



**THALES LEMES SOUZA
PEDRO SOARES DOS SANTOS LOIOLA
WILGNNER LAURINDO LOPES**

**PROPOSTA DE APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE
QUALIDADE NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA:
FUNDAMENTOS PARA TPM**

**LAVRAS-MG
2023**

**THALES LEMES SOUZA
PEDRO SOARES DOS SANTOS LOIOLA
WILGNNER LAURINDO LOPES**

**PROPOSTA DE APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE QUALIDADE NA ESTAÇÃO
DE TRATAMENTO DE ÁGUA: FUNDAMENTOS PARA TPM**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade
Federal de Lavras como parte
das exigências do Curso de
Engenharia Mecânica, para
obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Filipe Augusto Gaio de Oliveira
Orientador

Profa. Dra. Joelma Rezende Durão Pereira
Coorientadora

**LAVRAS-MG
2023**

**THALES LEMES SOUZA
PEDRO SOARES DOS SANTOS LOIOLA
WILGNNER LAURINDO LOPES**

**PROPOSTA DE APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE QUALIDADE NA ESTAÇÃO
DE TRATAMENTO DE ÁGUA: FUNDAMENTOS PARA TPM**

**PROPOSAL OF APPLICATION OF QUALITY TOOLS IN THE WATER
TREATMENT STATION: FUNDAMENTALS FOR TPM**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade
Federal de Lavras como parte
das exigências do Curso de
Engenharia Mecânica, para
obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em 08 de março de 2023.
Dr. Filipe Augusto Gaio de Oliveira UFLA
Dra. Joelma Rezende Durão Pereira UFLA
Dr. Dimas Jose Rua Orozco UFLA

Prof. Dr. Filipe Augusto Gaio de Oliveira
Orientador

Profa. Dra. Joelma Rezende Durão Pereira
Coorientadora

**LAVRAS-MG
2023**

RESUMO

O projeto consiste em apresentar propostas de modificações visando a futura estruturação da TPM (Manutenção Produtiva Total) direcionada à Estação de Tratamento de Água (ETA) da Universidade Federal de Lavras. Ferramentas de qualidade como o 5S, Diagrama de Ishikawa, 5W2H, conceitos de manutenção como a TPM e o princípio da melhoria contínua foram fundamentais como base para o projeto, sendo alicerces principais para a elaboração do plano de ações, que visa destacar otimizações no funcionamento e no ambiente do setor de bombeamento da estação, além da redução do desperdício de tempo, custos, recursos e riscos. Verificou-se, após auditoria interna, que o local para estudo apresenta uma grande discrepância com o que era esperado, gerando uma demanda imediata de um plano de intervenção. Foi possível estruturar as principais mudanças necessárias baseadas nos diagnósticos das ferramentas de qualidade, estipular os benefícios e fornecer os próximos passos em direção à futura implementação da TPM, incluindo indicadores para acompanhamento, levando em consideração os limites de realizações imediatas do projeto devido ao cenário pandêmico durante a elaboração deste. É necessário destacar que este é um procedimento contínuo, assim, a etapa inicial e as subsequentes deverão ter o último pilar da Manutenção Produtiva Total como norte: a manutenção autônoma.

Palavras-chave: Auditoria, 5S, ETA, indicadores, manutenção.

ABSTRACT

The project consists of presenting proposals for modifications aimed at the future structuring of the TPM (Total Productive Maintenance) directed to the Water Treatment Station (WTS) of the Federal University of Lavras. Quality tools such as 5S, Ishikawa Diagram, 5W2H, maintenance concepts such as TPM and the principle of continuous improvement were fundamental as a basis for the project, being the main foundations for the elaboration of the action plan, which aims to highlight optimizations in the operation and environment of the station's pumping sector, in addition to reducing wasted time, costs, resources and risks. It was verified, after an internal audit, that the place of the study presents a great discrepancy with what was expected, generating an immediate demand for an intervention plan. It was possible to structure the main necessary changes based on the diagnoses of the quality tools, stipulate the benefits and provide the next steps towards the future implementation of TPM, including indicators for monitoring, taking into account the limits of immediate achievements of the project due to the pandemic scenario during its elaboration. It should be noted that this is a continuous procedure, so the initial and subsequent stages should have the last pillar of Total Productive Maintenance as their guide: autonomous maintenance.

