

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO EM UMA INDÚSTRIA MOAGEIRA DE TRIGO

APPLICATION OF THE DMAIC METHODOLOGY FOR THE PREPARATION OF A MAINTENANCE PLAN IN A WHEAT MILL INDUSTRY

Andressa Barreto Lima

Edwin Vladimir Cardoza Galdamez

Universidade Estadual de Maringá – Centro de Tecnologia – Departamento de Engenharia de Produção – Maringá – Paraná.

Resumo

A utilização de sistemas de gestão que potencializam a utilização dos recursos e eliminam os desperdícios dentro dos processos de produção e manutenção, são cada vez mais necessários para estabilidade das empresas no mercado. Dessa maneira, o estudo propõe a aplicação da metodologia de melhoria DMAIC para redução das paradas não programadas a partir da elaboração de um plano de manutenção para o processo de uma indústria moageira de trigo. Por meio da análise das paradas não programadas, observou-se que as mesmas exercem um impacto significativo na produção e caracterizam a necessidade de focalização do esforço de melhoria, sendo essa uma das metas do modelo Lean Six Sigma, introduzir a qualidade nos processos por meio da melhoria contínua. A aplicação da metodologia proposta seguiu os princípios da pesquisa-ação, na qual um dos autores deste artigo exerceu o papel de facilitador. As técnicas de coleta e análise de dados foram incorporadas à metodologia proposta por meio das ferramentas de aplicação do procedimento DMAIC. Os resultados da aplicação, além de cumprirem a finalidade de validar um método para auxiliar a indústria a registrar, a controlar e a reduzir as paradas não programadas, também contribuíram para constituir um modelo de referência que pode ser aplicado em outras unidades da Cooperativa.

Palavras-chaves: DMAIC, Lean Six Sigma, Manutenção, Indústria Moageira de Trigo.

Abstract

The use of management systems that enhance the use of the resources and eliminate the waste within the production and maintenance are increasingly necessary for the companies stability in the market. Thus, this essay proposes the application of the DMAIC improvement methodology to reduce losses due to non-programmed stops with the elaboration of a maintenance plan for the wheat mill industry. Analyzing the non-programmed stops, it was noticed that they have a huge impact in the production and show the need to focus in the improvement effort, being one of the Lean Six Sigma's, introduce the quality through continuous improvement. The utilization of the proposed methodology are according to the action research principles, in which one of this article's authors took the role of facilitator. The data collection and analysis were integrated to the methodology by the application of DMAIC's application tools. The results of this application, besides fulfilling the goal of validating a methodology to help the industry to register, control and reduce non-programmed stops, also contributed to constitute a role model that can be applied in other unities of the Cooperative.

Keywords: DMAIC, Lean Six Sigma, Maintenance, Wheat Mill Industry.

1 Introdução

O Brasil é um dos atores principais na economia agrícola mundial. No mercado de trigo, é o 23º maior produtor e o 17º exportador do mundo (MELO; MORO, 2013). Sendo em 2013, o produto de maior importação, atingindo US\$ 2,42 bilhões e representando 7,3 milhões de toneladas (FAO, 2013).

Segundo ABITRIGO (2014), o mercado de farinhas de trigo vem passando por algumas transformações, desde o ano de 2007 a capacidade de moagem de trigo no Paraná aumentou em 50%, atingindo a marca de maior produtor de trigo do país, de modo que sua produção atende a indústria moageira local, como também a demanda da Região Sudeste.

No período da década de 60, decorrente ainda da globalização, devido às exigências do mercado por produtos mais competitivos, houve o processo de mecanização dos equipamentos em áreas industriais (NOGUEIRA et al., 2012). Esses equipamentos por sua vez, devido a algum tipo de falha, deixavam de produzir conforme o projetado, necessitando da manutenção, para reestabelecer o equipamento. Dessa maneira, a partir do século XX, a visão das empresas a respeito da manutenção foi sendo modificada. A manutenção que antes era negligenciada, passou a ser vista como investimento, sendo uma oportunidade de melhorar e manter os processos produtivos em níveis elevados e evitar perdas de produção e equipamentos. Dessa forma, buscou-se desenvolver estudos para gestão da manutenção e o planejamento de suas atividades (PASCHOAL et al., 2009).

Dentre as abordagens de melhoria de processos empregadas nos estudos em questão, destaca-se a metodologia *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* – DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar), que ganhou popularidade com a disseminação do programa *Six Sigma* de gestão da qualidade, sendo esse, uma abordagem estratégica de gerenciamento para melhoria dos processos, focalizando nas causas raízes de maneira que se obtenha um nível de qualidade requerido pelos clientes.

O objetivo do trabalho é propor um plano de manutenção com base na metodologia do DMAIC para redução de perdas por paradas não programadas de fábrica e aumento da disponibilidade dos equipamentos em uma Indústria Moageira de Trigo. Para alcançar o objetivo é necessária a análise e compreensão do processo produtivo, a caracterização e o levantamento dos equipamentos utilizados no processamento do trigo, a elaboração de indicadores de manutenção, a classificação ABC para priorização dos equipamentos por nível de criticidade e a realização da análise de falhas para os equipamentos.

As ferramentas auxiliam na prevenção da reincidência de falhas e identificação das

possíveis melhorias para o sistema da manutenção, além da elaboração de métricas de manutenção, para maior controle do processo, possibilitando a tomada de decisão em cima de dados concretos. A fábrica estudada pertence a uma cooperativa agroindustrial e tem sido incentivada pela sede da organização a desenvolver trabalhos para melhorar sua produtividade, como por exemplo, o controle de perdas por paradas não programadas. Como se trata de uma indústria sem uma gestão de manutenção, em que os equipamentos são antigos e não possuem um plano de manutenção e além disso, as paradas não programadas são frequentes, exercendo um impacto significativo nos custos de produção da fábrica, motivou-se o estudo para aplicação da metodologia baseada no ciclo de melhoria DMAIC.

A pesquisa utiliza o método de pesquisa-ação como procedimento de coleta de dados. Essa abordagem permitirá trabalhar com dados qualitativos e quantitativos, possibilitando a análise e a participação dos pesquisadores de forma ativa no desenvolvimento e implantação da proposta (MELLO et al., 2012).

Este artigo segue estruturado em mais quatro seções. Na seção 2 é apresentado o referencial teórico sobre os métodos utilizados para a elaboração do plano de manutenção e seus elementos, na seção 3 os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa, na seção 4 são apresentados os resultados e na seção 5 as conclusões que se obteve com o estudo.

2 Fundamentação teórica

2.1 Gestão da manutenção

Segundo Lima (2010), gestão da manutenção se trata de um conjunto de técnicas fundamentais para o funcionamento regular e permanente das máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações. Esses cuidados estão relacionados a conservação, a adequação, a restauração, a substituição e a prevenção.

A utilização de sistemas de gestão que potencializam a utilização dos recursos e eliminam os desperdícios dentro dos processos de produção e manutenção são cada vez mais necessários para a sobrevivência das empresas.

Alguns dos sistemas de gestão da manutenção conhecidos, são: *Total Quality Maintenance* - TQMain (Qualidade Total na Manutenção), *Total Productive Maintenance* - TPM (Manutenção Produtiva Total), *Reliability Centered Maintenance* – RCM (Manutenção Centrada em Confiabilidade), *Risk Based Maintenance* – RBM (Manutenção Baseada em Risco), *Effectiveness-Centred Maintenance* – ECM (Manutenção Centrada na Eficácia), *Strategic Maintenance* – SMM

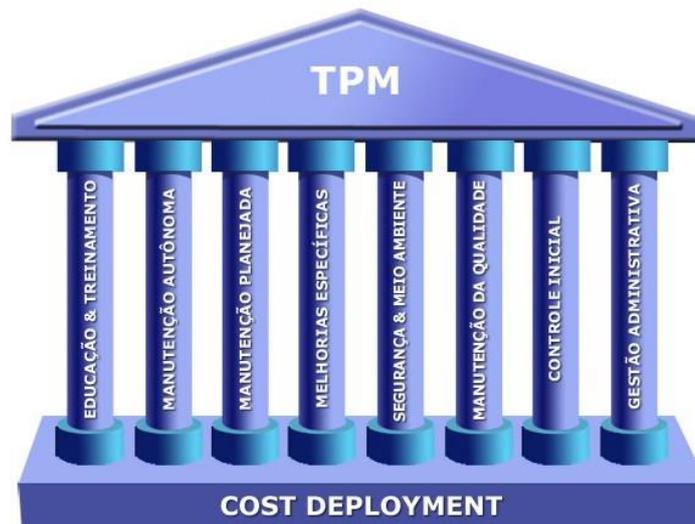
(Gerenciamento Estratégico da Manutenção), *World Class Maintenance* – WCM (Manutenção Classe Mundial).

A TQMain se trata de um método de gestão que se baseia no ciclo de Deming (PDCA) às atividades de manutenção. Objetiva-se maximizar a vida útil dos sistemas produtivos sujeitos à desgastes, aumentando a disponibilidade dos equipamentos. Além disso, dá uma atenção especial ao monitoramento de condições operacionais (LIMA; SANTOS; SAMPAIO, 2010).

A TPM – *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total) se destaca. Esse modelo de gestão da manutenção, busca a melhoria contínua do sistema produtivo, por procedimentos que permitam alcançar a máxima eficiência e disponibilidade dos equipamentos. O método criado nas décadas de 60 e 70 no Japão, foi estruturado inicialmente em cinco pilares para atingir melhor eficiência produtiva (planejamento, eficiência, ciclo de vida, treinamento e auto-reparo). Posteriormente, mais três pilares foram incluídos: qualidade, gerenciamento e segurança, higiene e meio ambiente (WERKEMA, 2012).

Assim, a casa TPM é estruturada por meio de oito pilares (Figura 1), a fim de atingir melhor eficiência produtiva.

Figura 1 – Os oito pilares da TPM



Fonte: Pinto (2007 p.185)

O TPM possui a palavra total em sua denominação pelos seguintes motivos:

- Requer o total envolvimento dos responsáveis pela manutenção, operadores, supervisores, gerentes, profissionais da qualidade até a alta direção.
- Objetiva a total produtividade dos equipamentos, atentando-se as seis grandes perdas: perda por velocidade, quebras, retrabalho, perdas por setup, pequenas paradas e refugos.

- Focaliza em maximizar o ciclo de vida dos equipamentos, analisando as atividades de manutenção de acordo com o estágio do ciclo de vida desse equipamento.

Dessa maneira, o sistema de gestão TPM, busca reduzir o downtime (tempo perdido, por paradas planejadas ou não, deixando assim de produzir) dos equipamentos. Para alcançar esses objetivos, os operadores realizam atividades diárias de manutenção, tais como inspeção, limpeza, lubrificação, reparos e ajustes (WERKEMA, 2012; GONÇALVES; SOUZA, 2014).

Para Werkema (2012) o TPM gera os seguintes benefícios para a organização:

- Aumento na capacitação dos colaboradores da produção e manutenção.
- Promove a melhoria do ambiente de trabalho.
- Redução do tempo de parada por quebra dos equipamentos e dos custos associados a essas interrupções na produção.
- Gera o aumento da receita da margem de contribuição dos produtos, através do aumento da capacidade produtiva.

Desse modo, o objetivo da TPM é melhorar continuamente a disponibilidade e prevenir a degradação dos equipamentos para alcançar máxima eficácia. Estes objetivos requerem forte suporte administrativo e também o uso contínuo de times de trabalho e pequenas atividades em grupo para aumentar o progresso.

Já a RCM é um método lógico que estabelece ações de manutenção preventiva para maximizar a confiabilidade. A RBM identifica e analisa a probabilidade e consequência das falhas para priorizar as ações de manutenção. A ECM concilia os conceitos da TQMMain, da RCM e da TPM e estabelece uma estratégia da manutenção e medição de desempenho. O SMM integra de modo efetivo a estratégia da manutenção e os aspectos econômicos, destaca o papel da terceirização e dos sistemas de apoio. A Manutenção Classe Mundial (WCM), conjuga quase todos os elementos de gestão citados anteriormente, baseando-se em seu pilar mais abrangente, sendo ele o da liderança e gestão de mudanças.

Portanto, a manutenção pode ser executada por meio de vários sistemas de gestão de diferentes níveis de maturidade. Em um mercado competitivo que busca uma evolução dos processos produtivos, as empresas identificam que nível de maturidade seu sistema de gestão está, para que dessa forma decidam qual o sistema de gestão mais adequado e que esteja atrelado a sua estratégia de negócio (LIMA; SANTOS; SAMPAIO, 2010).

2.1.1 Manutenção

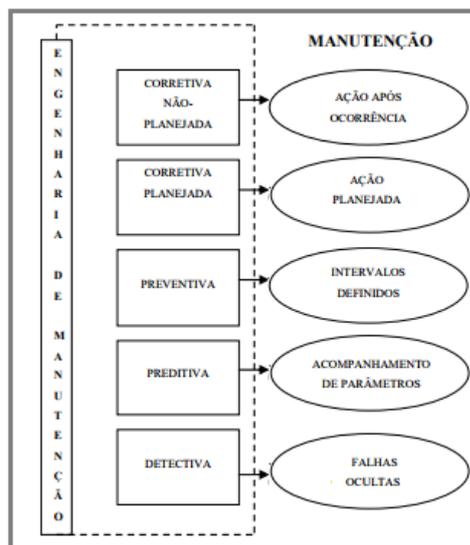
A manutenção é o conjunto das atividades requeridas para manter os sistemas, ou

restaurá-los ao estado necessário para executar a função de produção. Além disso, é importante para garantir e prolongar a vida útil dos equipamentos. Esse processo requer gastos que devem ser muito bem dimensionados, pois a falta ou o excesso de manutenções em um equipamento pode tornar um processo produtivo inviável, dessa forma a manutenção se torna uma etapa imprescindível e deve ser executada no momento exato (FONSECA et al., 2016; PINTO; XAVIER, 2012).

Devido à complexidade dos sistemas industriais atuais, a manutenção se torna mais importante no âmbito empresarial e passa a operar focada também no que diz respeito à confiabilidade e disponibilidade dos ativos. A manutenção passa a ser um centro de negócio da organização que tem relevante atuação na preservação dos ativos físicos. Por intermédio disso, propõe-se um plano de ação estratégico que capacite a função manutenção para alcançar objetivos de desempenho, satisfação dos clientes e rentabilidade das organizações industriais, sendo esses fatores críticos de sucesso, mas que promovem a sobrevivência das empresas, através da diferenciação competitiva (BARROS; LIMA, 2011; PINTO; XAVIER, 2012).

Segundo Xavier (2009), a manutenção se classifica em dois tipos: a planejada e a não planejada, sendo representadas pela Figura 2.

Figura 2 – Tipos de Manutenção



Fonte: Adaptado de Kardec (2009).

A manutenção corretiva objetiva corrigir problemas. Ela se classifica em planejada (em que se trata de uma manutenção programada, podendo ser executada por decisões gerenciais ou então devido as manutenções preditivas) e não planejada (se trata daquela que detecta e repara falhas em equipamentos de processo contínuo).

