operação e treinar equipe.

Figura 14 – Diagrama de Ishikawa: Mão de Obra (Manutenção).



Fonte: Autor, 2019.

No que se refere à manutenção, as causas apontadas foram “Retrabalho de manutenção” com a raiz em “Pois não possuem treinamento”; “Demora na correção de falhas” e a raiz “Pois não há critérios bem definidos para seleção e acompanhamento”; “Demora na correção de problemas pela manutenção” com a justificativa “Pois quantitativo de técnicos é insuficiente” e “Demora na identificação do problema pela manutenção com o porquê “Pois a portaria não exige o preenchimento ao entrar na garagem””.

Para solucionar as problemáticas foi decidido: desenvolver treinamentos para técnicos das máquinas pesadas mais importantes e multiplicar conhecimento, contratação de um técnico especializado em Pás Carregadeiras, contratação de técnicos especializados nas áreas com capacidade produtiva saturada (elétrica e mecânica), estruturar um documento de perfil de cargos e um procedimento padrão para a etapa de seleção de novos colaboradores, elaborar POP para a portaria e treinar equipe.

4.4.4 Melhorar

Tendo em vista as problemáticas apresentadas, a equipe se voltou a buscar soluções para os problemas prioritários definidos pela equipe e a planejar a execução das melhorias. Nesse aspecto, criou-se um plano de ação baseado na ferramenta 5W2H para a realização e acompanhamento das atividades. O resultado dessa organização é apresentada na Figura 15.

Figura 15 – Plano de Ação.

 Reorganização da Equipe de Gestão							
ITEM	(POR QUE / WHY?)	(O QUE / WHAT?)	(COMO / HOW?)	(ONDE / WHERE?)	(QUEM / WHO?)	(QUANTO / HOW MANY?)	(QUANDO / WHEN?)
	CAUSA RAÍZ	DESCRIÇÃO DA AÇÃO	MEDIDAS	LOCAL	RESPONSÁVEL	ORÇAMENTO	DATA DE ENTREGA
1	Pois há desniveis relevantes e vergalhões nos locais de operação das máquinas	Projeto de nivelamento da moega e rampa	Elaborar relatório de análise de falha	Arienga	Rafael Creão	-	14/mai
			Apresentar resultado do relatório à gerencia de área do cliente	Cliente	Wagner	-	17/mai
			Solicitar ao setor de infraestrutura da indústria o nivelamento e melhoria do caminho trafegável pelas máquinas	Cliente	Wagner	-	20/mai
			Acompanhar reforma estrutural	Local de operação	Wagner	-	20/jun
			Apresentar relatório pós-reforma	Cliente	Rafael Creão	-	19/jul
2	Pois não há um manual disponível para consulta de peças	Disponibilizar os manuais para consulta	Procurar os manuais das máquinas no depósito	Arienga	Rafael Creão	-	08/abr
			Digitalizar os manuais	Arienga	Wellerson	-	10/abr
			Disponibilizar na rede	Arienga	Wellerson	-	13/out
			Providenciar um computador para o setor de manutenção	Arienga	Wellerson	-	15/abr
			Acompanhar utilização	Arienga	Rafael Creão	-	15/mai
3	Porque é visto erroneamente como mais vantajoso economicamente	Padronizar solicitação de peças	Interligar fluxo de manutenção ao de suprimentos	Arienga	Wagner	-	12/fev
			Elaborar POP de compra de peças, incluindo etapa de pesquisa de peças recomendadas	Arienga	Rafael Creão	-	13/fev
			Treinar equipe de manutenção em relação ao POP e fluxo	Arienga	John	-	15/fev
			Acompanhar desenvolvimento do fluxo	Arienga	Rafael Creão	-	15/mar
4	Pois não há documentação e fiscalização dessa prática	Documentar transferências de peças	Criar documento para controle de transferência de peças	Arienga	Rafael Creão	-	12/fev
			Criar fluxo do documento	Arienga	Rafael Creão	-	14/fev
			Treinar equipe e responsáveis	Arienga	Rafael Creão	-	15/fev
			Acompanhar evolução	Arienga	Rafael Creão	-	15/mar
5	Porque não há um ambiente integrado para gestão de peças	Obtenção de um sistema ERP	Pesquisar ERP's no mercado	Arienga	John	-	16/abr
			Aprovar ERP	Arienga	Sandra	-	23/abr
			Obter licença do ERP	Arienga	Elka	R\$70.000	26/abr
			Criar fluxo de uso do ERP, interligado com as áreas afins	Arienga	Wagner	-	30/abr
			Treinar equipe	Arienga	Marcelo (Equipe do sistema ERP)	-	22/mai
			Acompanhar desenvolvimento	Arienga	Rafael Creão	-	22/jun