Keywords: Audit, 5S, WTS, indicators, maintenance.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
1.1	Objetivo geral	7
1.2	Objetivos específicos	7
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1	Manutenção	9
2.1.1	Tipos de manutenção	9
2.1.2	Manutenção centrada na confiabilidade e bombas	10
2.1.3	Implementação da manutenção preventiva	11
2.1.4	Indicadores de manutenção	13
2.2	Manutenção Produtiva Total (TPM)	14
2.3	Metodologia 5S	16
2.4	Ferramentas de qualidade	19
2.4.1	Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de causa e efeito	19
2.4.2	5W2H	21
2.4.3	Matriz GUT	21
3	MATERIAIS E MÉTODOS	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5	CONCLUSÃO	56
6	TRABALHOS FUTUROS	57
	REFERÊNCIAS	58
	ANEXO A - Detalhes técnicos das bombas modelo KSB e motores WEG	62
	ANEXO B - Problemas de operação EH BOMBAS HIDRÁULICAS LTDA.	63
	APÊNDICE A - Planilhas de planejamento de manutenção e registros.	66
	APÊNDICE B - Arquivo de etiquetas de identificação do sistema.	67
	APÊNDICE C – Planilha de auditoria 5S	68
	APÊNDICE D – Plano de implementação do 5S	73

1 INTRODUÇÃO

A Estação de Tratamento de Água (ETA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) conta com um sistema de abastecimento natural através das nascentes localizadas nas delimitações da universidade. Para a captação das águas, a estação possui duas bombas no setor primário, responsáveis pela transmissão até a estação de tratamento. Há também outras duas que trabalham no setor secundário, levando a água já tratada até o reservatório, de onde é distribuída diariamente nas imediações da instituição.

O sistema de bombas localizado no setor secundário não possui um acompanhamento de manutenção e apenas parte deste está em funcionamento há quase 10 anos, segundo colaboradores do local. A parte disponível para intercalar as horas trabalhadas não estava sendo utilizada, por apresentar instabilidade durante a operação, sem o conhecimento sobre o que a levou a este estado. Neste segmento, é importante identificar os principais problemas que essas bombas e o ambiente em que estão inseridas podem vir a desenvolver, para assim então, apresentar soluções que atuem de forma preventiva sem afetar o abastecimento de água.

Por ser um sistema essencial para o funcionamento da estrutura da Universidade, é fundamental que seus processos sejam eficientes e seguros. O estado atual supracitado implica na necessidade imediata de ações de contenção e planejamento de soluções eficazes que promovam a produtividade e redução de riscos e desperdícios.

Neste contexto, emerge da alta administração o projeto piloto de implementação da Manutenção Produtiva Total na Estação de Tratamento de Água, que através de princípios de melhoria contínua e mudança cultural, busca a máxima otimização em práticas de manutenção e processos, sejam eles administrativos, produtivos ou de suporte. No entanto, destaca-se a ampla disposição de recursos e longo período de tempo necessários para alcançar este horizonte.

Faz-se necessário então, como primeiro passo, identificar os problemas presentes para a criação de uma proposta de implementação de melhorias no setor de bombeamento, bem como os processos envolvidos e o ambiente em que estão inseridas.

Conceitos de manutenção e ferramentas de qualidade se apresentam, portanto, como instrumentos fundamentais para a proposta do trabalho: métodos como o 5S, Diagrama de Ishikawa, 5W2H e Matriz GUT, por exemplo, fornecem as diretrizes necessárias para o desenvolvimento de um plano de ação, sendo um primeiro passo para o projeto piloto, apesar das limitações de tempo e autonomia para mudanças.

A base da proposta se constitui de observação direta, entrevistas com os colaboradores do local e aplicação de ferramentas de qualidade, com o propósito de melhorar a eficiência e a vida útil dos processos e equipamentos, otimizando os procedimentos e diminuindo a possibilidade de falhas, realizando um estudo sobre o sistema de bombeamento da ETA e de seus componentes a fim de definir um plano de ação.

Durante o levantamento das informações já existentes para construção do plano de ação, surgem limitações a serem consideradas, como: ausência de registros sobre as condições das bombas, ocorrências de falhas, paradas, reparos realizados e responsáveis técnicos. A falta de comunicação interna contribui para a perda de informações úteis para definir um plano de atuação baseado no histórico dos equipamentos.

Estudos práticos dos parâmetros de funcionamento atuais dos equipamentos foram impossibilitados, visto que qualquer levantamento de dados deveria ser realizado fora do horário de trabalho. Em suma, o equipamento não poderia ser manipulado para análises pois o sistema inteiro de fornecimento de água da universidade depende dele.

Em face do cenário atual, há mais um fator fundamental que precisou ser levado em consideração durante todo o processo de análise: lidamos com um setor estatal, que tem como responsáveis comissões e/ou administrações que necessitam aprovar quaisquer modificações no setor, por isso, o trabalho a ser apresentado possui uma estrutura de proposta em seu cerne.