De acordo com a ABRAMAN (2013) e Xavier (2009) a manutenção planejada acontece através de uma programação e se divide em três categorias:

- Preventiva: Se trata de uma manutenção efetuada em intervalos predeterminados, que visam reduzir a probabilidade de falha e manter a máquina em funcionamento.
- Preditiva: Consiste em meios de acompanhamento para redução de manutenções corretivas e preventivas. Desempenhada por meio do monitoramento dos parâmetros dos equipamentos (termografia, análise de vibração e de ruído) para detecção de possíveis falhas.
- Detectiva: Busca detectar falhas ocultas, que normalmente não são perceptíveis aos responsáveis pela manutenção e operação. Atua no sistema de proteção dos equipamentos, uma vez identificada a falha, planeja-se uma intervenção (corretiva planejada). Alguns exemplos são os painéis de controle e os controladores lógicos programáveis.

Sendo assim, através dessas categorias, é possível elaborar um plano, sendo esse chamado de plano de manutenção. Este plano abrange todos os tipos de manutenção e vai de acordo com o que é mais adequado aos equipamentos da indústria. Sua meta se baseia em reduzir ou eliminar a incidência de falhas, paradas não planejadas e a degradação das funções de um equipamento, bem como manter o processo de manutenção organizado, padronizado e com um fluxo contínuo de melhoria e monitoramento (BARBOSA et al., 2009).

Basicamente, o plano de manutenção está ligado diretamente com a gestão da manutenção. De acordo com Souza (2008), a gestão da manutenção relaciona-se com todas as ações que se tem que possuir, realizar, utilizar, coordenar e controlar para gerir os recursos direcionados à manutenção.

A confiabilidade dos sistemas industriais é uma das principais preocupações na gestão da manutenção. Ela possibilita maior disponibilidade e durabilidade dos equipamentos, que se traduz em ganhos financeiros para a empresa (MENEZES et al., 2015). Assim, ferramentas de gestão são utilizadas para melhoria contínua da manutenção, uma delas é o *Lean Maintenance*, que evita avarias, eleva os padrões de desempenho dos equipamentos e potencializa a participação das pessoas na criação dos equipamentos e sistema de manutenção zero.

A adaptação de ferramentas e boas práticas *Lean* pela gestão da manutenção tirou a visão da manutenção de uma imagem desorganizada em que se tratava de um gasto adicional para a empresa, para se tornar um fator estratégico para redução dos custos de produção (DAVIES; GREENOUGH, 2015).

2.1.2 Métricas de manutenção

No gerenciamento de processos, os indicadores de desempenho permitem fazer um diagnóstico da atual situação e prever a situação futura de uma organização, servindo de canal permanente destas informações estratégicas, para que se possa elaborar planos de ação e assim melhorar continuamente as operações (BARROS; LIMA, 2011; SILVA, 2015).

Para o estudo serão utilizados alguns indicadores, que estão representados no Quadro 1.

Quadro 1 – Representação de algumas métricas de manutenção

INDICADORES	DESCRIÇÃO	FÓRMULA
Média dos Tempos até falhar (MTBF)	Se trata do somatório dos tempos existentes entre o fim de uma falha e início de outra falha em equipamentos reparáveis. Considerando o tempo de funcionamento.	$MTBF = \sum_{i=1}^N \frac{TTFi}{N}$ <p>TTFi é o tempo de operação até 1ª falha. N indica o número total de falhas.</p>
Média dos Tempos Técnicos de Reparação (MTTR)	Consiste no somatório do tempo total gasto para repor o ativo em condições operativas pelo número de intervenções corretivas no período.	$MTTR = \sum_{i=1}^N \frac{TTRi}{N}$ <p>TTRi é o tempo de reparo de cada ativo. N indica o número total de falhas.</p>
Disponibilidade Operacional (D)	É a disponibilização das funções dos equipamentos ou sistemas em uma operação, sem apresentar interrupções por falhas.	$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$
Índice de Indisponibilidade (I)	É a indisponibilidade para utilização de um equipamento ou sistema.	$I = 1 - D$

Fonte: Adaptado de Silva (2015) e ABRAMAN (2013)

2.2 Lean Six Sigma

O *Six Sigma* é uma ferramenta estruturada que introduz a qualidade através da melhoria contínua de processos de um determinado serviço, levando em conta os aspectos importantes de um negócio.

Por definição de Dantas Junior (2015):

“O termo Seis Sigma refere-se à quantidade de desvios-padrões que um processo produtivo ou de serviço pode estar distante da média de ocorrência de zero defeito. Na análise de uma distribuição normal de probabilidade observamos que os resultados encontrados fora da área de seis desvios tanto de um lado quanto de outro da média, é muito próximo de zero.”

Sendo assim, o nome *Six Sigma* é derivado de um parâmetro estatístico, representado pela curva normal, que indica a variabilidade do processo. A curva normal é identificada por dois parâmetros estatísticos: a média (μ) que representa o quanto o processo está acertando na média, e o desvio padrão (σ) que seria o quanto o processo está variando em torno desta média (CLETO; QUINTEIRO, 2011; DANTAS JUNIOR, 2015; DOMENECH, 2016).

O sistema *Lean*, possui suas origens relacionadas ao Sistema Toyota de Produção, por meio dele, pretende-se eliminar um processo o que não tem valor para o cliente, obtendo-se uma maior eficiência à empresa. A integração do sistema *Lean* ao *Six Sigma*, resulta no *Lean Six Sigma* (LSS) e constitui em uma estratégia eficaz, poderosa e ampla para resolução de problemas e melhorias e criações de novos processos, por meio de uma ampla gama de ferramentas de melhorias. Com isso, tem-se uma flexibilidade para resolução de problemas de diversas naturezas para diferentes tipos de empresas, escolhendo-se as ferramentas mais adequadas para tratar o problema específico da empresa e para resolvê-lo de maneira eficaz. Seu foco é o aumento do lucro econômico pelo aumento de vendas, aumento do rendimento dos processos, redução da variabilidade dos processos e a eliminação de defeitos e desperdícios (QUEIROZ, 2007).

2.2.1 Ferramentas do *Lean Six Sigma*

No Programa *Lean Six Sigma*, utilizam-se ferramentas para definir, medir, analisar, controlar problemas e melhorar o processo produtivo (LIMA; GARBUIO; COSTA, 2009). Essas ferramentas quando baseadas em análise de dados históricos e métricas estatísticas geram análises de causa e efeito, que auxiliam na melhoria contínua da qualidade e produtividade, através da tomada de decisão (GOULART; BERNEGOZZI, 2010).

As ferramentas têm como propósito reduzir ou eliminar as fontes de variação controláveis em produtos e serviços (CÉSAR, 2011). Para o autor, essas ferramentas da qualidade (Quadro 2) poderão auxiliar na resolução da maioria dos problemas existentes em uma empresa, bem como propor melhorias, entre elas, pode-se destacar:

Quadro 2 – Descrição das ferramentas *Lean Six Sigma* e seus conceitos

Ferramentas	Conceito
Project Charter	Representa o escopo do projeto, com aprovação de toda a equipe do projeto e gestores da empresa. Nele contém informações como: descrição do problema, definição da meta, restrições e suposições, membros da equipe, além do cronograma preliminar do projeto (WERKEMA, 2012).
SIPOC	SIPOC se trata de um acrônimo formado pelas palavras: <i>Supplier</i> (fornecedor), <i>Input</i> (entradas), <i>Process</i> (processo), <i>Output</i> (saídas) e <i>Customer</i> (cliente). É uma ferramenta para representação das etapas dos processos por todos envolvidos no projeto, identificando as entradas e saídas, as especificações de cada etapa e o fluxo do processo (ANDRADE, 2012; DOMENECH, 2016).
Estratificação	A estratificação se trata de uma maneira para focalizar a ação, isso é feito por meio de um conjunto de informações sob vários pontos de vista (CÉSAR, 2011; WERKEMA, 2012).
Gráfico de Gantt	É um diagrama que apresenta as etapas do projeto e o período em que elas acontecem por meio de barras horizontais, ainda detalha a duração de cada uma das etapas (DAYCHOUW, 2007).
Mapa Mental	Diagrama utilizados para organizar ideias e informações, no qual um conceito ou ideia central é escrito no meio de uma página, e deste são irradiados ideias e palavras relacionadas (CAMPOS, 2012; WERKEMA, 2012).
Folha de Verificação	É uma ferramenta da qualidade que é usada para auxiliar na coleta de dados, contribuindo para a posterior análise dos dados obtidos (BARBOSA, 2010; WERKEMA, 2012).
Gráfico de Pareto	É uma ferramenta da qualidade que é usada para facilitar e organizar o processo de coleta e registro de dados, contribuindo para a posterior análise dos dados obtidos (BARBOSA, 2010; WERKEMA, 2012).
Diagrama de Causa e Efeito	Objetiva detectar as causas que levaram a determinado resultado no processo analisado, podendo ser seis origens geralmente caracterizadas por: medição, materiais, mão de obra, máquinas, métodos e meio ambiente e a linha horizontal é o efeito (SLACK, 2009).
Histograma	O Histograma, se trata do gráfico de barras que organiza os dados de maneira que se obtém uma distribuição dos dados em torno do valor central (WERKEMA, 2012; DOMENECH, 2016).
Diagrama de Dispersão	Se trata de um gráfico para visualização da relação entre duas variáveis, cujas quais podem ser um ou dois efeitos do processo ou ainda causas do mesmo. (WERKEMA, 2012; DOMENECH, 2016).
Gráfico de Controle	Consistem em um gráfico que permite a visualização do controle estatístico, quanto a dispersão e locação de um determinado processo através dos dados (WERKEMA, 2012; DOMENECH, 2016).
Fluxograma	É uma ferramenta representada por um fluxo de operações que compõem um processo, permitindo assim uma visão global do processo em análise (DOMENECH, 2016).
Brainstorming	O Brainstorming tem o intuito de coletar ideias dos participantes um por vez, porém continuamente, para gerar o maior número de ideias possíveis, dentro de um determinado espaço de tempo, sem que essas ideias sejam criticadas. (DAYCHOUW, 2007; BEHR et al., 2008; WERKEMA, 2012).
Matriz de Criticidade	Conhecida também, como classificação ABC, qualifica os equipamentos em níveis diferentes de criticidade lastreado por parâmetros pré-estabelecidos: saúde e educação, meio ambiente, conformidade legal e regulamentar, produção, manutenção, probabilidade, impacto na reputação (DOMENECH, 2016).

(Continuação)

Ferramentas	Conceito
FMEA	Ferramenta para auxílio na identificação, hierarquização e prevenção das potenciais falhas de um produto ou processo antes que atinja o cliente. Há três fatores utilizados para priorização das falhas. São eles: severidade, ocorrência e detecção. (WERKEMA, 2012; LAURENTI et al., 2012).
5W2H	Tem a finalidade de definir para a estratégia de ação elaborada o que será feito (<i>What</i>), quando será feito (<i>When</i>), quem fará (<i>Who</i>), onde será feito (<i>Where</i>), por que será feito (<i>Why</i>), como será feito (<i>How</i>) e quanto custará (<i>How much</i>) (BEHR et al., 2008; WERKEMA, 2012).

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

2.2.2 DMAIC

Um dos elementos da infraestrutura do *Lean Six Sigma* é a formação das equipes para realização de projetos de melhorias relacionados à qualidade, que contribuam fortemente para o alcance das metas estratégicas da empresa. O desenvolvimento desses projetos é realizado com base em uma Metodologia de resolução de problemas denominada DMAIC, cujas siglas são: *Define* (Definir), *Measure* (Medir), *Analyze* (Analisar), *Improve* (Melhorar), *Control* (Controlar). Esse método por meio de estratégias gerenciais visa aumentar a competitividade das empresas, por meio do aumento eficiente da produtividade e lucratividade (CLETO; QUINTEIRO, 2011; PENEDO; FRANCO; FERREIRA, 2016).

Segundo Escobar (2012) a ferramenta DMAIC se baseia na identificação, análise, melhoria e controle dos fatores que contribuem para a variabilidade do processo. Os projetos levam cerca de dez meses, dependendo do escopo do projeto e requerem profissionais dedicados para o desenvolvimento do estudo.

A capacitação da equipe e dos líderes nos princípios e técnicas de trabalho é importante para o êxito da estratégia. Outro membro importante na aplicação da ferramenta é o *Sponsor*, ele atua como facilitador nas relações interdepartamentais, tendo a função de apoiar o líder de projeto, provendo os recursos. Ainda, é o responsável pela prestação de contas perante a alta administração, portanto o resultado do projeto deve estar dentro de seus objetivos e metas gerenciais. Sendo assim, o DMAIC é adotado como uma estratégia gerencial de negócios, sendo um modelo de administração do negócio pelas empresas.

Na maioria das vezes, devido sua criteriosa seleção e dedicação de recursos, os projetos DMAIC tratam de problemas crônicos, complexos e com abrangência interdepartamental, onde os modelos de melhoria tradicionais não são eficazes. O foco nos indicadores da empresa proporciona ganhos financeiros relevantes, criando um considerável diferencial competitivo

para o negócio (ESCOBAR, 2012).

A metodologia DMAIC é uma estrutura que busca as soluções de problemas, que é dividida nas etapas indicadas no Quadro 3:

Quadro 3: Etapas da metodologia DMAIC

ETAPA	CARACTERÍSTICAS
Etapa D: Definir	Na primeira etapa do DMAIC, detecta-se o problema, estrutura-se a equipe para o estudo e define-se a meta do projeto. Assim, por meio da análise do problema elabora-se um cronograma, que pode ser alterada em outras etapas, conforme andamento do projeto. (LEITE; MONTESCO, 2016; PENEDO; FRANCO; FERREIRA, 2016).
Etapa M: Medir	Na segunda etapa a equipe focaliza o problema e então decide por coletar novos dados ou utilizar dados já existentes. Assim, realiza-se uma análise desses dados, identificando os impactos das variáveis do problema e quais são prioridade. Além de identificar as tarefas que agregam valor e as que não agregam (PENEDO; FRANCO; FERREIRA, 2016; LIN et al., 2013; DOMENECH, 2016).
Etapa A: Analisar	Analisa-se o processo que tem gerado o problema prioritário. Algumas ferramentas muito utilizadas nessa etapa para organização das causas do problema prioritário são: o mapa do processo e do produto, fluxogramas (PENEDO; FRANCO; FERREIRA, 2016; LIN et al., 2013; DOMENECH, 2016).
Etapa I: Melhorar	Consiste na geração de ideias para soluções que eliminem as causas do problema prioritário. Essas ideias são analisadas, de maneira que minimize os riscos. Assim, inicia-se os testes pilotos das soluções identificadas (CLETO; QUINTEIRO, 2011; PENEDO; FRANCO; FERREIRA, 2016).
Etapa C: Controlar	Na quinta etapa, avalia-se o atingimento da meta que havia sido estabelecida, para posterior padronização das alterações realizadas por meio do estudo no processo e implementação de um monitoramento da performance do processo e do alcance da meta (PENEDO; FRANCO; FERREIRA, 2016).