6	Pois a rotina de preventiva segue o manual ao invés de adaptá-lo à realidade operacional / Pois o fluxo não é bem definido	Reavaliar período e cronograma de preventivas (MP's)	Analisar periodicidade das principais quebras	Arienga	Rafael Creão	-	14/mai
			Comparar o resultado da análise com os MP's recomendados pelo manual	Arienga	Rafael Creão	-	20/mai
			Antecipar as atividades que não estão alinhadas entre ideal e real	Arienga	Rafael Creão	-	21/mai
			Elaborar novo documento padrão para as MP's	Arienga	Gustavo	-	24/mai
			Treinar equipe de manutenção e operação	Arienga	Rafael Creão	-	27/mai
			Elaborar novo cronograma de preventivas	Arienga	Gustavo	-	28/mai
			Acompanhar cumprimento do cronograma	Arienga	Rafael Creão	-	28/jun
7	Pois implementos foram trocados sem estudo de capacidade e adaptação da máquina	Implementos Originais	Localizar máquinas modificadas e implementos originais	Fábrica e Arienga	Gustavo	-	13/jun
			Modificar implementos para os originais	Arienga	Alan	-	18/jun
			Treinar equipe para não voltar a trocar	Arienga	Rafael Creão	-	19/jun
			Acompanhar comportamento	Arienga	Rafael Creão	-	19/jul
8	Portaria não exige a entrega do documento	POP para Portaria	Incluir no fluxo da portaria a entrega de documentos (check-in, check-out, registro de falha, análise de falha)	Arienga	John	-	08/abr
			Treinar equipe de portaria, técnicos de manutenção e operadores	Arienga	John	-	09/abr
			Acompanhar desenvolvimento	Arienga	John	-	09/mai
9	Pois não há treinamentos para padronizar atividades da manutenção	Treinamento para técnicos de manutenção de máquinas pesadas	Pesquisar treinamentos para técnicos de manutenção	Arienga	Rafael Creão	-	27/mai
			Adquirir serviço após aprovação	Arienga	Sandra	R\$8.000	31/mai
			Selecionar técnicos para participar do treinamento	Arienga	Alan	-	17/jun
			Realizar treinamento	Talent	Marcelo (Equipe do treinamento)	-	26/jun
			Padronizar método de identificação e correção de falhas	Arienga	Rafael Creão	-	28/jun
			Treinar restante da equipe	Arienga	Alan	-	01/jul
			Acompanhar adamento das manutenções	Arienga	Alan	-	01/ago
10	Pois não há critério bem definidos para seleção e acompanhamento	Documento de perfil de cargos	Reunir com gerentes para identificar as habilidades, competências e capacitações esperadas para cada cargo	Arienga	Rafael	-	15/fev
			Desenvolver documento de perfil de cargos para todos os setores da empresa	Arienga	Rafael	-	08/mar
			Criar POP para entrevistas e critérios para avaliação	Arienga	Rafael	-	13/mar
			Treinar equipe de recursos humanos	Arienga	Rafael	-	14/mar
			Acompanhar processo de seleção	Arienga	Rafael	-	14/abr

11	Pois o quantitativo é insuficientes	Contratação de técnicos de manutenção	Contratar técnicos seguindo o documento de perfil de cargos	Arienga	Amanda	R\$1.500	13/mai
			Treinar seguindo o Manual da Qualidade GV	Arienga	Amanda	-	15/mai
			Acompanhar desempenho	Arienga	Rafael	-	15/jun
12	Pois não há fluxo padrão de operação / Pois não há treinamentos para padronizar operação	Treinamento para operadores de máquinas pesadas	Pesquisar treinamentos para operadores de Pá Carregadeira	Arienga	Rafael Creão	-	07/mai
			Adquirir serviço após aprovação	Arienga	Elka	8.000	28/mai
			Selecionar operadores para participar do treinamento	Arienga	Lucas	-	10/jul
			Realizar treinamento	Talent e Arienga	Marcelo (Equipe do treinamento)	-	12/jul
			Padronizar método ideal de operação	Arienga	Rafael Creão	-	15/jul
			Treinar resto da equipe	Fábrica e Arienga	Lucas	-	17/jul
			Disponibilizar documento acessível para equipe	Fábrica e Arienga	Wellerson	-	17/jul
			Acompanhar adamento da operação	Fábrica e Arienga	Caio	-	17/ago
13	Pois não reconhecem liderança e baixa remuneração	Plano de desenvolvimento para a liderança	Identificar com gestores e subordinado das lideranças quais habilidades são necessárias desenvolver	Arienga	Rafael	-	08/mai
			Reunir com lideranças e apresentar feedback	Arienga	Rafael	-	10/mai
			Elaborar plano de desenvolvimento dessas habilidades	Arienga	Rafael	R\$500	13/mai
			Acompanhar plano	Arienga	Rafael	-	07/jun
			Dar feedback do plano para lideranças	Arienga	Rafael	-	10/jul
14	Para medir e controlar as falhas operacionais	Painel de controle visual para controle de falhas	Idealizar painel de controle visual	Arienga	Caio	-	17/abr
			Fixar na sala de controle da operação	Sala de controle operacional	Caio	-	23/abr
			Treinar equipe	Sala de controle operacional	Caio	-	23/abr
			Acompanhar preenchimento	Sala de controle operacional	Caio	-	23/mai
15	Para melhorar comunicação entre os setores	Plataforma de gerenciamento da frota	Pesquisar plataforma digital para gestão	Arienga	Rafael Creão	-	26/abr
			Criar fluxo de utilização	Arienga	Rafael Creão	-	30/abr
			Criar perfis para profissionais que utilizarão	Arienga	Wellerson	-	02/mai
			Disponibilizar perfis para profissionais	Arienga	Wellerson	-	07/mai
			Treinar equipe	Arienga	Rafael Creão	-	08/mai
			Acompanhar utilização	Arienga	Rafael Creão	-	08/jun