1.1 Objetivo geral

O objetivo do presente trabalho é propor um plano de melhorias orientado pela aplicação de ferramentas de qualidade dentro do setor de bombas da ETA, caminho inicial a ser percorrido com o intuito de implementar a TPM.

1.2 Objetivos específicos

- Realizar uma auditoria no local, afim de localizar problemas e a melhor forma de tratá-los.
- Aplicar ferramentas de qualidade em todo o processo, visando organizar e estruturar as possíveis mudanças.

- Realizar um estudo sobre o sistema de bombeamento da ETA e de seus componentes para definir os tipos de manutenção que serão utilizados nos equipamentos, com ênfase na manutenção preventiva.
- Criar a documentação para facilitar o processo de manutenção.
- Realizar um levantamento das ocorrências de manutenção e identificar as dificuldades que o setor apresenta devido à falta de um plano de manutenção.
- Apresentar proposta de implementação.
- Desenvolver a base para implementação futura da TPM no setor.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica do presente trabalho consiste em estruturar abordagem de temas essenciais para o desenvolvimento do projeto, como: Manutenção Produtiva Total (TPM), Metodologia 5S, manutenção, ferramentas de qualidade e indicadores. Os conceitos apresentados são essenciais para a compreensão dos resultados e entendimento das discussões ao longo do texto.

2.1 Manutenção

Segundo Gregório e Silveira (2018), a palavra “manutenção” é derivada do latim, e significa “manter o que se tem”. A manutenção não atua apenas em máquinas e equipamentos que estão em operação; atua também no desenvolvimento do projeto da máquina. A disposição de peças, a acessibilidade e até mesmo o dimensionamento das peças e componentes utilizados na construção dos conjuntos mecânicos devem obedecer a critérios facilitadores das operações de manutenção futuras (ALMEIDA, 2017).

Mehmeti et. al (2018) destaca a indispensabilidade da manutenção em equipamentos, pois a eficiência e qualidade são reduzidas ao longo do tempo, ocasionando falhas mais frequentes. As falhas em máquinas resultam não só em perda de produtividade, mas também em atrasos, problemas ambientais e de segurança. Assim, para manter um sistema funcionando, este deve ser propriamente mantido. Ao mesmo tempo, quantifica organizações que não aplicam quaisquer padrões de gerenciamento de manutenção, sendo a maioria das operações de manutenção puramente corretivas, e que cerca de 90% não é certificada por nenhum sistema de gestão, como a ISO9001, por exemplo.

2.1.1 Tipos de manutenção

Existem três tipos de manutenção: corretiva, preventiva e preditiva. Estes se diferem a partir da metodologia e abordagem utilizada visando o objetivo geral da manutenção, baseando-se em fatores como confiabilidade, eficiência, disponibilidade, qualidade, performance e manutenibilidade.

A manutenção corretiva é a ação realizada para correção de falhas ou defeitos, após o início ou a ocorrência destes, sendo subdividida em programada e não programada. A

manutenção corretiva não programada diz respeito ao reparo emergencial, realizado no momento em que o problema é identificado. Já a manutenção corretiva programada é o reparo após a data de ocorrência do problema. Este tipo de manutenção é caracterizado por ser o mais empregado em situações em que o padrão de qualidade não é elevado, com demanda de produção baixa e o custo de reparo ou substituição é menor que o de acompanhamento periódico (GREGÓRIO E SILVEIRA, 2018).

Segundo Cunha (2019), a manutenção preventiva tem como finalidade prevenir falhas, por meio de uma rotina de manutenção atenta às necessidades básicas do equipamento, como limpeza e lubrificação, aferição e calibragem, entre outras tarefas, variando de equipamento para equipamento, todas, baseadas no histórico de manutenção da empresa ou em recomendações do fabricante, e programadas através de um calendário de manutenções.

A vantagem do uso da manutenção preventiva é a diminuição da probabilidade de ocorrência de falhas devido a troca preventiva de peças, o que aumenta o ciclo de vida do equipamento. A desvantagem é que frequentemente deve-se parar o equipamento, em momentos programados, para realizar a manutenção (SWANSON, 2001).

A manutenção preditiva é caracterizada pela aplicação de técnicas de análise e monitoramento, detectando e controlando fenômenos e condições físicas em tempo real e realizando a manutenção somente quando necessário, ou seja, quando os parâmetros monitorados estão fora do esperado. Seu objetivo é a maximização da vida útil de equipamentos, identificando fatores que levam a falha o mais rápido possível, ao mesmo tempo que reduz as manutenções corretiva e preventiva (VIANA, 2002).