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

3 Procedimento metodológicos da pesquisa

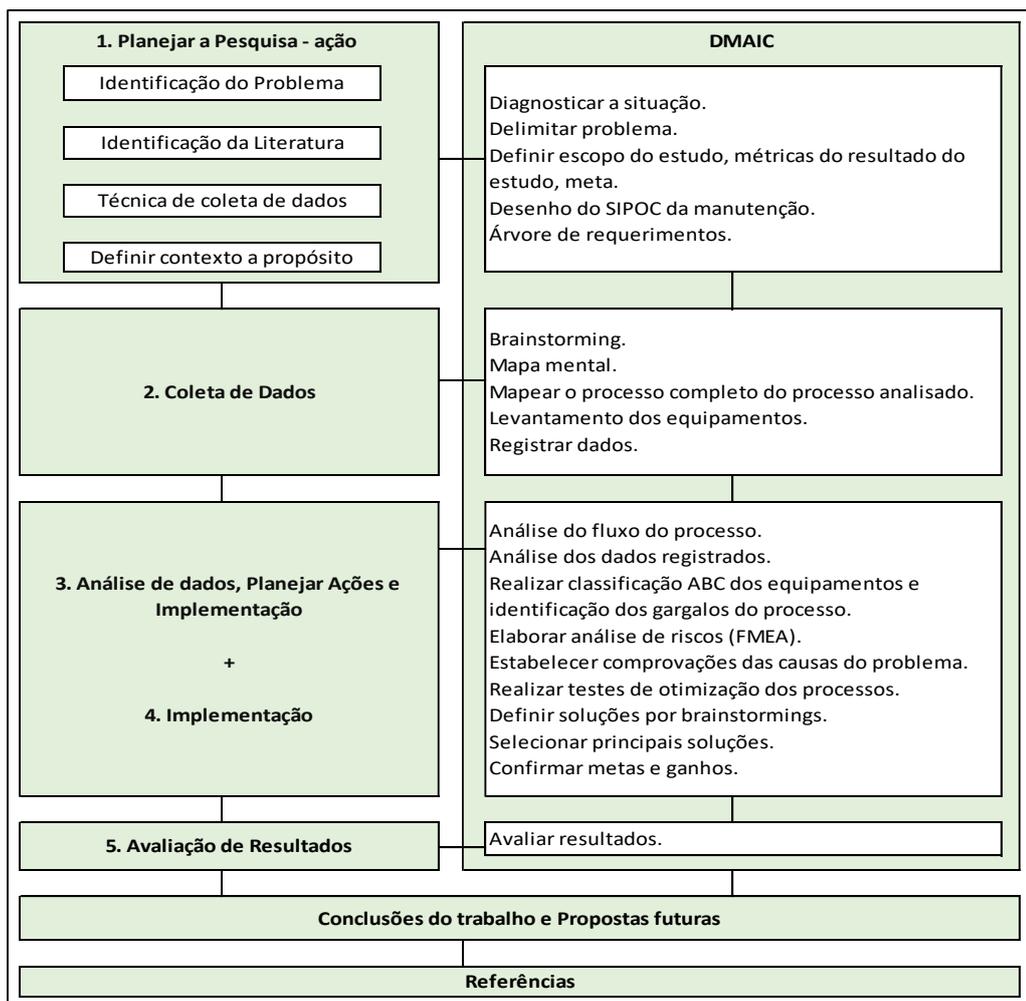
Segundo Gil (2010) os critérios utilizados para classificar uma pesquisa são definidos a partir dos objetivos gerais traçados na pesquisa, podendo ser exploratória, descritiva e/ou explicativa. Entre estes três estudos, o que melhor classifica este trabalho é a explicativa, pois a pesquisa objetiva identificar os elementos que influenciam ou contribuem para um determinado fenômeno. Quando estas pesquisas são realizadas nas ciências naturais, requerem o uso de métodos experimentais e nas ciências sociais a utilização de métodos observacionais. A pesquisa apresenta ainda, uma natureza aplicada, porque gera conhecimentos para aplicações práticas de soluções para problemas específicos, além de envolver interesses locais

(PRODANOV & FREITAS, 2013).

O procedimento na pesquisa de campo foi conduzido por um dos pesquisadores, que exerceu o papel de facilitador na equipe de aplicação. Em relação à condução do trabalho de campo, a pesquisa seguiu a abordagem da pesquisa-ação, sendo essa um método de pesquisa qualitativo para abordagem de problemas, tendo base empírica, em que o pesquisador interferiu na realidade organizacional e envolveu o objeto pesquisado para o alcance dos objetivos da pesquisa (MELLO *et al.*, 2012).

A metodologia proposta para a melhoria de processos apresenta a relação entre as etapas da pesquisa ação e o desenvolvimento do DMAIC aplicado na indústria Moageira de Trigo, como pode ser observado no Figura 3. Para a aplicação foram utilizadas a análise documental e a observação direta, além da realização de entrevistas informais com os operadores e técnicos ligados ao processo e a discussão em grupos focais na aplicação do *brainstorming*.

Figura 3 – Fluxograma do estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

A Figura 3 demonstra como é a relação entre as etapas do trabalho, os passos da metodologia de pesquisa (pesquisa-ação). As macro etapas do trabalho foram denominadas no método do DMAIC: Definir (D), Medir (M), Analisar (A), Melhorar (I), Controlar (C).

A primeira fase de Planejamento da pesquisa-ação é a de definição da estrutura conceitual teórica, técnicas de coleta de dados e de definição do contexto e o propósito da pesquisa. Esta etapa se divide em 4 subfases:

1. Iniciar a pesquisa, identificando a problemática: Identificação do problema para ser solucionado, através de uma equipe qualificada.
2. Definir Literatura: Identificação e organização dos conceitos encontrados por meio do levantamento da literatura importante para o estudo a ser desenvolvido.
3. Selecionar unidade de análise e técnicas de coleta de dados: definição as técnicas de coleta de dados.
4. Definir contexto e propósito: identificar os interessados com a pesquisa e suas expectativas (SIPOC e a árvore de requerimentos). Realizar um diagnóstico da situação, dos problemas prioritários e eventuais ações.

A segunda etapa da Pesquisa-ação seria a realização de um *brainstorming* para a elaboração do mapa mental, que indicara as etapas necessárias para a coleta de dados. Além do levantamento e caracterização dos equipamentos utilizados no processo, levando cerca de 3 meses para conclusão desse levantamento. Na pesquisa-ação o pesquisador se envolve ativamente nos processos, assim como o DMAIC, em que o responsável deve coletar os dados por meio de cronometragem e entrevistas.

A terceira etapa e quarta etapa se trata da análise dos dados e planejamento das ações, nestas etapas da Pesquisa-ação os dados obtidos na segunda etapa serão analisados para propor melhorias, desenvolver indicadores e propor planos de ação elaborado a partir da análise dos dados. Assim, serão colocadas em prática as ações definidas pelos planos de ação.

A última etapa de um ciclo da Pesquisa-ação é a de avaliar os resultados obtidos com as ações feitas no item anterior e gerar relatório. A avaliação será feita de acordo com os resultados das etapas anteriores, cujo o objetivo era propor a elaboração do plano de manutenção para diminuição das paradas não programadas dos equipamentos e aumento da disponibilidade.

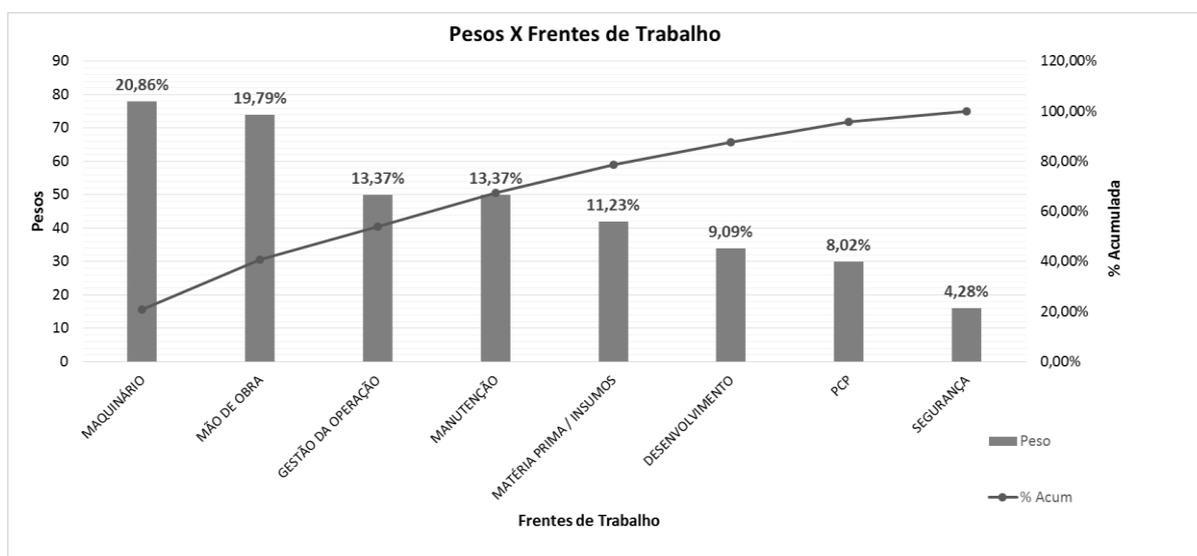
4 Resultados

4.1 Planejamento da pesquisa – ação

A fábrica em que o estudo foi aplicado pertence a uma Cooperativa Agroindustrial de grande porte, se trata de uma indústria produtora de farinha e farelo de trigo, com a capacidade de produção de 250 toneladas por dia. Pelo fato de ter sido inaugurada a pouco tempo, a estrutura física e administrativa da fábrica são novas, no entanto os seus equipamentos são antigos, pois pertenciam a uma outra indústria moageira de trigo que ficou inativa cerca de 30 anos, até que a Cooperativa comprou uma parte dessa fábrica, formando assim uma sociedade.

Logo de início, quando a indústria começou sua produção, a Cooperativa ingressou um projeto *Lean Six Sigma* para Gestão da produção, durante as etapas do DMAIC desse projeto estabeleceu-se com a equipe, gerente industrial e gerente de produção o mapa de variáveis, obtendo-se assim 53 variáveis pertinentes para se trabalhar no projeto. Através de uma relação por afinidade agrupou-se as variáveis e obteve-se as seguintes frentes de trabalho: maquinário, mão de obra, gestão da operação, manutenção, matéria prima ou insumos, desenvolvimento, PCP e segurança. A partir disso, estruturou-se a matriz de causa efeito, estabelecendo notas e pesos de importância para as variáveis frentes de trabalho, priorizando assim por meio do gráfico de Pareto 80% da porcentagem acumulada (Figura 4), sendo estas as variáveis: maquinário, mão de obra, gestão da operação, manutenção, matéria-prima ou insumos e desenvolvimento.

Figura 4: Gráfico de Pareto das variáveis obtidas da matriz de causa efeito



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Por meio da análise da Figura 4, constatou-se que o peso da variável maquinário seria de 20,86% e da manutenção cerca de 13,4%. Portanto, para atingir o objetivo do projeto de melhorar o desempenho da produção da fábrica as principais variáveis priorizadas seriam, maquinário e manutenção, denominadas de Gestão da Manutenção.

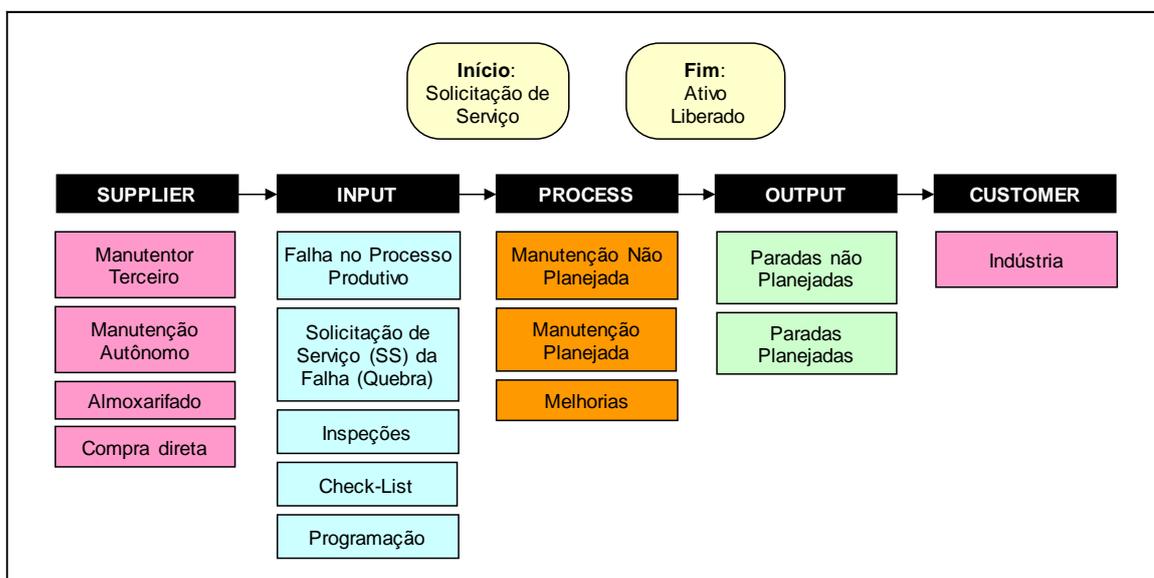
Os motivos que levaram a essa avaliação são as condições obsoletas dos equipamentos e suas frequentes falhas durante a produção, tendo impacto direto no desempenho produtivo e na lucratividade da empresa. Sendo assim, uma das ações do projeto foi a proposta de um novo estudo com a geração de um outro DMAIC tendo como meta, a Gestão da manutenção, através do plano de manutenção.

4.1.1 Definição das variáveis de melhoria

Diante da problemática estabeleceu-se um planejamento das ações a serem executadas. Iniciou-se o ciclo da metodologia DMAIC, etapa definir, estabelecendo o caso do negócio que é ligado com o planejamento estratégico, quem será envolvido no estudo, quais serão as oportunidades, a meta e o cronograma macro das fases do estudo.

A meta está atrelada diretamente com o objetivo do estudo, sendo este a proposta do plano de manutenção para diminuição das paradas de máquina. Para iniciar o estudo é necessário definir os macros processos que serão abordados, utilizou-se a ferramenta SIPOC, onde foram determinados o início e o fim do processo, as entradas, saídas, clientes, fornecedores, como também as etapas principais do processo inicial do estudo, conforme Figura 5.