Fonte: Autor, 2019.

O plano de ação contou com o apoio de 14 profissionais para a elaboração e distribuição de tarefas, as quais totalizaram 15 propostas de melhorias, cada uma com suas etapas independentes programadas entre os meses de março a outubro.

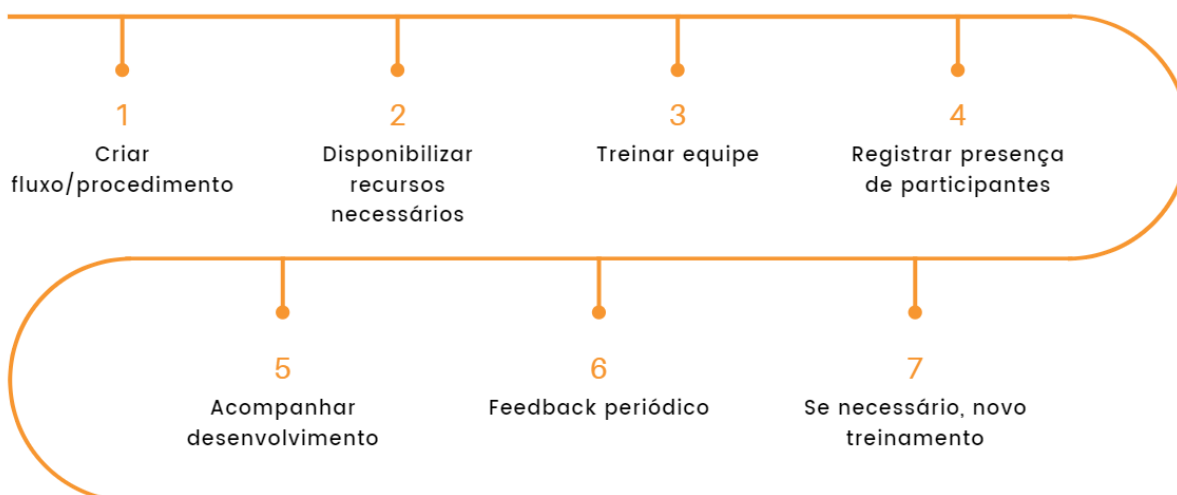
4.4.5 Controlar

Para controlar as atividades executadas no plano de ação, os prazos previstos foram acompanhados pelos membros da equipe e em caso de necessidade foram realizadas medidas para auxiliar ou ajudar na execução das soluções.

Vale ressaltar que os prazos das entregas foram decididos em conjunto com os responsáveis, os quais possuíram mais autonomia e responsabilidade para o cumprimento das tarefas.

Todas as propostas que visaram modificar ou criar um fluxo ou uma atividade diferente do que vinha sendo feito pelos colaboradores contou com um procedimento padrão de mudança decidido como o mais adequado para a organização: cria-se o fluxo/procedimento padrão relacionado a modificação; oferece-se os recursos necessários para a execução da atividade criada ou modificada; em reunião, treina-se a equipe com a nova metodologia e registra-se em ata o assunto abordado; documenta-se a presença dos participantes em documentos padrões de treinamento; acompanha-se o desempenho da nova abordagem; periodicamente, chama-se em particular os colaboradores e é dado o feedback sobre a performance, caso necessário ajusta-se a prática e é realizado um novo treinamento repetindo o fluxo de controle.

Figura 16 – Fluxo de Padronização de medidas.