Fausing e Shaker (2020) destacam que a manutenção preditiva tem se tornado uma área importante da manutenção nos últimos anos, com o desenvolvimento de tecnologias avançadas de monitoramento e análise de dados. Recebendo cada vez mais atenção, modelos baseados em dados e instrumentação avançada podem ser construídos para estimar a vida útil restante de sistemas, o que seria difícil de identificar de outras maneiras. Concluem que diversos modelos experimentais baseados em dados já foram implementados com sucesso, mas que mais estudos de caso e de escalabilidade dos modelos são necessários para o assunto.

2.1.2 Manutenção centrada na confiabilidade e bombas

A manutenção centrada na confiabilidade é definida no ramo da manutenção como a probabilidade de operação do equipamento sem paradas, atendendo suas expectativas de

operação definidas durante o projeto. Tem por objetivo aumentar a eficiência da manutenção ao passo que se reduz os custos oriundos das falhas, os riscos e possíveis danos, otimizando a capacidade e disponibilidade dos equipamentos através da atuação específica de acordo com os modos de falha destes (FOGLIATO, 2009).

A bomba hidráulica é o componente mais caro dentro de um sistema hidráulico levando em consideração os custos de aquisição e manutenções. É bastante comum estas apresentarem problemas frequentes decorrentes de uma má vistoria ou de sua ausência, tendo como consequência uma parada total do equipamento e até mesmo uma parada/atraso no sistema completo caso não exista uma possibilidade de substituição imediata (DE BESSA, 2016).

Para evitar tais prejuízos, é possível analisar e determinar o período que será necessária a realização de uma manutenção preditiva, analisando todos os componentes do equipamento e podendo realizar de imediato alguma substituição de peça de acordo com as características apresentadas. Para que a vistoria seja acurada na previsão, diminuindo as chances de um equipamento falhar de forma inesperada, se faz necessário o auxílio de alguns componentes, tais como: monitor de carga, monitor de vibração e sensor de temperatura (COSTA, 2018).

Assim, introduzem-se as práticas de efeitos e consequências nas falhas das bombas centrífugas na estação, sendo objeto de estudo no presente trabalho para determinar as atividades de manutenção necessárias para aprimoramento da operação, evitando paradas e falhas inesperadas.

Para realizar um plano geral de manutenção de bombas, peças como: carcaça, rotor, vedação e demais elementos devem sempre ser verificadas. Outros fatores físicos também devem ser levados em consideração, tais como: tubulações de sucção e recalque, juntas, cotovelos, cavitação no rotor e todos elementos que compõem o sistema (CUNHA, 2019).

2.1.3 Implementação da manutenção preventiva

A manutenção preventiva tem como finalidade prevenir as falhas. A principal vantagem deste tipo de manutenção é mensurada pelo custo total, ou seja, ela acaba sendo mais barata que as demais pelo fato de que a frequência da ocorrência das falhas diminui, aumentando a disponibilidade dos equipamentos e reduzindo interrupções inesperadas (CUNHA, 2017).

Para Guimarães (2012), o lado negativo da manutenção preventiva é que a definição do período de parada dos equipamentos deverá ser efetuada por pessoas experientes, que conheçam bem o equipamento a ser mantido, segundo as recomendações do fabricante e sendo

avaliado as condições climáticas em que estes se encontram. Seguindo estes passos, evita-se introduzir defeitos não existentes no equipamento, como: falhas humanas, nos componentes sobressalentes, por contaminação em sistemas de óleo dos equipamentos, ocasionadas durante partidas e paradas e nos processos de manutenção.

De acordo com Almeida (2017), para realizar a implementação da manutenção preventiva no setor analisado, deve-se seguir os passos iniciais:

- Avaliar o histórico de manutenções realizadas das peças e equipamentos, comparar com a vida útil especificada pelo fabricante e as condições atuais;
- Elaborar um plano de manutenção preventiva com base nos registros de inspeções das máquinas operando, paradas e intervenções;
- Criar fichas de lubrificação e um plano de registo das manutenções preventivas.

Após identificadas as informações do sistema e dos equipamentos empregados, a primeira ação a ser tomada é a definição da estratégia de manutenção para cada situação. Deve-se levar em conta os dados técnicos dos manuais, os catálogos do fabricante, o histórico do equipamento e a experiência técnica dos profissionais da empresa para criar um plano de cada máquina (BECHTOLD, 2010).