Figura 5: SIPOC

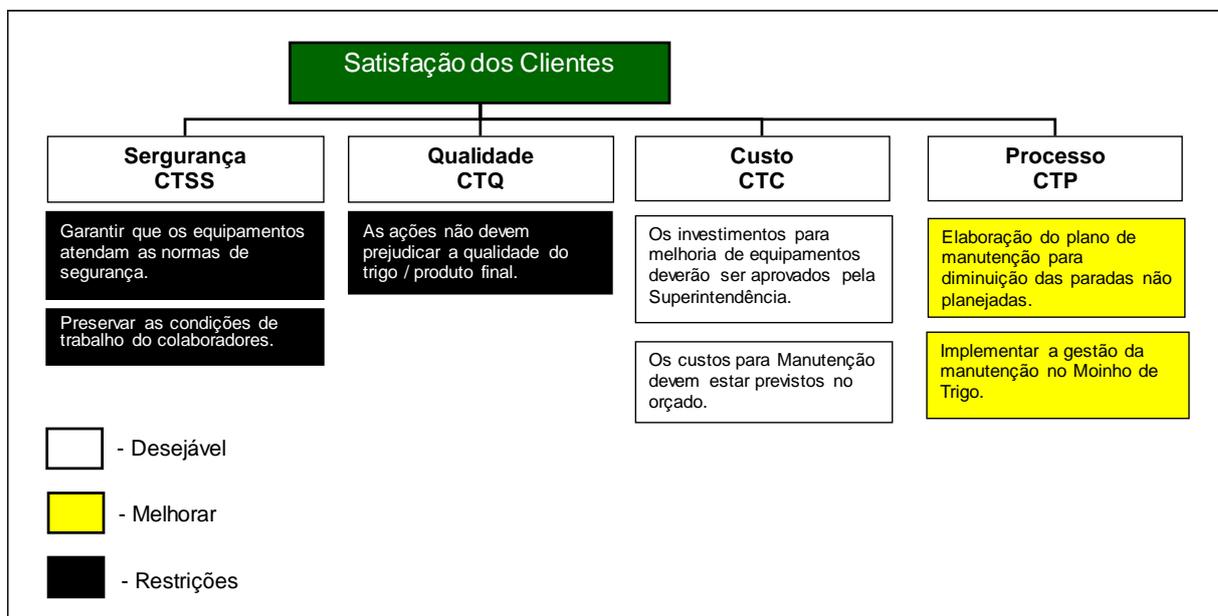


Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Através do SIPOC foi possível identificar os macroprocessos da manutenção que envolvem a indústria moageira. Por meio disso, identificou-se a ausência de vários subprocessos essenciais a gestão de manutenção, que envolve as manutenções preventivas, preditivas, o plano de manutenção e também indicadores para monitoramento das manutenções e equipamentos. Sendo assim, foi possível um melhor direcionamento de quais estruturas deveriam ser elaboradas pelo estudo.

Posteriormente, foi elaborada a árvore de requerimentos (Figura 6), escutando a voz do cliente, *Voice of the customer* (VOC) e a voz do negócio, *Voice of the business* (VOB), possibilitando visualizar as restrições e as possíveis melhorias.

Figura 6: Árvore de requerimentos (VOC/VOB)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Analisaram-se as quatro variáveis que poderiam interferir na tradução das necessidades dos clientes, entre elas, segurança, qualidade, custo e processo.

Referente a "Segurança" e "Qualidade" identificou-se que as mudanças propostas pelo estudo deveriam garantir que os equipamentos cumprissem os requisitos das normas de segurança e não poderiam impactar nas condições de trabalho dos colaboradores. Já na variável "Qualidade" as medidas não poderiam prejudicar a qualidade do produto final.

Na variável "Processo" identificou-se possíveis melhorias, como otimizar o processo de manutenção, por meio da elaboração de um plano de manutenção que reduza as paradas não planejadas.

4.2 Coleta de dados do processo

4.2.1 Mapa mental

Esta etapa é caracterizada por realizar as medições pertinentes a pesquisa (etapa medir), para que sejam coletados os dados necessários para posterior análise na etapa *analyze*. A fim de buscar um *brainstorming*, foi realizado um mapa mental (Figura 7), onde as ideias principais foram traçadas, sendo possível então definir as frentes de estudo para a pesquisa. Nessa etapa houve o envolvimento da gerente industrial, do especialista do projeto que responde pela manutenção da fábrica e dos colaboradores *black belt* e *green belt*.

Figura 07: Mapa mental



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Após as ideias terem sido alinhadas, obtivemos algumas etapas para o estudo:

Etapa 1. Propõe a realização do mapeamento dos processos, para compreensão do fluxo do processo e dos equipamentos dispostos nele.

- Etapa 2. Refere-se ao levantamento dos equipamentos, para posterior identificação dos mesmos por meio das *tags*.
- Etapa 3. Se trata da elaboração de uma ficha técnica para coleta dos dados coletados a partir das paradas de máquina, para que com esses registros, inicie um controle e desenvolva indicadores de manutenção.
- Etapa 4. Seria a realização das análises preditivas e preventivas que irão compor o plano de manutenção, realiza-se a análise termográfica e a elaboração do plano de lubrificação.
- Etapa 5. Refere-se a Classificação ABC, para avaliação da criticidade dos equipamentos, obtendo-se assim os mais críticos A e B e também a identificação dos gargalos.
- Etapa 6. Elaboração de uma análise de falhas, em que as falhas relacionadas aos componentes dos equipamentos de classificação A e B são listadas. Dessa maneira, surgem as atividades necessárias de verificação para cada equipamento.
- Etapa 7. Estruturação do objetivo do estudo, o plano de manutenção, realizado por meio dos dados obtidos das etapas anteriores.

4.2.1 Mapeamento dos processos

Dentro da etapa medir (*measure*) foi realizado o mapeamento do processo, apresentado na Figura 8, cujo objetivo foi identificar o fluxo de processamento da indústria e então dividi-los em 7 subprocessos, sendo eles: recepção de trigo, primeira limpeza, segunda limpeza, impureza, moagem, envase e expedição, descritos no Quadro 4.

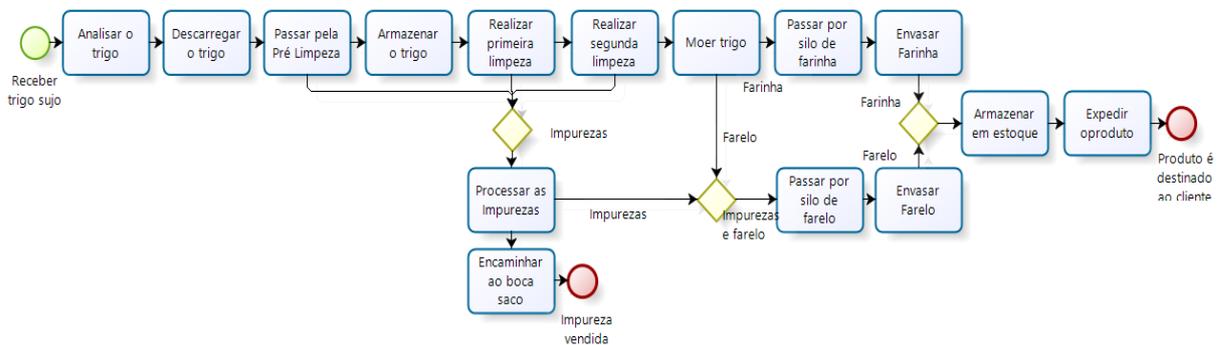
Quadro 4 – Descrição dos 7 subprocessos da indústria moageira de trigo

Processos	Descrição
Recepção de Trigo	O trigo é recepcionado e armazenado em condições adequadas de higiene e temperatura para iniciar seu processamento e garantir um melhor produto final.
Primeira Limpeza	Nessas etapas, o objetivo principal é realizar a limpeza e retirada de impurezas no produto em questão. Após a etapa de limpeza o trigo é acondicionado, esse tempo depende das características do grão de trigo, como sua umidade e também dureza do grão. Esta etapa objetiva facilitar a separação do endosperma do farelo para o processo de moagem.
Segunda Limpeza	
Impureza	
Moagem	Realiza a separação do endosperma para posterior moagem e então conversão em farinha sem germe e farelo, já que esses três produtos são vendidos separadamente. Dessa maneira, o processo de moagem inicia-se com trituração dos grãos, onde se extraem o endosperma. Em seguida o equipamento chamado plansifter separa as partículas finas e grossas, que são encaminhadas aos cilindros redutores, plansifter, sassores e mais alguns equipamentos, para definir os derivados do trigo, sendo eles: farelo, germe e alguns tipos de farinha.
Envase	O produto é embalado em embalagens de 25 kg, 50 kg, Big Bag e transporte a granel. O é armazenado em ambiente seco e arejado.
Expedição	O produto armazenado é distribuído aos clientes.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Na Figura 8 está representado o processo de produção que a indústria realiza. Assim, o processo para fabricação da farinha de trigo e do farelo se inicia, quando o trigo ainda é recepcionado. No subprocesso da recepção de trigo (Quadro 4), o trigo que chega ao moinho por meio dos caminhões é pesado pela balança rodoviária e segue para classificação, em que passará por uma avaliação que medirá sua qualidade. Por meio disso, o trigo sujo, cujo qual vem misturado com os mais variados tipos de impurezas (pó, pedra, palha, areia, ferro e insetos) é encaminhado a moega, sendo essa uma estrutura com orifício no vértice por onde escorregam os grãos que seguirão para a etapa de pré limpeza, que ocorre então a retirada das impurezas mais grosseiras do trigo que são encaminhadas ao boca saco para serem vendidas. Em seguida, ocorrem a primeira e segunda limpeza que retiram as demais impurezas (elas são processadas e passam no moinho martelo) e então o trigo segue no processo até chegar na moagem onde então é moído, obtém-se assim, o trigo e o farelo, ambos passam pelos silos, são envasados, armazenados e então expedidos para serem encaminhados até o cliente.

Figura 8: Subprocesso da Recepção do trigo



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

4.2.3 Levantamento dos equipamentos

Na implementação de um sistema de controle de manutenção, é necessário identificar as máquinas e equipamentos de maneira mais conveniente e simples possível, pois isso facilita a comunicação entre setores que têm envolvimento com a manutenção.

Sendo assim, para realização da listagem dos equipamentos do processo produtivo, foi necessário o auxílio de um mecânico que ajudou na construção do moinho e do gerente de produção. Enfrentou-se algumas dificuldades no início, já que apesar da estrutura industrial ser nova, os equipamentos adquiridos têm mais de 30 anos e os documentos correspondentes a esses maquinários se perderam. Então, não haviam informações concretas a respeito das características desses equipamentos. Desse modo, foram necessárias algumas reuniões para

listar todos os equipamentos que constituem a indústria, pois não se sabia a exata quantidade nem os tipos dos mesmos. Devido à complexidade do processo e da dispersão dos equipamentos que são distribuídos por andar, esse levantamento, conforme consta na Quadro 5, durou cerca de 3 meses até identificação de todos os tipos de equipamentos existentes na planta, totalizando 332 equipamentos.

Quadro 5 – Planilha contendo parte dos equipamentos listados do processo da empresa.

Nº	Equipamento	Descrição	Quanti.	Localização
1	Balança de fluxo (F1/F2/F3)	Balança de fluxo "Buller" cap. 10 t/h, com célula de carga e válvula pneumática.	3	1º andar
2	Banco de cilindros	Banco de cilindros para moagem de grãos "VITTI MOLINOS" cap. 300 t/dia, dim. 1.800 x 1.300 mm, com 4 cilindros e acionamento motor elétrico.	13	1º andar
3	Banco de cilindros	Banco de cilindros para moagem de grãos "VITTI MOLINOS" cap. 300 t/dia, dim. 1.800 x 1.300 mm, com 4 cilindros e acionamento motor elétrico.	2	1º andar
4	Monovia (Trolley mecânico)	Monovia com trolley mecânico cap. 500 kg, comprimento 15.000 mm.	6	1º andar
5	Transportador de rosca	Transportador de rosca helicoidal tipo calha para farelo de moagem, mat. Aço carbono, dim. 200 x 16.000 mm, acionamento por motor elétrico e redutor.	1	1º andar
6	Batedor de farelo	Batedor de farelo "Buller" dim. 1.200 X 550 X 1.500 mm, acionamento por motor elétrico e transmissão por correia.	2	2º andar
8	Filtro tipo mangas (Sassores)	Filtro tipo mangas (Sassores), mat. Aço carbono, dim. 1500 x 3.800 mm, com 48 mangas dim 1.500 x 3.800 mm, com válvulas rotativas e exaustor centrífugo motor elétrico 30 CV.	1	2º andar
9	Rosca tripla de farinha	Rosca tripla de farinha com tubos giratórios para designação de farinha, T1, T2, T3, diam. 190 mm, Comp. 15.000 MM, porta de inspeção, com motoredutores pot. 2 CV.	1	2º andar
10	Sassor excêntrico	Sassor excêntrico "Metalúrgica União da Vitória" Dim. 2.650 X 1.250 mm, com sistema de asperção e jogo de peneiras.	4	2º andar

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Em seguida dividiu-se esses maquinários pelos processos já mapeados (Figura 8), para em sequência realizar a codificação dos equipamentos.

Na Figura 9 segue o critério utilizado no estudo, cujo qual a Cooperativa já adota para codificação dos equipamentos. Esse sistema de codificação alfanumérico, é instituído em uma sequência de letras e números que determinam o tipo e a localização do ativo, seguido de uma numeração sequencial, o que diferencia dos demais ativos de especificação idênticos e/ou ativos substituídos.

Figura 9 – Critério utilizado para codificação dos equipamentos

CODIFICAÇÃO - TAGS	
Exemplo: EX1DET0070	
a) Localização: EX1 – 3 dígitos no total contendo 2 letras e 1 número, onde as duas letras “EX” do exemplo definem a área funcional (Ex.: Extração), e o número “1” a localização exata do ativo.	
b) Função: DET0070 – até 7 dígitos (3 letras e 4 números) que definem a identidade, tipo de ativo ou posição no processo (Ex.: DET0070 sendo Dessolventizador Tostador, item 70 do processo).	

Fonte: Elaborado pela empresa (2017)

Conforme o critério adotado as *tags* foram finalizadas e cadastradas na relação dos equipamentos com objetivo de criar um “arquivo de manutenção”, como consta na Quadro 6.

Quadro 6 – Planilha com as *tags* dos equipamentos

Nº	Equipamento	Prefixo	Descrição	Quant.	Andar	TAG
1	Balança de fluxo (F1/F2/F3)	BAF	Balança de fluxo “Buller” cap. 10 t/h, com célula de carga e válvula pneumática.	3	1º andar	MG1BAF0034 MG1BAF0035 MG1BAF0036
2	Banco de cilindros	MOT	Banco de cilindros para moagem de grãos “VITTI MOLINOS” cap. 300 t/dia, dim. 1.800 x 1.300 mm, com 4 cilindros e acionamento motor elétrico.	2	1º andar	MG1MOT0014 MG1MOT0015
3	Monovia (Trolley mecânico)	MNV	Monovia com trolley mecânico cap. 500 kg, comprimento 15.000 mm.	6	1º andar	MG1MNV0001 MG1MNV0002 MG1MNV0003 MG1MNV0004 MG1MNV0005 MG1MNV0006
4	Transportador de rosca	RSC	Transportador de rosca helicoidal tipo calha para farelo, acionamento por motor elétrico e redutor.	1	1º andar	MG1RSC0031
5	Batedor de farelo	BTD	Batedor de farelo “Buller”, acionamento por motor elétrico e transmissão por correia.	2	2º andar	MG1BTD0001 MG1BTD0002
6	Filtro tipo mangas (Sassores)	FMA	Filtro tipo mangas (Sassores), dim. 1500 x 3.800 mm, com 48 mangas dim 1.500 x 3.800 mm, com exaustor centrífugo motor elétrico 30 CV.	1	2º andar	MG1FMA0024
7	Rosca tripla de farinha	RSC	Rosca tripla de farinha com tubos giratórios para designação de farinha, T1, T2, T3, diam. 190 mm, Comp. 15.000 MM, porta de inspeção, com motoredutores pot. 2 CV.	1	2º andar	MG1RSC0030
8	Sassor excêntrico	SSR	Sassor excêntrico “Metalúrgica União da Vitória” Dim. 2.650 X 1.250 mm, com sistema de asperção e jogo de peneiras.	4	2º andar	MG1SSR0001 MG1SSR0002 MG1SSR0003 MG1SSR0004

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Por meio da codificação (cadastro das máquinas), confeccionou-se etiquetas, que foram fixadas uma a uma em cada equipamento. Durante o processo de fixação, os equipamentos foram sendo registrados por meio de fotos para confecção de um álbum de registros para as máquinas.