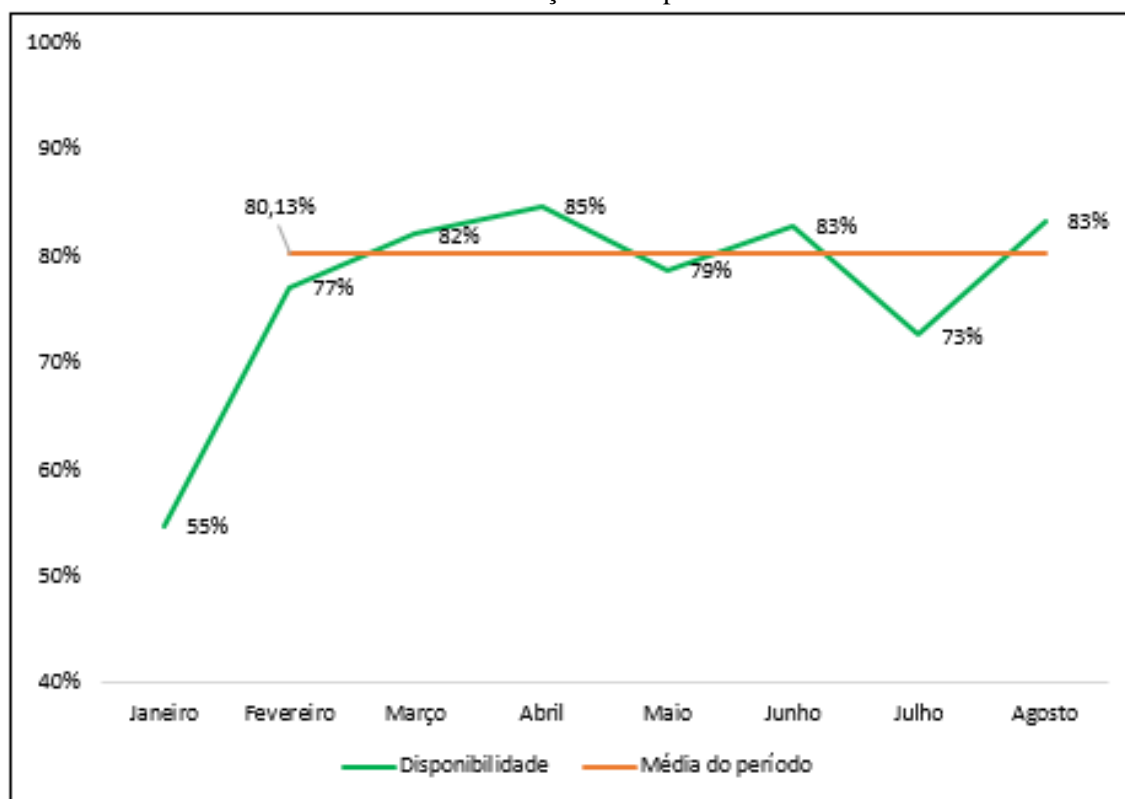
Fonte: Autor, 2019.

5 RESULTADOS

5.1 COMPARAÇÃO DE CENÁRIOS

Realizando uma comparação entre os tempos parados da frota de máquinas pesadas dos meses que antecederam o estudo com os meses após análise e intervenção, observa-se a redução dos tempos improdutivos e o aumento da disponibilidade global das máquinas. O cenário de evolução da disponibilidade dos meses de estudo aponta aumento da disponibilidade em relação ao período inicial e uma média ligeiramente superior a meta estipulada inicialmente (80%), e pode ser considerado um processo mais estável, permitindo melhor programação da manutenção, como mostrado no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Evolução da disponibilidade.