Na visão de Kardec e Nascif (2009), depois da definição da estratégia de manutenção, deve-se desenvolver os planos preventivos sistemáticos, as rotas de lubrificação e de inspeção. Com isso, parte-se para a elaboração das ordens de serviço, as quais fornecem para o executante as informações necessárias para a realização da atividade.

Um ponto importante da manutenção preventiva é a gestão correta dos recursos, obtida mediante um planejamento estratégico que organiza corretamente a necessidade de cada peça, equipamento ou insumo, de modo que o todo o sistema esteja em boas condições de funcionamento (CUNHA, 2019).

A elaboração de um estoque é fundamental para reduzir o tempo de parada e otimizar os reparos no processo produtivo. De acordo com Cunha (2019), o estoque deverá ser contabilizado apenas com peças necessárias, pois o acúmulo de material pode gerar um desperdício no espaço físico, as peças podem sofrer deterioração por estarem paradas durante muito tempo, ocasionando excesso de gastos.

A qualidade deve ser garantida para que um sistema consiga operar em condições ideais. A melhor maneira de se garantir essas condições consiste na minimização dos erros humanos, alcançada com a capacitação dos colaboradores e procedimentos descritos, como: verificações, lubrificações, ajustes que devem ser realizados e quais ferramentas utilizar. Assim, o processo

será padronizado e qualquer colaborador poderá realizar com o mesmo nível de qualidade (JUNIOR, 2012).

2.1.4 Indicadores de manutenção

Pinto (2002) relatou que para um sistema de controle de manutenção ser eficiente e eficaz, as informações de desempenho devem ser fornecidas de forma relacional ou exponencial. Os indicadores de manutenção devem ser usados para apontar pontos fracos e identificar problemas que podem levar a resultados ruins, sendo assim, podem ser traduzidos no comportamento dos equipamentos e sistemas de produção em relação às operações de manutenção.

O Tempo Médio Entre Falhas (MTBF - Mean Time Between Failures) é um indicador utilizado na manutenção para visualizar a frequência das ocorrências de falha em um equipamento ou sistema, sendo uma importante referência para planejamento e programação de manutenções preventivas. Seu valor ideal tende a ser o maior possível, inferindo em menor probabilidade de falhas e menor necessidade de manutenção corretiva (MEGIOLARO, 2015).

O MTBF pode ser calculado utilizando a Equação 1:

$$MTBF = \frac{\text{Tempo total trabalhado}}{\text{Número de intervenções}} \quad (1)$$

O Tempo Médio Para Reparo (MTTR - Mean Time To Repair), por sua vez, é um indicador utilizado na manutenção para visualizar o tempo médio de reparo de um equipamento ou sistema, sendo uma importante referência para avaliar o tempo de inatividade e eficiência das atividades de manutenção. O valor ideal tende a ser o menor possível, inferindo em uma resposta rápida e eficiente contra as falhas (MEGIOLARO, 2015).

O MTTR pode ser calculado utilizando a Equação 2:

$$MTTR = \frac{\text{Tempo total de reparos}}{\text{Número de intervenções}} \quad (2)$$

A partir dos dois indicadores acima (MTBF e MTTR) é possível calcular a Disponibilidade, o indicador que mede a capacidade de um item estar funcionando e disponível para uso em um determinado período de tempo. O valor ideal tende a ser o mais alto possível,

inferindo em uma otimização da continuidade de processos produtivos e maximização da eficiência (SILVEIRA et al, 2018).

A Disponibilidade pode ser calculada utilizando a Equação 3:

$$Disponibilidade = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (3)$$

Os indicadores supracitados são essenciais para o controle e análise dos dados relacionados à manutenção de equipamentos, auxiliando no processo de planejamento e programação, mapeando a rapidez e eficiência dos reparos, de forma a identificar pontos de melhoria e otimização geral dos serviços.