Assim, por meio das *tags*, são fornecidas de forma precisa as informações desejadas, como o processo do equipamento, sua localização, função e registros por imagem de cada equipamento, sem necessitar de um deslocamento até suas instalações para verificação.

4.2.4 Registro das paradas de máquinas

Para se ter um bom funcionamento e elaborar um plano de manutenção necessita de um sistema de monitoramento anterior, que mantém um controle de todas as máquinas e equipamentos por meio de fichas individuais, ou seja, dados históricos como, por exemplo, os tipos de manutenções que foram realizadas e quais peças e componentes foram substituídos.

Devido ao método ser mais simples, optou-se inicialmente por um controle manual, em que manutenções preventivas e corretivas são controladas e analisadas através de formulários preenchidos manualmente e guardados em pastas de arquivo, facilitando a localização das informações dos equipamentos.

A partir disso, desenvolveu-se uma ficha técnica (Figura 10), para rastrear os equipamentos e identificar as paradas de produção. Além disso, foi elaborada uma planilha (Tabela 1) para lançamento em Excel.

Figura 10 – Ficha técnica para registro de paradas dos equipamentos

Registro de Paradas Moinho de trigo		TIPO DE SERVIÇO	
		1- ORGANIZACIONAL	
		2- TÉCNICO	
		3- OPERACIONAL	
		4- QUALIDADE	
n°:	Tipo de Serviço:	Área:	
Funcionário:	Tempo de Máquina Parada:	Horário Início	Horário Término
Data:	Tempo do Manutentor:		
Equipamento/TAG:			
Peças:			
Descrição das Atividades		Causas do Problema	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Por meio da ficha técnica, são registrados os dados referentes aos tipos de serviços realizados, a data, o subprocesso em que ocorreu a parada, a descrição da atividade, o funcionário que a executou, as causas das interrupções do processo, as peças utilizadas no conserto, bem como os tempos de parada de máquina e de manutenção. Através dessas informações, realizou-se uma planilha de controle das paradas, em que consta: a data de ocorrência das paradas, o seu início, fim e duração. Além disso, o código dessa parada que delimita se é uma parada técnica, organizacional, operacional ou relacionada a qualidade, além das informações referente ao equipamento e a descrição da parada.

Tabela 1 – Registro de paradas dos equipamentos

Data	Início	Fim	Duração	Cód.	TAG	Equipamento	Tipo de parada	Descrição
19/05/2017	08:40	09:40	1:00:00	03.30	MG1DSC0005	Desagregador	Corretiva Mecânica	Quebra do rotor.
20/05/2017	05:20	05:45	0:25:00	03.30	MG1MOTC0001	Banco de Cilindro R1A	Corretiva Mecânica	Troca da correia.
24/05/2017	06:30	07:55	1:25:00	03.30	MG1MOTC0002	Banco de Cilindro R2A	Corretiva Mecânica	Troca da polia, desgaste.
24/05/2017	13:08	14:00	0:52:00	03.30	MG1MOTC0003	Banco de cilindro T3A	Corretiva Mecânica	Troca do rolamento.
25/05/2017	08:30	09:00	0:30:00	03.30	MG1MOTC0003	Banco de cilindro T3A	Corretiva Mecânica	Troca da correia.
26/05/2017	09:00	16:00	7:00:00	03.30	MG1MOTC0001	Banco de Cilindro R1A	Corretiva Mecânica	Troca da polia, desgaste.
31/05/2017	10:05	11:00	0:55:00	03.30	MG1MOTC0001	Banco de Cilindro R1A	Corretiva Mecânica	Troca da correia.
02/06/2017	05:00	05:55	0:55:00	03.30	MG1SSRC0002	Sassor 2	Corretiva Mecânica	Troca do rolamento.
03/06/2017	08:15	10:50	2:35:00	03.34	MG1PLFC0002	Plansifter 1	Falha manutenção	Reinstalação correta
05/06/2017	06:40	07:40	1:00:00	03.30	MG1SSRC0002	Sassor 2	Corretiva Mecânica	Troca do rolamento.
05/06/2017	09:10	09:50	0:40:00	03.30	MG1SSRC0002	Sassor 2	Corretiva Mecânica	Troca do rolamento.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

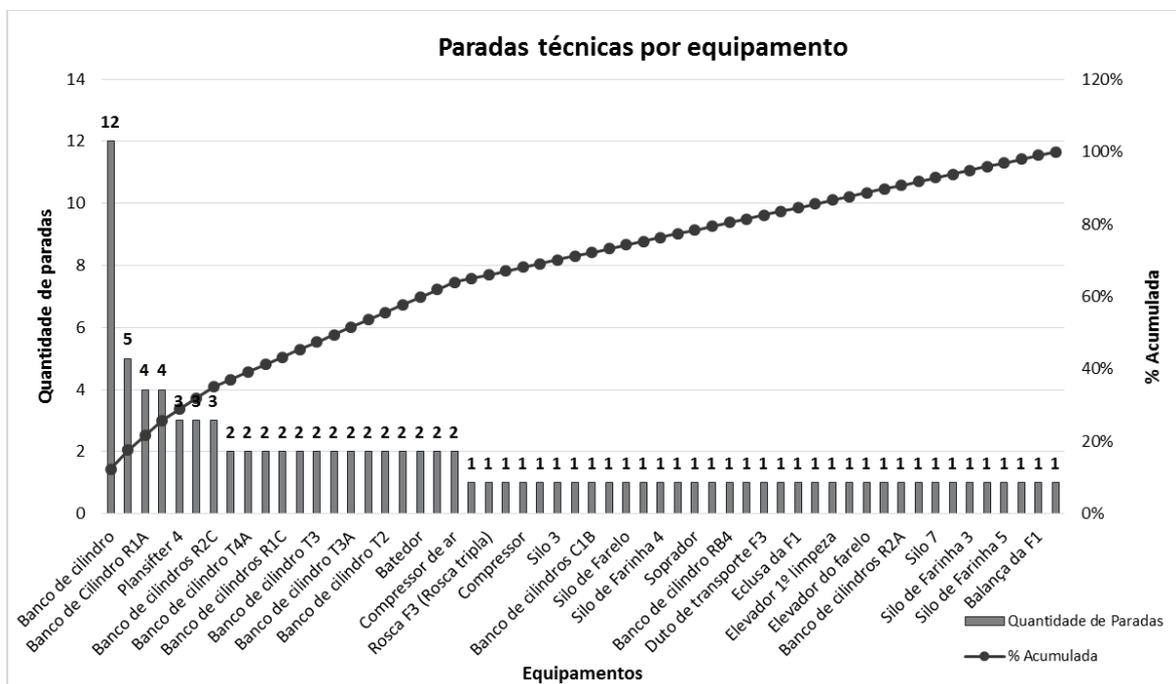
Por meio do conjunto de dados obtidos do mês de maio a setembro da Tabela 1, foi possível analisar a quantidade de paradas por equipamentos, a quantidade dos tipos de paradas, bem como medir alguns indicadores como, o tempo médio entre falhas, o tempo médio de reparo, a disponibilidade e o índice de indisponibilidade, cujos quais serão apresentados na seção 4.3.1.

4.3 Análise de dados, planejamento das ações e implementações

4.3.1 Análise dos registros de paradas

Por meio dos dados obtidos através da planilha de registros de paradas (Tabela 1), inicia-se a etapa *analyze* (analisar) e *improve* (melhorar). Assim, por meio da análise dos registros obteve-se os gráficos de Pareto abaixo. Na Figura 11 está representado o gráfico de Pareto que identifica a quantidade de paradas técnicas por equipamento, do mês de maio ao mês de setembro de 2017.

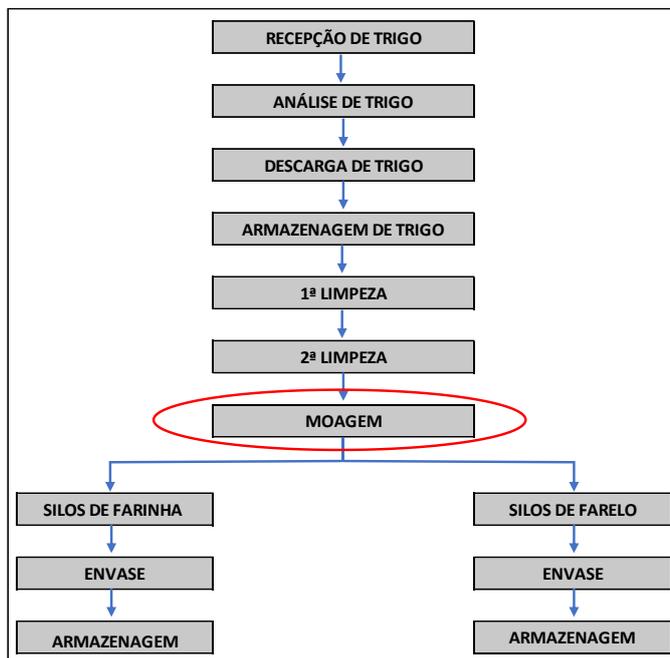
Figura 11: Identificação das Principais Paradas de Equipamentos



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Por meio da análise do gráfico, verifica-se que os equipamentos que obtiveram o maior número de paradas, estão concentrados no setor da Moagem, avaliado pela gerência da indústria como o processo que apresenta maior valor agregado à produção de farinha de trigo e farelo. Na Figura 12 está ilustrado o fluxo do processamento da Indústria, em que demonstra que fase do processo localiza-se a Moagem, sendo logo depois da 2ª Limpeza.

Figura 12 - Fluxograma de produção de farinha de trigo.



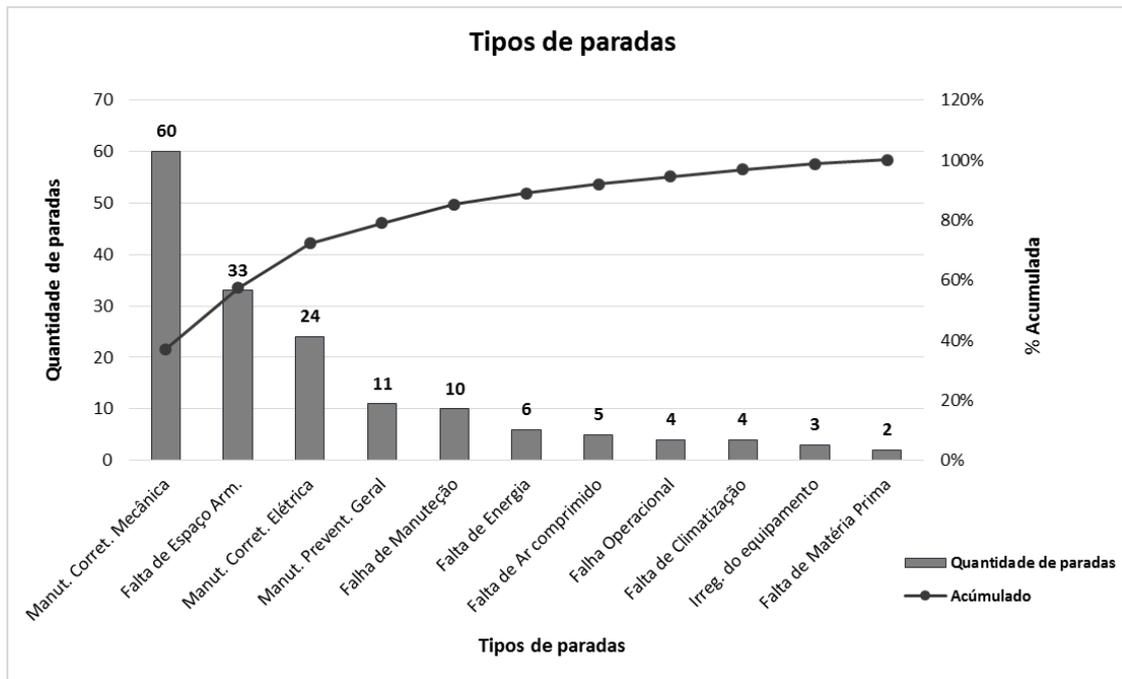
Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

A moagem é considerada o processo principal da fabricação de farinha de trigo, pois sem moagem, não há farinha. Neste setor estão concentrados os maiores índices de investimentos e de gastos da indústria. Além disso, é o setor que pode gerar maiores lucros para a empresa, pois quanto maior a porcentagem de extração retirada dos grãos de trigo, maior é a lucratividade da empresa, devido à eficiência do processo.

Por meio dos dados analisados anteriormente, verificou-se a grande necessidade de uma gestão da manutenção, visto que as falhas dos equipamentos são as grandes propulsoras das paradas do processo, principalmente no setor da moagem, o qual agrega mais valor ao produto, impactando diretamente na lucratividade da empresa e eficiência do processo.

Por meio da Tabela 1, foi possível ainda representar os motivos das paradas pelo número de vezes que ela ocorreu (Figura 13), onde é possível constatar que 97 paradas (59,88%) se tratam de paradas técnicas para manutenção (Manutenções corretivas mecânica e elétrica, falha de manutenção e irregularidades do equipamento), sendo essas mais da metade dos motivos de paradas na produção.

Figura 13: Identificação dos principais motivos de parada dos equipamentos



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

4.3.1.1 Indicadores de manutenção

Ainda através da análise dos dados obtidos pelas paradas de fábrica (Tabela 01), obtivemos para monitoramento, alguns indicadores, sendo eles: o tempo médio entre falhas (MTBF), o tempo médio de reparo (MTTR), a Disponibilidade (D) e o índice de indisponibilidade (I) desses equipamentos.

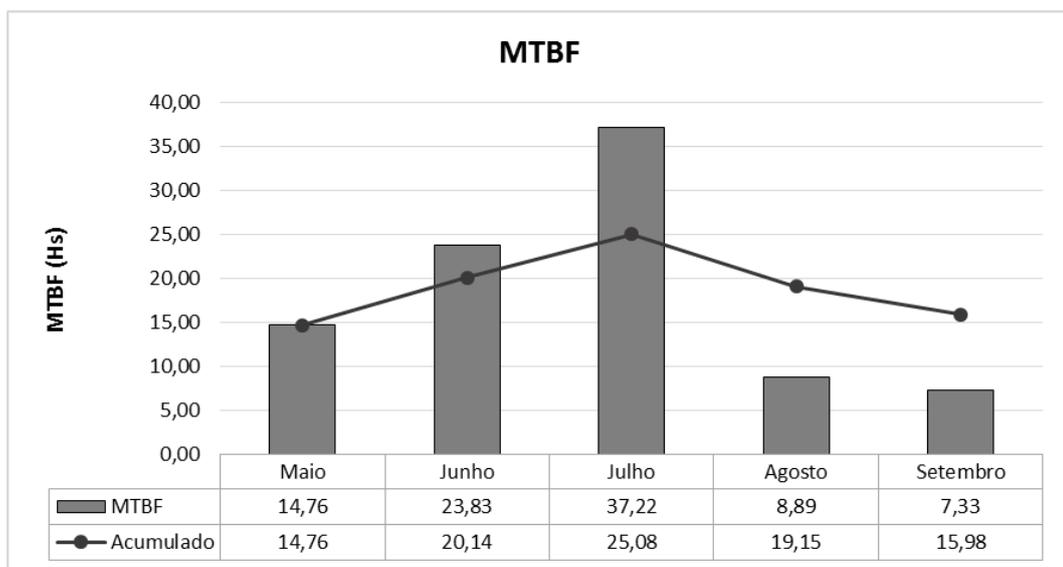
O MTBF é definido como a divisão da soma das horas disponíveis dos equipamentos para a operação, pelo número de falhas neste equipamento no período (Quadro 1). Se o valor de MTBF aumentar com o tempo, é um sinal positivo para a manutenção, pois indica que o número de intervenções corretivas vem diminuindo, e consequentemente o total de horas disponíveis para a operação, aumentando.