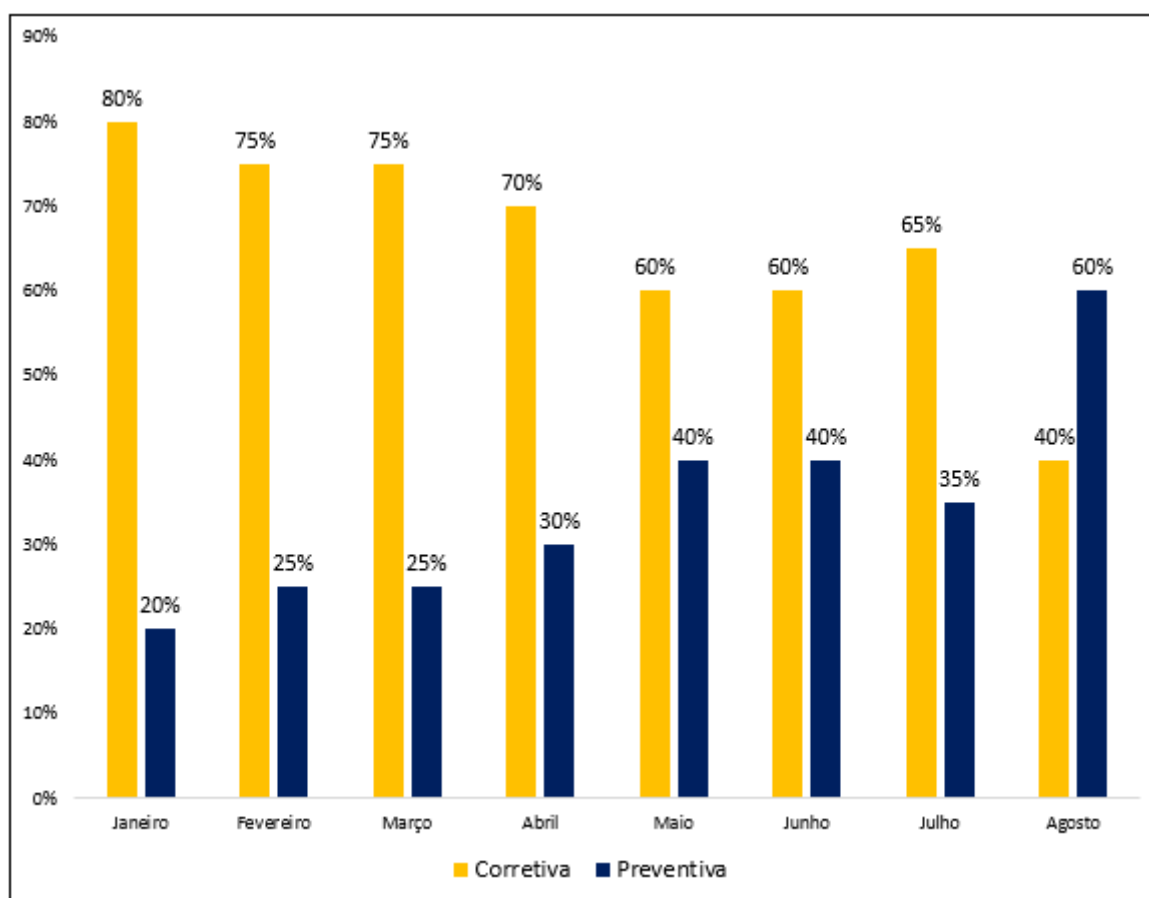


Após o início da atuação planejada, a partir do mês de fevereiro, houve o aumento do indicador de disponibilidade. De acordo com o gráfico, o mês de julho foi o mês com menor valor global considerando os meses de intervenção, apesar disso, ainda é um resultado significativamente maior que o cenário inicial do estudo.

Contudo, o último mês de estudo atingiu a marca de 83% de indisponibilidade, assim como os meses de março, abril e junho, os três meses que não alcançaram essa marca aproximaram-se da marca de 80%. Dessa forma, a média da disponibilidade do período concluiu-se em 80,13%, o que representa sucesso pela do objetivo do projeto de melhoria, definido inicialmente com a meta de 80% para o indicador de disponibilidade.

Paralelamente, o Gráfico 6 mostra a relação entre a quantidade de manutenções corretivas e preventivas.

Gráfico 6 – Comparação entre manutenções corretivas e preventivas (janeiro a agosto/2019).



Fonte: Autor, 2019.

Percebe-se que o aumento das manutenções preventivas e programadas, juntamente com as medidas de melhoria, resultou em uma melhor organização da equipe de manutenção e gradativo aumento da disponibilidade. O mês de julho, coincide com uma queda nesse tipo de manutenção e com uma queda no índice de disponibilidade, podendo inferir que os resultados estão relacionados.

Para inferir a evolução das métricas e a eficiência das mudanças no setor de manutenção, é possível analisar o mês no qual foi possível aprimorar os dados estatísticos,

fevereiro, com o último mês de estudo, agosto, os resultados das perdas podem ser comparados. Nesse quesito, é apresentado na Tabela 9 a comparação entre os meses em questão.

Tabela 9 – Análise do resultado de perdas contratuais dos meses de fevereiro e agosto.

Categoria do equipamento	Perdas em Fevereiro	Perdas em Agosto	Diferença das perdas	Redução percentual das perdas
Pá carregadeira	R\$179.922,67	R\$57.965,32	R\$121.957,36	68%
Caminhão pipa	R\$51.309,12	R\$52.262,21	-R\$953,08	-2%
Escavadeira	R\$ 31.196,84	R\$38.041,96	-R\$6.845,12	-22%
Minipá Carregadeira	R\$9.938,98	R\$37.803,26	-R\$27.864,28	-280%
Empilhadeira	R\$7.697,64	R\$9.181,56	-R\$1.483,92	-19%
Carreta carga seca	R\$7.655,99	R\$9.074,72	-R\$1.418,74	-19%
Retroescavadeira	R\$5.280,60	R\$4.795,68	R\$484,92	9%
Minipá Carregadeira com Varredeira	R\$4.711,55	R\$1.734,50	R\$2.977,05	63%
Caminhão Caçamba	R\$4.429,70	R\$1.253,61	R\$3.176,09	72%
Total de Perdas Contratuais	R\$302.143,09	R\$212.112,82	R\$90.030,27	30%

Fonte: Autor, 2019.