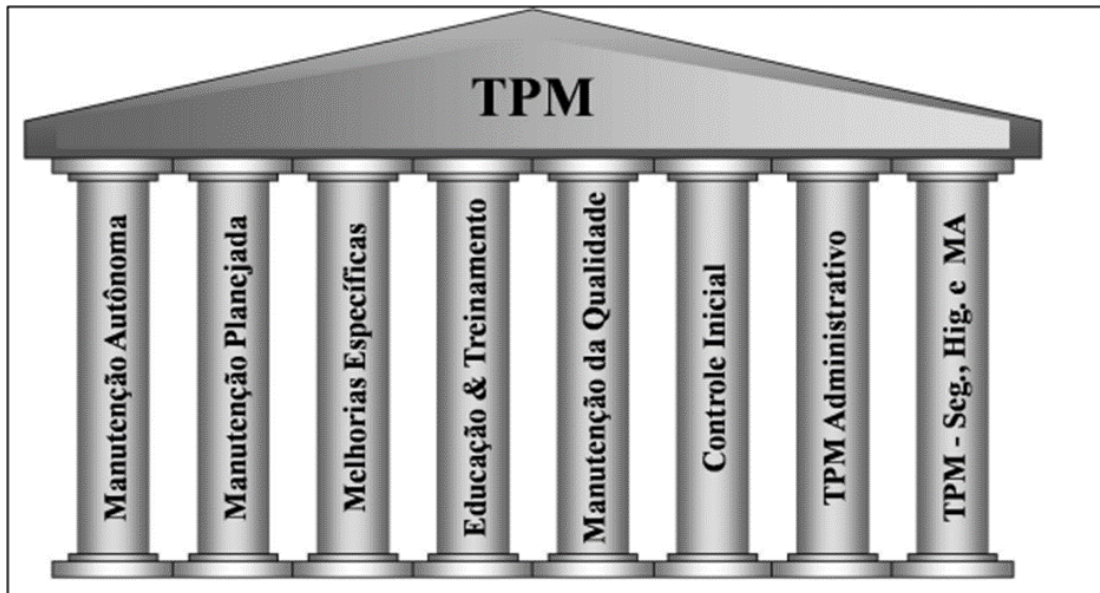
2.2 Manutenção Produtiva Total (TPM)

A Manutenção Produtiva Total (TPM) teve seu início no Japão após a Segunda Guerra Mundial. As empresas japonesas, conhecidas pela fabricação de produtos de baixa qualidade naquela época e devastadas após a guerra, buscaram, na excelência da qualidade, uma alternativa de uma recuperação acelerada da economia. Os primeiros registros de implementação da TPM pertencem à empresa Nippon Denso, do grupo Toyota, e essa filosofia teve sua prática iniciada no Brasil em meados de 1986 (GUIMARÃES, 2012).

A TPM é composta por 8 pilares e tem como propósito minimizar erros, defeitos e gargalos de processo, o que coloca em prática um acompanhamento voltado à produtividade da organização como um todo. Além da preocupação com equipamentos e máquinas, aborda também a qualidade dos produtos e serviços finais, diminuindo as perdas e os acidentes durante o processo, o que exige comprometimento e reestruturação em muitos casos, adotando novas posturas visto que a renovação otimiza todo o sistema de produção (GUIMARÃES, 2012).

A representação da TPM é mostrada na Figura 1:

Figura 1 – Pilares da TPM.



Fonte: Junior (2012).

O pilar “Controle Inicial” consiste na estruturação do controle e gerenciamento de todos os novos equipamentos e processos, garantindo a inclusão apropriada em uma organização que já possua níveis avançados de implementação da TPM ou pavimentando o caminho para o início da adoção do método, devendo abranger desde as concepções iniciais até os últimos momentos de trabalho em uma organização (TONDATO,2004).

O pilar “Educação e Treinamento” significa que a educação deve estar intimamente ligada às tarefas reais executadas no local de trabalho, sendo assim, este pilar consiste em elaborar e aplicar um programa de treinamento que eleve o nível de conhecimento e habilidades dos colaboradores para solução de problemas e melhor atuação possível nos processos (TONDATO, 2004).

O pilar “Manutenção Autônoma” é responsável por prevenir perdas através do monitoramento em tempo real das condições de equipamentos e parâmetros de operação, além do controle sobre todos os processos ao redor. Este pilar também está intimamente conectado com o pilar de “Educação e Treinamento”, uma vez que os colaboradores devem ser capazes de realizar atividades de manutenção básicas dos equipamentos, aumentando a confiabilidade (ADESTA, 2018).

O pilar “Manutenção da Qualidade”, serve para atingir uma alta qualidade dos processos e produtos ou serviços, sendo levadas em consideração as melhores tecnologias e metodologias

no atual mercado, na tentativa de gerar maior valor em cada tarefa (RANTESHWAR et. al, 2013).

O pilar “Manutenção Planejada”, grande responsável pelo sucesso no gerenciamento de processos, reduz de forma significativa a manutenção corretiva transformando-as em ações proativas, de forma geral o setor de manutenção trabalha com ações planejadas e programadas, em busca da identificação de causas e soluções e buscando o objetivo “quebra zero” (GREGÓRIO, 2018).

O pilar “Melhorias Específicas”, tem como objetivo reformular e introduzir melhorias específicas nos equipamentos e processos para obtenção de incrementos no desempenho global. Este conceito também é conhecido por “Kaizen”, que significa “melhoria contínua”, envolvendo diversas pequenas melhorias em uma frequência contínua, reduzindo perdas e aumentando a eficiência de máquinas e processos (SINGH et. al, 2013).