Na figura 14 por meio do cálculo do MTBF verificamos um comportamento crescente dos meses de maio a julho, considerando que se trata do primeiro ciclo de medições, possivelmente nem todos os registros de paradas foram anotados, pelo método estar em fase de adequação, os funcionários responsáveis podem não ter registrado algumas paradas, pois estão se adaptando a atividade. Dessa maneira, com menos falhas registradas o MTBF aumenta, no entanto, se afasta um pouco da realidade. No mês de julho o MTBF atinge a melhor marca, isso se deve também, a realização da análise termográfica e da lubrificação dos equipamentos no mês de junho, que se tratam de atividades de manutenção que beneficiam os equipamentos.

Assim, obteve-se resultados mais satisfatórios no mês de julho, com um valor de 37,22 horas até uma falha. Já nos meses de agosto e setembro houve uma queda no valor do MTBF, em setembro atingiu sua menor marca de 7,33 horas até a falha, isso se deve ao aumento da confiabilidade dos dados registrados, isso porque houve uma alteração nos responsáveis pelos registros das paradas, cujos quais o conhecimento técnico tem contribuído para o desenvolvimento dessas atividades, já que possuem a consciência da necessidade dos dados serem precisos. Desse modo, mais paradas passaram a ser anotadas em quantidade e duração mais próximas do real. Com isso, os dados passam a ser válidos para auxiliar na tomada de decisões e desenvolvimento de eventuais melhorias.

Dessa maneira, verifica-se a necessidade da implementação de uma gestão da manutenção, com um plano de manutenção elaborado, diminuindo assim o número de paradas, aumentando o MTBF e a disponibilidade dos equipamentos.

Figura 14: Gráfico do tempo médio entre falhas (MTBF) mensal e acumulado.



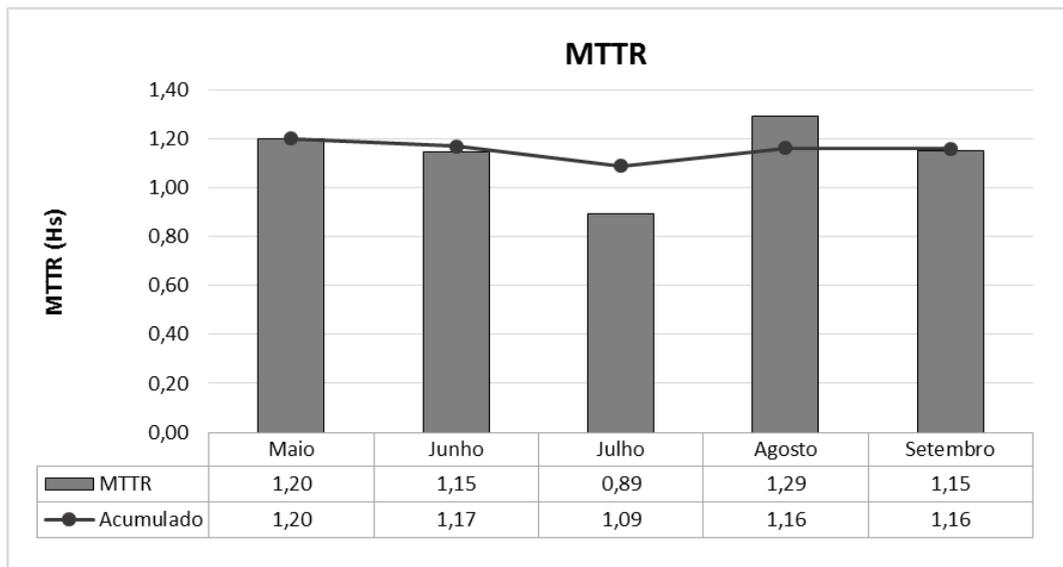
Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Na Figura 15 está demonstrado o gráfico do tempo médio para reparo (MTTR), sendo esse a divisão entre a soma das horas de indisponibilidade para a operação devido à manutenção, pelo número de intervenções corretivas no período. Se o MTTR diminuir com o tempo, é um sinal positivo para a manutenção, pois significa que os reparos corretivos são cada vez menos impactantes na produção.

Verifica-se que nos meses de maio a julho houve uma diminuição no MTTR, com acumulado de 1,09 horas para que se repare o defeito do componente e o sistema volte a funcionar, no entanto nos meses posteriores houve um aumento, atingindo em agosto seu valor

maior, sendo de 1,29 horas de reparo, com um acumulado de maio a agosto de 1,16 horas. Esse comportamento do gráfico ocorreu pelos mesmos motivos apontados anteriormente para o MTBF que envolvem confiabilidade nos registros e manutenções preditivas realizadas. Tanto o MTBF, quanto MTTR são indicadores muito importantes, relacionados a disponibilidade de uma aplicação. Entretanto, o MTBF é uma medida básica da confiabilidade de um sistema, enquanto o MTTR indica a eficiência na ação corretiva de um processo.

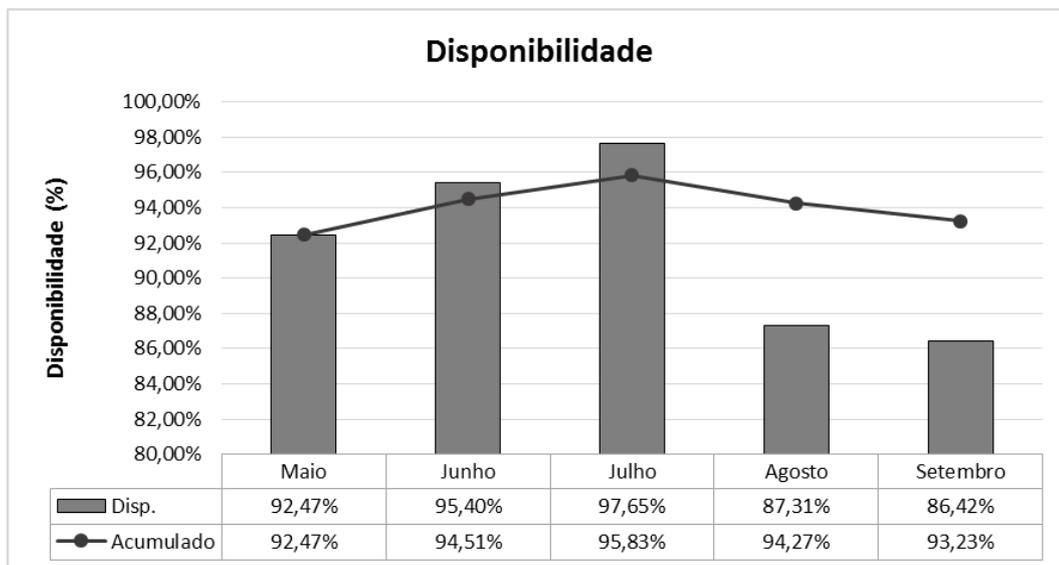
Figura 15: Gráfico da média dos tempos técnicos de reparação (MTTR) mensal e acumulado.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Com os dados de MTBF e MTTR foi possível calcular a disponibilidade dos equipamentos (Quadro 1). Na Figura 16 nota-se um acumulado dos meses de maio a setembro de 93,23% de disponibilidade dos equipamentos, apresentando-se assim dentro dos parâmetros da ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de ativos), que aponta como disponibilidade ideal aos equipamentos, igual ou acima de 89,29%. Se analisado separadamente, os meses de maio a julho, verificamos que a disponibilidade estava dentro desse parâmetro, mas em agosto e setembro, não alcançou esse valor. Sendo necessária uma estratégia de melhoria adequada para manutenção, fundamentando-se então nas propostas do estudo.

Figura 16: Gráfico da Porcentagem da Disponibilidade mensal e acumulada

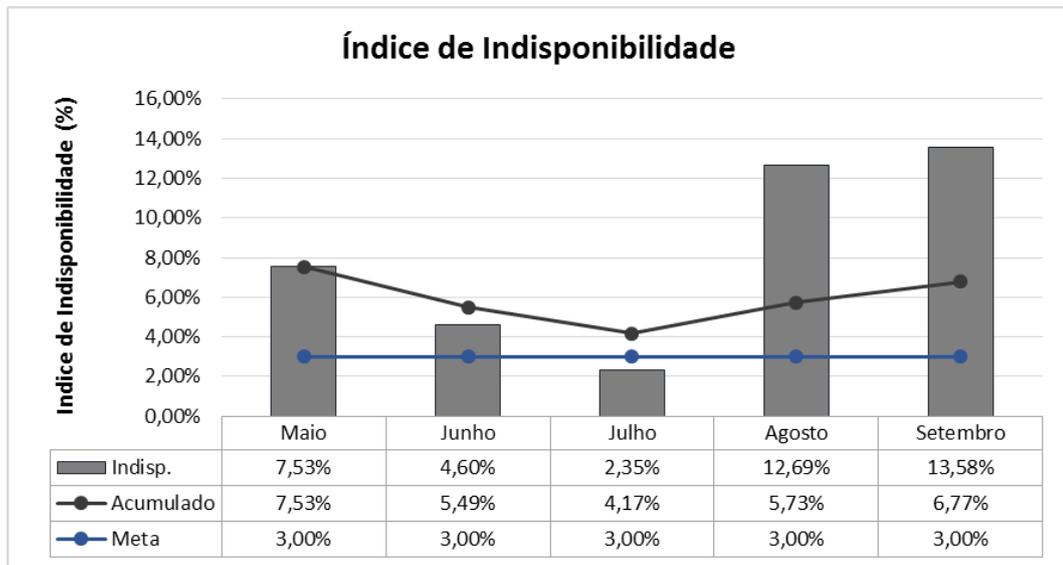


Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

O tempo de indisponibilidade reflete a eficiência e a velocidade do pessoal de manutenção, bem como sua experiência, seu nível de treinamento e a manutenibilidade do equipamento ou sistema.

Com os dados de disponibilidade, podemos mensurar o índice de indisponibilidade (Quadro 1). Segundo parâmetros da ABRAMAN (2013), um índice de indisponibilidade ideal seria de 6, 15% de indisponibilidade para os equipamentos. Porém, verificamos no gráfico da Figura 17, que o acumulado de maio a setembro para os equipamentos avaliados é de 6,77% de indisponibilidade. Além disso, a cooperativa em que a indústria moageira pertence estabelece como ideal para esse índice a meta de até 3% de indisponibilidade, conforme Figura 17. Assim, segundo os dados do gráfico, o índice se apresenta distante dessa meta.

Figura 17: Gráfico do Índice de Indisponibilidade mensal e acumulada



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Por meio das análises propõe-se com estudo diminuir as paradas de máquina e melhorar o comportamento desses indicadores, aumentando o MTBF e a disponibilidade e diminuindo o MTTR e o índice de indisponibilidade.

4.3.2 Análise termográfica

Diante das paradas registradas, houve a necessidade de iniciar algumas análises na indústria, como a análise termográfica (Figura 18) e o plano de lubrificação (Quadro 7).

Figura 18 - Análise Termográfica



Fonte: Elaborado pela empresa terceira, 2017

Por meio da análise preditiva foi registrada de maneira visível a olho nu, a radiação Infravermelha acima do zero absoluto ($-273,15^{\circ}\text{C}$). Em termos práticos, isso é realizado com uma câmera especial em que o elemento sensor eletrônico é sensível a uma determinada faixa de radiação infravermelha. Por meio disso, efetuou-se a manutenção preditiva nos itens apontados, conforme recomendações da empresa terceira que realizou o serviço.

4.3.3 Plano de lubrificação

Para plano de lubrificação, realizou-se por meio de entrevistas com os mecânicos alguns levantamentos, como os componentes que deveriam ser verificados para lubrificação, tipos de graxa, quanto tempo para execução da tarefa, conforme Quadro 7. Permitindo assim, que a empresa terceira contratada forneça os lubrificantes e sua consultoria para estruturação do plano de lubrificação.

Quadro 7: Dados levantados para o plano de lubrificação

Setor	Equipamento	TAG	Tempo de execução (min)	Componente	Ação	Frequência
Recepção	Elevador de canecas 4	RP1ELE0001	40	Mancal	Lubrificação	Mensal
Recepção	Peneiras vibratórias	RP1MPL0001	10	Mancal	Lubrificação	Mensal
Recepção	Peneiras vibratórias	RP1MPL0002	10	Mancal	Lubrificação	Mensal
Recepção	Elevador de canecas 1	RP1ELE0002	40	Mancal	Lubrificação	Mensal
Recepção	Elevador de canecas 2	RP1ELE0003	40	Mancal	Lubrificação	Mensal
Recepção	Elevador de canecas 3	RP1ELE0004	40	Mancal	Lubrificação	Mensal
Recepção	Bomba de triplo pistão	RP1BOP0001	15	Reservatório	Verificação/Completar nível	Semestral
1ª Limpeza	Silo de descanso	LP1SIL0015	5	Acoplamento	Lubrificação	Mensal
1ª Limpeza	Transportador de rosca	LP1RSC0001	10	Rolamentos	Verificação/Completar nível	Mensal
1ª Limpeza	Transportador de rosca	LP1RSC0002	10	Rolamentos	Verificação/Completar nível	Mensal
1ª Limpeza	Saca pedra	LP1SPP0001	10	Mancal	Lubrificação	Mensal

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

4.3.4 Classificação ABC

Por meio dos equipamentos listados e suas respectivas *tags*, realizou-se a classificação ABC. Nessa etapa, foi fundamental a participação do gerente de produção e dos mecânicos.

Foram utilizados para criticidade dos equipamentos, os seguintes parâmetros para pontuação (APÊNDICE B): probabilidade de falha (frequência da falha) e as consequências

que as falhas podem causar, sendo o impacto na manutenção, impacto na produção, conformidade legal e regulamentar, saúde e educação e impacto na reputação.

Através das pontuações adquiridas por meio de um consenso entre a equipe de realização, os dados foram compilados na Tabela 2 e pesos foram atribuídos, conforme o nível de importância para o processo. Sendo assim para o parâmetro das Consequências das falhas, os itens impacto da manutenção e impacto na produção atribuí-se pesos maiores, sendo de 20% e 40%, respectivamente, já os demais itens atribuí-se um peso de 10%.