A análise dos dois meses permite inferir que as mudanças proporcionadas pelo estudo foram eficientes, pois reduziu-se em 30% as perdas totais. Somado a isso, a categoria de máquina com maior representatividade de perda do mês de fevereiro (Pá Carregadeira, 59,55%) teve uma redução de perdas de faturamento significativa (60%). No entanto, por mais que o Total de Perdas tenha reduzido, houve cinco categorias que apresentaram aumento de perdas financeiras.

Juntas, essas cinco categorias representam um prejuízo de R\$38.565,14, não comprometendo a redução de perdas do faturamento, ou seja, o aumento do faturamento conquistado pela aplicação do DMAIC. Mas ainda assim, esses resultados devem ser reavaliado para futuros estudos, dando continuidade à melhoria contínua e prosseguimento ao ciclo do DMAIC.

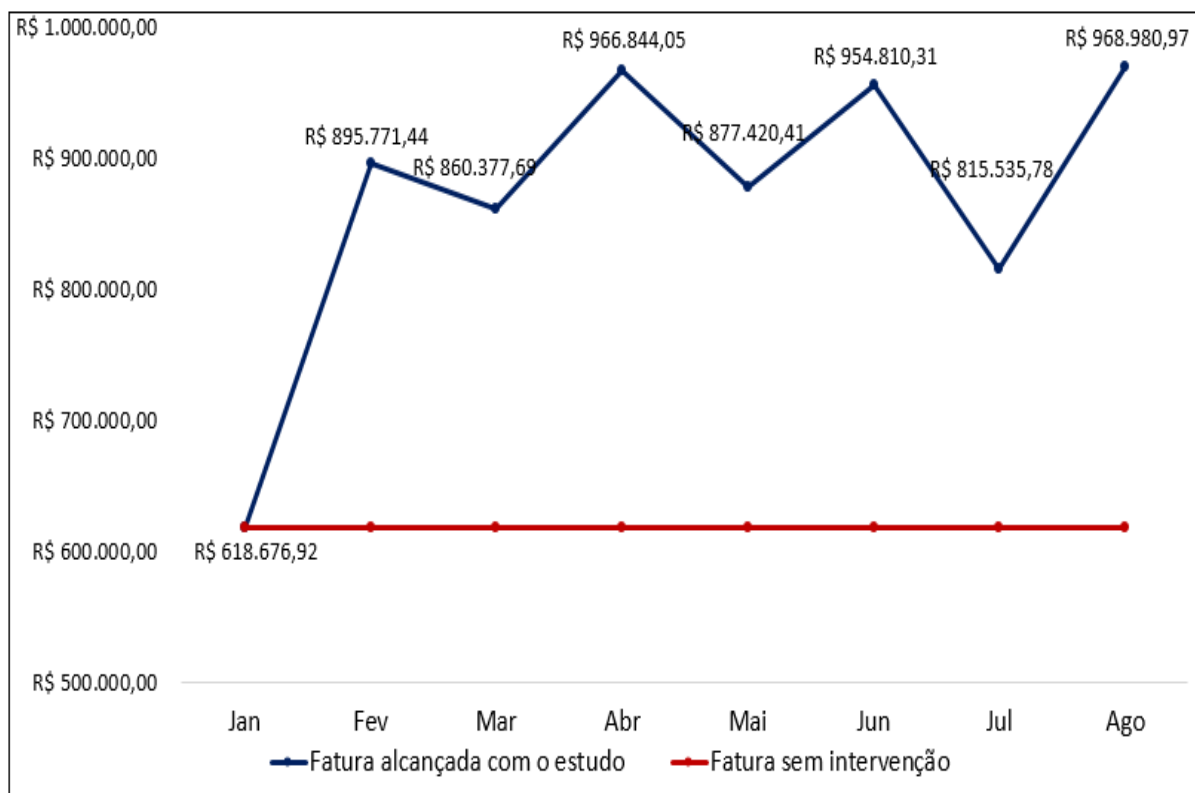
5.2 IMPACTOS FINANCEIROS

Como toda busca de melhoria objetiva, o aumento da disponibilidade resulta consequentemente em aumento do faturamento. Nesse sentido, o estudo mostrou resultado

financeiro significativo, recuperando os investimentos e agregando ainda mais qualidade ao serviço e elevando a satisfação do cliente.