O pilar “Segurança, Higiene e Meio Ambiente” é uma atividade de extrema importância para a ferramenta TPM, sendo focado em eliminar os acidentes aumentando a segurança do local, além de reduzir e evitar erros humanos e assegurar a confiabilidade do equipamento (GREGÓRIO, 2018).

Com relação ao pilar “Gestão Administrativa”, os departamentos que aplicam a TPM em seus sistemas administrativos conseguem ter um aumento de qualidade no quesito de tratamento da informação, essencial pelo fato de afetar profundamente as ações do processo produtivo, melhorando todas as atividades que envolvem o produto ou serviço final (TONDATO, 2004).

Khanna (2009) contextualiza a importância da implementação da TPM baseado no sucesso das indústrias japonesas e seu enorme impacto nos mais diversos mercados após adotarem a filosofia, destacando também que a aplicação de ferramentas de qualidade é considerada uma das diferenças mais cruciais entre organizações bem-sucedidas e malsucedidas.

2.3 Metodologia 5S

O 5S é uma técnica originada do Japão e foi desenvolvida pela primeira vez por Hiroyuki Hirano. Inclui cinco palavras: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke, que em português significam: senso de utilização, senso de organização, senso de limpeza, senso de saúde ou higiene (padronização), e senso de disciplina, respectivamente. Consiste em uma

filosofia estruturada para atingir sistematicamente a limpeza, organização e padronização total no local de trabalho (PATEL, 2014).

Rahman et al. (2010) mostram que a prática da metodologia 5S e outras ferramentas de qualidade são um meio efetivo de aprimorar o ambiente de trabalho, tanto em termos de produtividade como segurança, saúde e padronização, destacando como ponto chave a participação da alta administração das organizações em prol da melhoria da qualidade dos serviços.

Segundo Campos (2005), a principal essência deste método é a mudança de valores, pois ele aborda três dimensões básicas: a dimensão física (layout), a dimensão intelectual (realização das tarefas) e a dimensão social (relacionamentos e ações do dia-a-dia). Estas dimensões são interligadas e dependem umas das outras, ou seja, no momento em que uma dimensão é melhorada, pode-se perceber nas outras duas.

De acordo com Gupta e Jain (2015), no senso de utilização (Seiri), devem ser avaliados os usos dos equipamentos e ferramentas, e deste modo, pode-se colocar os materiais mais utilizados em locais de fácil acesso, mantendo a ordem no posto de trabalho e deixando o serviço mais produtivo. Mantendo essa organização, o colaborador permanece mais tempo no posto de trabalho, sem que haja a necessidade de paralisar as atividades a fim de procurar algo. Os equipamentos com baixa frequência de utilização (período de uso entre seis a doze meses) deverão ser guardados em locais mais distantes ou até mesmo descartados, deixando somente o necessário.

O senso de organização (Seiton), é relacionado com o armazenamento eficaz e de fácil acesso pelo colaborador, otimizando o local, facilitando o fluxo de pessoas e materiais. Pode ser caracterizado como a reorganização do local de trabalho, com a identificação e padronização das ferramentas e equipamentos e seus devidos locais de armazenagem (HO, 1999).

De acordo com Rosa et. al (2014), o arranjo físico afeta o fluxo de trabalho entre os processos de uma organização, bem como sua conexão com outros lugares da cadeia em que está inserida. Existem princípios básicos que devem ser seguidos para a implementação de mudanças relacionadas ao arranjo físico em organizações:

- Segurança: evitar riscos que podem ser gerados pela presença de pessoas não autorizadas, saídas claras, sinalizadas e acessíveis em casos de emergência, economia de movimentos de deslocamento.
- Flexibilidade a longo prazo: favorecer mudanças conforme as necessidades de operação.