Dessa maneira, com as pontuações já compiladas e seus devidos pesos atribuídos, foi possível classificar os equipamentos em A, B e C (Tabela 02). Cujos quais, os equipamentos A se tratam dos equipamentos mais críticos, em que normalmente são gargalos, já os equipamentos B possuem uma criticidade média, se houver falha pode causar danos consideráveis ao processo e os equipamentos C, que são aqueles com uma criticidade menor, onde o *bypass* pode ser realizado em alguns desses equipamentos.

Tabela 2: Matriz de criticidade por ativo

Descrição do ativo	Consequências							X	Probabilidade (P)	=	Criticidade e do Ativo (R)	Criticidade A R >= ...	Criticidade B 25 > R >= ...	Criticidade C R < 14	Classificação de criticidade			
	Impacto Manutenção	+	Impacto Produção	+	Meio Ambiente	+	Conformidade legal e regulamentar									+	Saúde e Educação	+
	Peso:		Peso:		Peso:		Peso:		Peso:									
	20,0%		40,0%		10,0%		10,0%		10,0%		100,0%					19,57%		
												25	14		28,99%			
															47,10%			
MOEGA PARA TRIGO	10		1		6		4		10		6		5		1	5,0	5,0	C
ELEVADOR DE CANECAS 4 (TRIGO SUJO)	8		10		1		1		4		4		6,6		4	26,4	26,4	A
PENEIRAS VIBRATÓRIAS	10		10		1		1		1		1		6,4		4	25,6	25,6	A
ELEVADOR DE CANECAS 1 (TRIGO SUJO)	8		10		1		1		4		4		6,6		4	26,4	26,4	A
ELEVADOR DE CANECAS 2 (TRIGO)	8		10		1		1		4		4		6,6		4	26,4	26,4	A
ELEVADOR DE CANECAS 3 (TRIGO)	8		10		1		1		4		4		6,6		4	26,4	26,4	A
CORREIA TRANSPORTADORA	1		1		1		1		4		4		1,6		1	1,6	1,6	C
SILO DE ARMAZENAMENTO (GRÃOS)	10		1		6		8		10		8		5,6		1	5,6	5,6	C
BOMBA DE TRIPLO PISTÃO (GRÃOS)	1		1		1		1		1		1		1		1	1,0	1,0	C
TRANSPORTADOR DE ROSCA	1		6		1		1		2		1		3,1		6	18,6	18,6	B
TRANSPORTADOR DE ROSCA	1		6		1		1		2		1		3,1		6	18,6	18,6	B
TARARA DO POLIDOR	1		2		1		1		1		1		1,4		6	8,4	8,4	C
POLIDOR DE 1ª LIMPEZA	6		2		1		1		1		1		2,4		6	14,4	14,4	B
DESINFESTADOR DE TRIGO	1		1		1		1		1		1		1		6	6,0	6,0	C

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Conforme a matriz de criticidade apresentada na Tabela 02, o resultado geral foi de 19,57% de ativos classificados como críticos A, 28,99% de ativos críticos B e 47,10% de ativos classificados como críticos C.

Com a análise da criticidade finalizada, foi realizado um agrupamento dos equipamentos A, B e C e identificação dos gargalos, considerando que seriam os que atrasam o processo seguinte, por não ter a mesma capacidade do processo que o antecede. Dessa forma, totalizou-se em 17 equipamentos considerados gargalos, todos com a criticidade A, conforme Quadro 8.

Quadro 8: Listagem dos equipamentos considerados gargalos.

Processo	Equipamentos	Classificação
Moagem	FILTRO TIPO MANGAS (SASSORES)	A
Moagem	COMPRESSOR DE AR	A
Moagem	SOPRADOR DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO (F1)	A
1ª Limpeza	SACA PEDRAS	A
Moagem	FILTRO DE MANGAS	A
Moagem	MICRO-FILTRO	A
Moagem	DESAGREGADOR CENTRÍFUGO	A
Recepção	ELEVADOR DE CANECAS 4 (TRIGO SUJO)	A
Recepção	PENEIRAS VIBRATÓRIAS	A
Recepção	ELEVADOR DE CANECAS 1 (TRIGO SUJO)	A
Recepção	ELEVADOR DE CANECAS 2 (TRIGO)	A
Recepção	ELEVADOR DE CANECAS 3 (TRIGO)	A
2ª Limpeza	DOSADOR VOLUMÉTRICO	A
Moagem	BALANÇA DE FLUXO (F1/F2/F3)	A
Moagem	BANCO DE CILÍNDROS	A
Moagem	BALANÇA DE FLUXO FARELO	A
Moagem	MICRO-FILTRO DE ASPIRAÇÃO DE FARINHA	A

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Considerando a análise da criticidade, a análise dos gargalos e ainda as paradas dos equipamentos, confirmou-se que os gargalos e os equipamentos com maior número de paradas estão inseridos na criticidade A ou B. Portanto, por esses equipamentos serem considerados os mais críticos A e B, elaborou-se uma análise de falhas e o plano de manutenção para os mesmos.

4.3.5 ANÁLISE DE FALHAS

O método de Análise de falhas consiste basicamente em identificar e dispor todos os modos de falha em potencial em uma tabela para maior facilidade, interpretação e auxílio na tomada de decisões de mudanças (relacionadas com o aumento de confiabilidade). A tabela que

pode ser visualizada no APÊNDICE A, mostra os modos de falha para um elevador da planta. A análise foi aplicada para todos os equipamentos A e B apontados pela matriz de criticidade por ativo, participaram dessa etapa os mecânicos, gerente de produção, especialista em manutenção e também funcionários *green belts*.

Por meio da ferramenta, foi possível listar os componentes que fazem parte da estrutura dos equipamentos, identificando assim, os itens que devem ser verificados para estruturação do plano de manutenção.

Nessa etapa do estudo não foram ordenadas as aplicações das atividades a serem executadas, pois o foco nesse momento seria listar todas as atividades, propor uma metodologia por meio do plano de manutenção, para posteriormente executá-la. No entanto, alguns pontos mais urgentes viu-se a necessidade da realização de uma análise de vibração. Portanto, contratou-se uma mão de obra terceirizada para realização do serviço, que então foi executado (Figura 19).

Figura 19 – Análise de vibração realizada no equipamento de tag MG1MOT0003 (Banco de Cilindros).



Fonte: Elaborado pela empresa terceira, 2017

Na Análise de vibração, 73 equipamentos foram monitorados, em que 42 equipamentos foram considerados em condições normais de operação (Seguro), 23 equipamentos foram considerados com necessidade de maior atenção nas próximas leituras (Alarme) e 7 equipamentos foram apontados com desgaste caracterizado em que é recomendada uma intervenção (Perigo). Na Figura 19 o equipamento apontado MG1MOT0003, sendo ele um

banco de cilindros, que se trata de uns dos equipamentos que mais agregam valor ao produto. Assim, se houver parada, causará impacto na produção.

Além disso, por meio da análise de falhas verificou-se a ausência de algumas ferramentas que são fundamentais na execução das atividades de manutenção, tanto para os mecânicos, como para os eletricitas. Realizou-se então, um levantamento de um kit para os manutentores, em que cada um receberia sua bolsa com suas respectivas ferramentas. Evitando assim que algum serviço deixe de ser feito por falta de ferramentas ou mesmo por ferramentas inadequadas (APÊNDICE C).

4.4 Análise dos resultados

4.4.1 Plano de manutenção

Assim, por meio dos dados e registros coletados no decorrer do estudo, através das análises preditivas, preventivas e análise de falhas, elaborou-se o plano de manutenção, etapa *Control* (Controlar), que visa antecipar-se aos problemas, por meio de um contínuo serviço de observação dos bens a serem mantidos e de uma execução rigorosa, permitindo assim, a redução ao mínimo das paradas temporárias da fábrica.

O APÊNDICE A, mostra para o ativo de nível crítico A em questão, suas tarefas com sua periodicidade, se é mensal, bimestral, semestral ou anual. Além indicar a especialização necessária para efetuar cada tarefa. O Quadro 9 representa o plano de manutenção para o elevador de canecas.

4.4.2 Trabalhos futuros

A manutenção é um processo constante de mudanças no qual a melhoria de processos deve ser contínua, neste sentido sugere-se para trabalhos futuros:

- Um projeto *Lean Six Sigma* de geração 2 para esse estudo, para que as metodologias apresentadas sejam implementadas.
- A implantação de um PCM e do sistema On Key, sendo esse um sistema específico de manutenção, em que já é utilizado na Cooperativa industrial.
- A estruturação de um Almoarifado para as peças de reposição, para sejam identificadas, controladas e repostas.
- O envolvimento da cultura da sede dessa Cooperativa para a Indústria moageira, com a implantação dos programas de Sensores da qualidade e do Kaizen que promovem a melhoria contínua, obtendo grandes resultados de melhorias no processo e na diminuição dos custos.

5 Conclusão

Este artigo propôs a diminuição das paradas não programada de máquina em uma indústria moageira de trigo, através da elaboração de um plano de manutenção, cuja metodologia de melhoria foi fundamentada na abordagem DMAIC de melhoria contínua, que permitiu, medir a eficácia do processo analisado, identificar os problemas que estão impedindo o seu desempenho, propor melhorias para reduzir os efeitos das causas-raízes e controlar a evolução do desempenho do processo.

O trabalho apresenta uma proposta de uma metodologia de gestão da manutenção estruturada por ferramentas do modelo *Lean Six Sigma*, como o mapeamento do processo produtivo, o SIPOC e o mapa mental que forneceram a possibilidade de conhecer a rotina da manutenção e os processos da indústria, as dificuldades enfrentadas por funcionários e direção, avaliar pontos fortes e fracos, formalizar um diagnóstico consistente e confiável, além de disponibilizar dados para todas as outras etapas do trabalho, e apontar os primeiros pontos que deviam ser desenvolvidos.

O levantamento e codificação dos equipamentos, permitiu que as paradas de máquinas, fossem sendo registradas e que pudessem ser desenvolvidos indicadores de manutenção propiciando à direção da empresa no monitoramento dos resultados, que anteriormente não possuíam e não eram registrados.

A matriz de criticidade para os ativos e a elaboração de uma análise de falhas, definiu a cada componente do equipamento sua tarefa, seu modo de falha, o responsável pela execução do serviço e o tempo de duração previsto para serem executadas cada atividade, definindo assim, o plano de manutenção, sendo esse um dos resultados obtido com o estudo.

O trabalho se limitou a algumas soluções teóricas, como a não implementação prática do plano de manutenção e também as limitações de recursos financeiros e humano. Além disso, devido ao papel de facilitador de um dos autores com o estudo em questão, conforme dados iam sendo levantados, atividades eram executadas, mas também reconstruídas. Essas constantes mudanças, levaram mais tempo para as atividades serem concluídas.

Embora seja uma proposta, o trabalho apresentado traz uma experiência de como gerenciar um setor de manutenção, elaborando métodos de controle, dimensionando pessoal, materiais e ferramentas. E, o mais importante, traça todo o cronograma para ser aplicado, de forma simples facilitando sua execução por qualquer gestor.

Sabe-se que esse projeto é apenas o início da implantação de um plano de manutenção de máquinas e equipamentos da indústria moageira de trigo e que não basta apenas possuir um setor de manutenção, mas sim, fornecer condições e espaços para que possa evoluir, como qualquer outro setor.

O trabalho deixa aberto e já definido o caminho caso haja uma ampliação da indústria, pois até a codificação dos equipamentos foi elaborada com uma folga na contagem de 10 equipamentos, para necessidade da inserção de mais equipamentos na relação de ativos. Além disso, a estrutura de caracterização dos ativos, foram realizadas de modo a implementar um sistema de manutenção, para a gestão desse setor. Sendo assim, o modelo contribuiu para constituir um modelo de referência que pode ser aplicado em outras unidades da Cooperativa.

6 Referências

ABITRIGO (Associação Brasileira da Indústria do Trigo). **Evolução estimativa de moagem industrial em mil t. (2007-2013)**. Disponível em: < http://www.abitrigo.com.br/pdf/09.Evol_Est_Moagem_Indl-2007-2013.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2017

ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção). **Documento nacional 2013**. Disponível em: < <http://www.abraman.org.br>>. Acesso em: 26 out. 2012.

ANDRADE, G. E. V. **Análise da aplicação conjunta das técnicas SIPOC, fluxograma, e FTA em uma empresa de médio porte**. In: XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Bento Gonçalves, RS, 15-18 out. 2012.

BARBOSA, E. F. **Gerência da Qualidade Total na Educação**. Fundação Christiano Ottoni. Belo Horizonte – MG, 2010.

BARBOSA R. A. et al. **Elaboração e Implementação de um plano de Manutenção com auxílio do 5S: Metodologia Aplicada em uma Microempresa.** In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, BA, 06-09 out. 2009.

BARROS, J. F. do R.; LIMA, G. B. A. **A gestão da manutenção no plano estratégico dos empreendimentos industriais.** In: VII Congresso nacional de excelência em gestão: 12-13 agost. 2011. Disponível em: <http://www.mantenimentomundial.com/sites/mm/notas/T11_0381_1830.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2017.

BEHR, A. et al. Gestão da biblioteca escolar: metodologias, enfoques e aplicação de ferramentas de gestão e serviços de biblioteca. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 37, n. 2, p 32-42, ago. 2008.

CÉSAR, F. I. G. **Ferramentas Básicas da Qualidade: Instrumentos para gerenciamento de processo e melhoria contínua.** São Paulo: Biblioteca24horas, 2011. 142 p.

CLETO, M. G.; QUINTEIRO, L. Gestão de projetos através do DMAIC: Um estudo de caso na indústria automotiva. **Revista Produção**, Santa Catarina, v. 11, p. 210-239, 2011. Disponível em: <<https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/640/769>>. Acesso em: 11 jul. 2017.

CAMPOS, A. L. G. **Uso de Mapas Mentais como ferramenta de Gestão de Projetos em áreas de consultoria de negócios e produtos.** In: IX Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, Goiás, 2012.

DAVIES, C., GREENOUGH, R. Measuring the Effectiveness of Lean Thinking Activities with Maintenance. **Production & Manufacturing Research: An Open Access Journal**, v. 3, n.1, p. 36, 2015.

DAYCHOUW, M. **40 Ferramentas e Técnicas de Gerenciamento.** 3. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2007.

DOMENECH, C. **Estratégia Lean Seis Sigma – Etapas: Definir, Medir e Analisar.** São Paulo, M.I. Domenech. Fevereiro, 2016.

ESCOBAR, Jefferson. **DMAIC.** 2012. Disponível em: <<https://producaoconceitual.wordpress.com/2012/10/04/dmaic/>>. Acesso em: 04 nov. 2017.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS DIVISION. **Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. FAOSTAT, 2013.** Disponível em: <<https://goo.gl/Yzf14y>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

FONSECA, A. F. da et al. **Análise dos Planos de Manutenção para os Equipamentos do Sistema de Medição de Gás numa Empresa de Ramo Petroquímica.** In: XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, João Pessoa, PB, Brasil, 03-06 out. 2016.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa - 5ª Edição,** Editora Atlas, São Paulo, 2010.

GONÇALVES M. F. S.; SOUZA J. B. Gestão da Manutenção baseada no Gerenciamento da Rotina. **Espacios.** v.35, n.3, p. 14, 2014.

GOULART, L. E. T.; BERNEGOZZI, R. P. **O uso das ferramentas da qualidade na melhoria de processos produtivos.** In: XVI International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, São Paulo, p. 1 – 13, 2010.