Nesse sentido, as melhorias implantadas durante o estudo, além de aumentarem a disponibilidade, tiveram grande impacto no faturamento da empresa estudada. O aumento do faturamento ao longo dos meses de estudo é apresentado no Gráfico 7.

Gráfico 7 – Evolução do faturamento (Janeiro – Agosto / 2019).



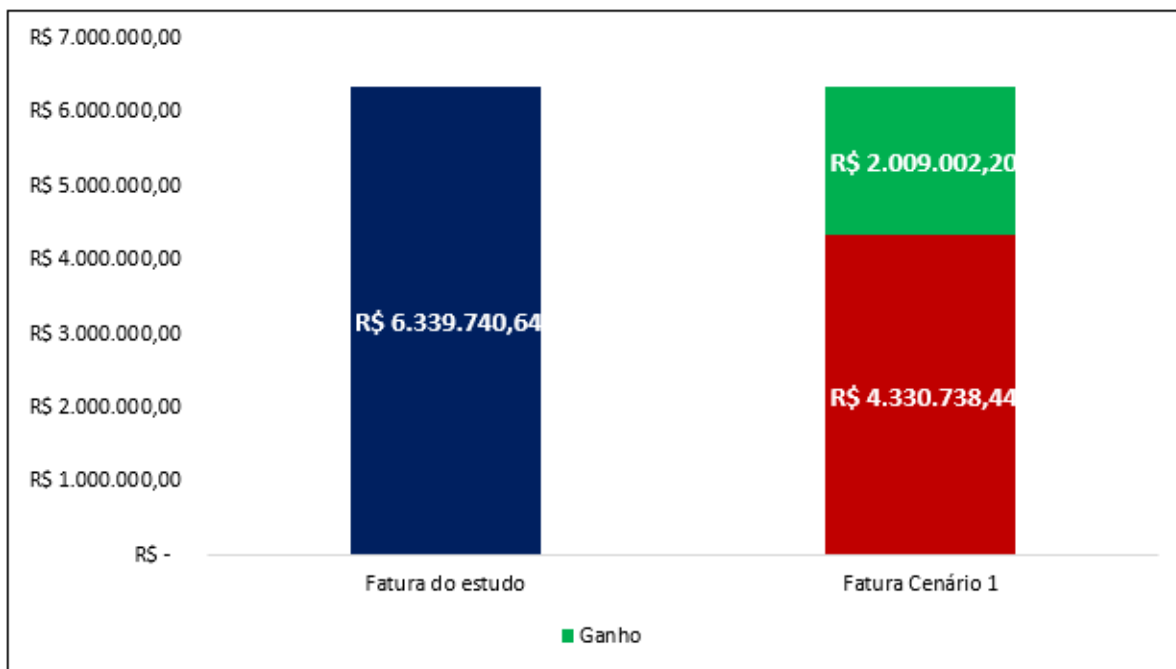
Fonte: Autor, 2019.

Se o cenário inicial (Cenário 1) for considerado contínuo, de jeito que se mantivesse o mesmo faturamento de janeiro para os meses consecutivos, ou seja, R\$618.676,92 para cada mês do período estudado, o período de fevereiro a agosto resultaria em um faturamento de R\$4.330.738,44.

No entanto, com a aplicação do método DMAIC e execução das soluções propostas e mudanças no comportamento das equipes de manutenção e de operação, o cenário do mesmo período alcançou o faturamento de R\$6.339.740,64 (Cenário 2).

Essa comparação de cenários é apresentada no Gráfico 8.

Gráfico 8 – Evolução do faturamento (Janeiro – Agosto / 2019).



Fonte: Autor, 2019.

Dessa forma, a comparação entre os faturamentos do Cenário 1, com o faturamento de janeiro projetado para o restante do período de estudo, e do Cenário 2, faturamento alcançado após a aplicação das cinco etapas do método DMAIC, mostra que houve melhoria e aumento do faturamento em 46,39% do esperado, agregando à empresa o saldo de R\$2.009.002,20.

6 CONCLUSÃO

A opção empresarial de ser uma prestadora de serviços terceirizados exige a excelência operacional. Por seus principais clientes serem ligados ao mercado minero metalúrgico e a movimentação financeira ser de grande escala dentro e fora do país a busca por melhorias de quaisquer quesitos é uma necessidade para a sobrevivência organizacional.

Oferecer ao mercado um serviço de qualidade e que atenda suas expectativas significa ter clientes fiéis ao invés de consumidores esporádicos. Juntamente a isso, é comum que gestores de empresas de diferentes seguimentos solicitem recomendações confiáveis, então ter resultados elevados significa também novas oportunidades de negócios.