DANTAS JUNIOR, C. P. A metodologia Seis Sigma e as Áreas de Aplicação. **Ampliando Revista Científica da Facerb**, v. 2, n. 2, RS, 2015.

LAURENTI, R.; ROZENFELD, H.; FRANIECK, E. K. F. Avaliação da aplicação dos métodos FMEA e DRBFM no processo de desenvolvimento de produtos em uma empresa de autopeças. **Revista Gestão & Produção**, v.19, São Carlos, SP, 2012.

LEITE, D. G.; MONTESCO, R. A. E. Aplicação do Lean Seis Sigma na melhoria e processo de uma distribuidora de GLP em Aracaju/SE. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2016, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, p. 2 – 17, 2016.

LIMA, E. P.; GARBUIO, P. A. R.; COSTA, S. E. G. **Proposta de modelo teórico: conceitual utilizando o lean seis sigma na gestão da produção.** In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, BA, 6-9 out., 2009.

LIMA J.R. T de; SANTOS A. A. B.; SAMPAIO R. R. **Sistemas de gestão da manutenção – uma revisão bibliográfica visando estabelecer critérios para avaliação de maturidade.** In: XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, São Carlos, SP, 12-15 out. 2010.

LIN, C.; CHEN, F. F.; WAN, H.; CHEN, Y. M.; KURIGER, G. Continuous improvement of knowledge management systems using Six Sigma methodology. **Robotics and Computers Integrated Manufacturing**, v.29, p. 93-103, 2013.

MELLO, C. H. P. et al. Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução. **Produção**, v. 22, n. 1, p. 1-13, 2012.

MELO, C. O; MORO, L. Sazonalidade de preços do trigo no Paraná de 2000 a 2012. **Revista de Política Agrícola**, v. 22, n.4, p. 5, 2013.

MENEZES, G. S.; SANTOS, M. M. N.; CHAVES, G. L. D. O pilar manutenção planejada da manutenção produtiva total (TPM): aplicação da manutenção centrada em confiabilidade (RCM). Produção Online – **Revista Gestão Industrial**, v. 11, n. 4, p. 01-35, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.utfrpr.edu.br/revistagi/article/view/3004/2477>>. Acesso em: 28 mai. 2017.

NOGUEIRA, C. F.; GUIMARÃES, L. G.; SILVA, M. B. da; **Manutenção industrial: implementação da manutenção produtiva total (TPM).** Belo Horizonte: Ed. UniBH, 2012.

PASCHOAL, D. R. de S. et al. Disponibilidade e confiabilidade: Aplicação da gestão da manutenção na busca de maior competitividade. **Revista da Engenharia de Instalações no mar FSMA**, n. 3, 2009.

PENEDO, M.U.O.; FRANCO, T.M.; FERREIRA D.A.A. Aplicação da Metodologia DMAIC para a Redução de Retrabalho no Setor de Contas a Receber. *Revista Petra*, v. 2, n. 2, p. 256-268, ago./dez. 2016.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. **Manutenção: função estratégica.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. N. **Manutenção: Função Estratégica.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. N. **Manutenção: função estratégica.** 4. ed. rev. ampl. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark, 2012.

PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico - 2ª Edição.** Editora Feevale, 2013.

QUEIROZ, M. de A. Lean Seis Sigma. Como integrar o lean manufacturing com o seis sigma. **Banas Qualidade** v.16, n.178, p.40-50, mar. 2007.

SILVA, J. R. dos S. et al. **Análise da Confiabilidade: Um estudo de caso.** In: XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, CE, Brasil, 13-16 out., 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_211_252_28289.pdf>. Acesso em: 11jul. 2017.

SLACK,N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção; Revisão técnica Henrique Corrêia, Irineu Giarresi.** São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, J. B. **Alinhamento das estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e função do Planejamento e Controle da Produção (PCP): Uma abordagem Analítica,** 2008. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa.

WERKEMA, C. **Criando a cultura Lean Seis Sigma.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

APÊNDICE A – ANÁLISE DE FALHAS DOS EQUIPAMENTOS

Tipo de ativo	Funções	Modos de falha	Efeitos	Causas	Controles	Quem?	Quando?
Quais são as entradas?	Quais os componentes (entradas)?	O que pode dar errado com as entradas	Qual é o impacto no cliente?	Quais são as causas dos modos de falha?	Como podem ser detectados (modos/causas)?		
Elevador	Correia elevador	Rompimento da correia elevadora	Parada	Desgaste por tempo	Nenhum	Mecânica	Semestral
				Falta de borracha no rolo de acionamento	Nenhum	Mecânica	Trimestral
				Entupimento/ Travamento	Controle de carga	Operador	Semestral
	Rolo	Quebra do rolo	Parada	Desgaste por tempo	Nenhum	Mecânica	Semestral
				Projeto	Nenhum	PCM	2018
				Má qualidade do material	Nenhum	PCM	2018
	Eixo	Quebra do eixo	Parada	Má qualidade do material	Especificação da manutenção	PCM	2018
				Projeto	Nenhum	PCM	2018
				Desalinhamento	Análise de vibração	Mecânica	Semestral
				Solda no eixo	Especificação da manutenção	Mecânica	2018
	Redutor	Quebra do redutor	Parada	Projeto	Nenhum	PCM	2018
				Falha de lubrificação	Nenhum	Terceiro	Trimestral
				Desalinhamento	Análise de vibração	Mecânica	Trimestral
				Vibração	Análise de vibração	Terceiro	Trimestral
	Motor	Queima do motor	Parada	Projeto/ Dimensionamento	Nenhum	PCM	2018
				Falha de lubrificação	Nenhum	Mecânica	Trimestral
				Falha de operação (partida c/ equip. entupido)	Nenhum	Operador	Diário
				Subtensão (falta de fase)	Nenhum	Elétrica	Trimestral
				Umidade	Nenhum	Operador	Trimestral
				Sobrecarga	Nenhum	Operador	Semanal
Acoplamento	Quebra do acoplamento	Parada	Projeto	Nenhum	PCM	2018	
			Desgaste por tempo	Nenhum	Mecânica	Trimestral	
			Desalinhamento	Análise de vibração	Mecânica	Bimestral	
			Folga entre eixos	Análise de vibração	Mecânica	Bimestral	

	Correias de acionamento	Quebra/ Queima de correia de acionamento	Parada	Desgaste por tempo	Nenhum	Mecânica	Quinzenal
				Projeto	Nenhum	PCM	2018
				Falha de operação	Nenhum	Produção	Semanal
				Falha de Tensionamento	Nenhum	Mecânica	Trimestral
				Desalinhamento	Análise de vibração	Mecânica	Bimestral
				Sobrecarga	Nenhum	Operador	Semanal
				Desgaste de canal da polia	Nenhum	Mecânica	Trimestral
	Caneca	Soltar caneca	Obstruir saída	Desgaste por tempo	Nenhum	Mecânica	Anual
				Falta de aperto	Nenhum	Mecânica	Anual
				Falta de verificação periódica	Nenhum	Mecânica	Anual
				Materiais estranhos do processo	Nenhum	Operador	Semanal
	Rolo	Rolo emborrachado	Risco de parada	Desgaste por tempo	Nenhum	Mecânica	Anual
				Descolamento de borracha do rolo	Nenhum	Mecânica	Anual
	Mancais	Quebra dos mancais	Parada	Quebra do rolamento	Nenhum	Mecânica	Trimestral
				Falha de lubrificação	Nenhum	Mecânica	Trimestral
				Desalinhamento	Nenhum	Mecânica	Anual
				Sobrecarga	Nenhum	Operador	Semanal
	Rolamentos	Falha do rolamento dos mancais	Parada	Falha de lubrificação	Nenhum	Mecânica	Trimestral
				Falha na vedação do mancal	Nenhum	Mecânica	Trimestral
				Folga nos mancais	Nenhum	Mecânica	Anual
				Desalinhamento	Nenhum	Mecânica	Anual
Aperto incorreto da bucha				Nenhum	Mecânica	Semanal	
Engrenagem	Falha da engrenagem de acionamento ou arraste	Parada	Desgaste por tempo	Nenhum	Mecânica	Anual	
			Projeto	Nenhum	PCM	2018	
			Má qualidade do material	Nenhum	PCM	2018	
			Falha de tratamento térmico	Nenhum	Mecânica	Trimestral	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

APÊNDICE B – CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO ABC

Probabilidade (P)	
Probabilidade de Falha Frequência da Falha:	Pontuação
< 1 mês	10
1-6 meses	8
6-12 meses	6
1-2 anos	4
2-5 anos	2
> 5 anos	1

Consequências (C)	
Impacto Manutenção A falha do equipamento ao cumprir a função desejada pode resultar em:	Pontuação
Custo de manutenção muito alto Custo médio de reparo é alto; > R\$20.000,00 Tempo médio de reparo (MTTR) é muito alto; > 10 dias	10
Acima do custo total médio de manutenção Custo médio de reparo é alto; R\$10.000,00 Tempo médio de reparo (MTTR) é maior do que o normal; 4 - 10 dias	8
Custo médio de manutenção Ativo não é visto como caro para manter; R\$6.000,00 Tempo médio de reparo (MTTR) está alinhado com o de outros ativos; 1 - 3 dias	6
Baixo custo de manutenção Custo médio para reparo; R\$3.000,00 Tempo médio de reparo (MTTR) é abaixo da média	4
Custo de manutenção insignificante Custo médio de reparo; < R\$1.000,00 Tempo médio de reparo (MTTR) é insignificante	1

Impacto Produção A falha do equipamento ao cumprir a função desejada pode resultar em:	Pontuação
Grande impacto sobre a produção Resultado é produção parada por > 24 horas Resultado de perdas irreparáveis de produtos ou serviços chaves ou atividades críticas de negócios	10
Grande impacto sobre a produção Resultado é produção parada entre 4 e 24 horas Resultado de perdas de produtos ou serviços chaves ou atividades críticas de negócios	8
Impacto significativo na produção Limitação significativa na eficácia de algumas operações por 6 ou 12 horas Operações restritas em outras áreas da fábrica dentro de 12 horas do evento da falha	6
Produção restrita Limitação significativa na produção de algumas operações por 2 ou 6 horas Operações restritas em outras áreas da fábrica dentro de 12 horas do evento da falha	4

Menor efeito sobre a produção Limitação da operação eficaz < 2 horas	2
Efeito sobre a produção insignificante Produção está a par do problema Âmbito operacional normal para gerenciamento	1
Meio Ambiente -	
A falha do equipamento ao cumprir a função desejada pode resultar em:	Pontuação
Grandes danos ambientais	10
Danos ambientais localizados	6
Efeitos ambientais insignificantes	1
Conformidade legal e regulamentar	
A falha do equipamento ao cumprir a função desejada pode resultar em:	Pontuação
Penalidades consideráveis e processos e penas de prisão	10
Violação das leis com processos e penalidades consideráveis	8
Sérias investigações da lei com investigação de autoridades e penas moderadas	6
Questões jurídicas menores. Incumprimento e violação de leis	4
Questões de nível legal e regulamentares	2
Nenhum efeito legal ou regulamentar	1
Saúde e Educação	
A falha do equipamento ao cumprir a função desejada pode resultar em:	Pontuação
Fatalidades múltiplas / Impacto em saúde e em última instância fatal	10
Fatalidade única ou perda da qualidade de vida impacto / irreversíveis impactos na saúde	8
Perda de tempo com ferimentos / Impactos irreversíveis na saúde	6
Casos de tratamento médico / Exposição a altos riscos de saúde	4
Casos de primeiros socorros / Exposição a menores riscos de saúde	2
Efeitos insignificantes em segurança e saúde	1
Impacto na Reputação	
A falha do equipamento ao cumprir a função desejada pode resultar em:	Pontuação
Impacto internacional: atenção pública internacional	10
Impacto nacional: atenção pública nacional	8
Impacto considerável: interesse público regional	6
Impacto limitado: interesse público local	4
Pequeno impacto: conscientização pública pode existir, mas não há interesse público	2
Nenhum impacto: nenhum interesse público	1

Fonte: Elaborado pela empresa (2017)

APÊNDICE C – RELAÇÃO DE FERRAMENTAS POR FUNCIONÁRIO

Ferramentas	Necessidade	Funcionário 1	Funcionário 2	Funcionário 3	Compra
CHAVE ALLEN C / 8 PEÇAS (1,5 a 10 MM)	Necessário	Possui	Possui	Possui	-
CHAVE PHILLIPS GRANDE 1/4" X 6" GEDORE	Necessário	Possui	Não possui	Não possui	2
CHAVE PHILLIPS MÉDIA 3/16" X 5" GEDORE	Necessário	Possui	Não possui	Não possui	2
CHAVE PHILLIPS PEQUENA 1/8" X 5" GEDORE	Necessário	Possui	Não possui	Não possui	2
CHAVE FENDA GRANDE 1/4" X 6" GEDORE	Necessário	Possui	Possui	Possui	-
CHAVE FENDA MÉDIA 3/16" X 5" GEDORE	Necessário	Possui	Não possui	Possui	1
CHAVE FENDA PEQUENA 1/8" X 5" GEDORE	Necessário	Possui	Possui	Não possui	1
CHAVE COMBINADA 6 MM GEDORE	Necessário	Possui	Possui	Possui	-
CHAVE COMBINADA 8 MM GEDORE	Necessário	Possui	Possui	Possui	-
CHAVE COMBINADA 10 MM GEDORE	Necessário	Possui	Possui	Possui	-
CHAVE COMBINADA 11 MM GEDORE	Necessário	Possui	Possui	Possui	-
CHAVE COMBINADA 13 MM GEDORE	Necessário	Possui	Possui	Possui	-
CHAVE COMBINADA 14 MM GEDORE	Necessário	Possui	Possui	Possui	-
CHAVE COMBINADA 17 MM GEDORE	Necessário	Possui	Possui	Possui	-
CHAVE COMBINADA 19 MM GEDORE	Necessário	Possui	Possui	Possui	-
CHAVE COMBINADA 22 MM GEDORE	Necessário	Possui	Possui	Possui	-
CHAVE COMBINADA 24 MM GEDORE	Necessário	Possui	Possui	Possui	-
ALICATE UNIVERSAL 8" GEDORE	Necessário	Possui	Possui	Possui	-
LIMA CHATA	Necessário	Possui	Não possui	Não possui	1
FACA TRAMONTINA 5"	Não necessário	Possui	Possui	Possui	-
MARTELO PENA	Necessário	Não possui	Não possui	Não possui	3
SACA PINO 3-10	Necessário	Possui	Possui	Possui	-
TALHADEIRA	Necessário	Possui	Não possui	Não possui	2
ALICATE SACA TRAVA INTERNO KANIPEX 7"	Necessário	Não possui	Não possui	Não possui	3
ALICATE SACA TRAVA EXTERNO CORNETA 7"	Necessário	Não possui	Não possui	Não possui	3
LANTERNA LN 400 PLÁSTICA.	Necessário	Não possui	Não possui	Não possui	3
PAQUÍMETRO	Necessário	Possui	Não possui	Não possui	2
ESQUADRO	Necessário	Possui	Não possui	Não possui	2
NÍVEL DE BOLHA	Necessário	Possui	Não possui	Não possui	2

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017