Nesse sentido, para elevar a satisfação do cliente e elevar os resultados internos, o estudo aplicado buscou solucionar problemas relacionados à baixa disponibilidade da frota de máquinas destinadas à movimentação de componentes químicos. Para isso, foram utilizadas as cinco etapas da metodologia DMAIC aliadas a algumas ferramentas da qualidade cabíveis a utilização.

A análise inicial permitiu perceber que a disponibilidade de máquinas estava muito baixa, conforme a percepção geral na marca de 55%, o que representaria a perda de aproximadamente de R\$450.000,00/mês. O que se apresentou, portanto, foi um cenário de baixo controle estatístico de dados e dos procedimentos operacionais das equipes de manutenção e operação, reproduzindo medidas empíricas de solução de problemas, aliados a estratégia quase que exclusiva de manutenções corretivas.

A partir da abordagem gerencial voltada para aplicação da metodologia DMAIC foram medidas as principais causas que geravam a alta indisponibilidade, permitindo identificar as máquinas relacionadas ao baixo resultado e em um segundo momento foi possível identificar também o que gerava esses males.

Para mudar o cenário, foi proposto um plano de ação que contou com apoio da equipe de melhoria e de outros funcionários da empresa. A proposta de soluções começou com a mudança de pensamento dos colaboradores em relação a participação de cada um nos resultados obtidos pela empresa. Gerencialmente, a documentação e o controle estatístico de dados representou uma mudança estratégica, pois foi possível visualizar onde o foco dos capitais humanos e financeiros deveria estar voltado.

Por consequência das soluções propostas e da padronização das que se mostraram eficazes, o aumento da disponibilidade foi significativo. O cenário que inicialmente se apresentou crítico se tornou em processos estáveis com resultados positivos e crescentes. Foi possível reverter a proporção entre manutenções corretivas e preventivas através da padronização dos procedimentos e do planejamento e execução consistente das manutenções.

A proposta de melhoria que o método DMAIC propagandeia mostrou-se verdadeira a partir dos resultados obtidos. Num cenário inicial de disponibilidade de 55%, a execução do DMAIC elevou o indicador para 83% em sete meses, com uma média de 80,13% nesse período. O que representou um ganho econômico de R\$2.009.002,20 nos sete meses de estudo quando comparado com o cenário do primeiro mês de estudo. Essa marca atingida é satisfatória economicamente tanto para a empresa estudada quanto para o cliente, que potencializa sua operação.

A opção por utilizar o método DMAIC em detrimento a outros mostrou-se assertivo e facilitou o andamento do projeto por possuir uma metodologia bem definida e com ferramentas de suporte que permitem identificar e atuar sobre problemas ou oportunidades de melhoria.

O método base para a filosofia Seis Sigma propõe projetos de melhoria contínua, o que significa que a excelência nunca será atingida, pois sempre haverá oportunidades de melhoria, o importante é sempre buscar a otimização dos resultados até que a variabilidade dos resultados seja aceitável.

Nesse aspecto, o estudo em questão recomenda que outros projetos de melhorias sejam executados e que se dê continuidade ao projeto visando aumentar a meta inicial estipulada em 80% e buscar aproximar o indicador aos 95%, dando mais confiabilidade às máquinas. Em especial aos problemas não abordados na pesquisa e com destaque para as cinco máquinas que tiveram seus indicadores reduzidos, somadas representaram uma perda de R\$ 38.565,00, mas não foram cruciais para a reprovação da metodologia que ainda assim se mostrou eficiente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS. **DOCUMENTO NACIONAL**. 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO**: principais substâncias metálicas. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: confiabilidade e manutenibilidade: terminologia. Rio de Janeiro, 1994.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E.P. **Gestão da Qualidade**: teoria e casos. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

DOHI, T. et al. Optimizing the repair-time limit replacement schedule with discounting and imperfect repair. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, v. 7, n. 1, p. 71-84, jan-abr 2001.

ECKES, G. A revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucro. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011

BRANCO FILHO, Gil. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

KARDEC, Alan; NASFIC, Júlio **Manutenção**: função estratégica. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

MOUBRAY, J. **Reliability-centered maintenance**: second edition. 2ª. ed. New York: Industrial Press Inc., 1997.

MAST, Jeroen de; LOKKERBOL, Joran; An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. *Int. J. Production Economics* 139 (2012).

ROTONDARO, Roberto G. *et al.* **Seis sigma**: estratégia gerencial para melhoria de processos, produtos e serviços. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SELEME, Robson; STADLER, Humberto. **Controle de qualidade**: as ferramentas essenciais. 2ª ed. Curitiba: Ibplex, 2012.

SLACK, Nigel, CHAMBERS, Stuart, JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM**, Planejamento e Controle da Manutenção. 1ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

WEKERMA, M. C. C. **Lean Seis Sigma** – Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing. 1ª ed. Belo Horizonte: Werkerma 2006.

WEKERMA, M. C. C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.