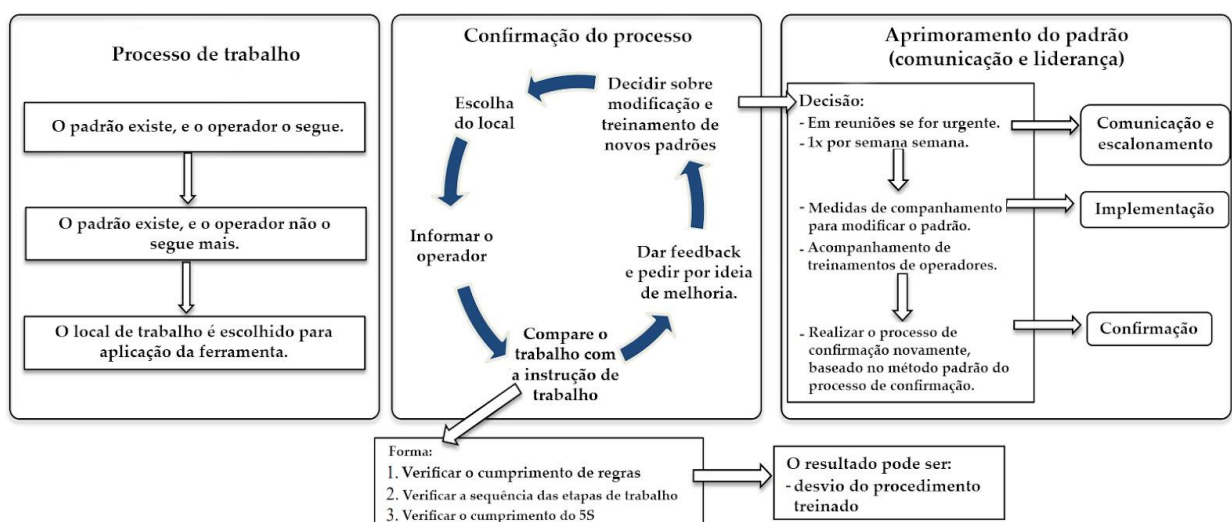
- **Progressividade:** definir um fluxo claro a ser percorrido, evitando retornos através de um bom uso dos espaços disponíveis, também considerando o espaço vertical.

O senso de limpeza (Seiso), é relacionado com a limpeza do ambiente de trabalho. Um local de trabalho mais limpo, saudável e organizado pode atuar como uma forma de motivação aos colaboradores, promovendo também a segurança e auxiliando na identificação de riscos. Uma limpeza detalhada no ambiente pode localizar diversos problemas de processo, como: agentes contaminantes, limalhas ou resíduos arranhando superfícies, sujeira causando incêndio no maquinário ou falhas de contato elétrico e superaquecimento de equipamentos devido ao acúmulo de poeira, por exemplo (HO, 1996).

O senso de padronização (Seiketsu), também conhecido como senso de higiene ou saúde, é alcançado quando os bons padrões de trabalho são mantidos, ou seja, quando cada um dos sentidos anteriores for alcançado com a prática. A principal vantagem encontrada neste senso é o aumento da qualidade de vida no trabalho, melhoria na produtividade e nas relações interpessoais. A padronização pode ser alcançada em diversas áreas: estoque, ferramentas e materiais de trabalho, pertences pessoais, produção, melhorando o acesso geral a todos os elementos que compõem os setores (MARASCU-KLEIN, 2015).

Um exemplo de fluxograma para implementação do processo de padronização pode ser visto na Figura 2:

Figura 2 – Conexão entre 5S e processo de padronização.



Fonte: Adaptado de Filip e Marascu-Klein (2015).

O senso de disciplina (Shitsuke), é a disciplina de manter todos os sentidos anteriores em funcionamento. Todos na organização devem seguir e comprometer-se com as normas, os

padrões e os procedimentos formais e informais e introduzindo a melhoria contínua na vida pessoal (hábitos), profissional (aquisição de conhecimentos) e na empresa como um todo (LÉLIS, 2018).

Conforme Ho (1999), a disciplina é um processo de repetição e prática, ou seja, colocando uma regra ou procedimento a ser seguido, o colaborador criará o hábito de executar o serviço sempre daquela forma. Podendo ser algo simples como a utilização de um EPI ou desligar o equipamento antes de averiguá-lo.

Ho (1999) também identifica a prática da metodologia 5S como sendo o primeiro passo para a implementação efetiva da TPM, sendo apoiado por Khanna (2009), que categorizou um índice de implementação bem sucedida em 62 diferentes organizações, concluindo uma correlação positiva entre a aplicação de ferramentas de qualidade e performance.

MARASCU-KLEIN (2015), após analisar e implementar a ferramenta na indústria, afirma que as principais vantagens na aplicação da metodologia do 5S na organização são: redução nos desperdícios, redução no tempo de acesso aos materiais e ferramentas, limpeza e organização do local de trabalho, aumento da segurança, produtividade e melhoria da disciplina.

Campos (2005), sendo definido como o pilar dos processos de mudança organizacional, ainda explica em seu estudo de caso, posterior a implementação do 5S em duas empresas, que a abordagem sistêmica que envolve todos da organização, orientando melhores valores, estabelecendo melhores hábitos e criando transparência no ambiente de trabalho, fazem da metodologia 5S a iniciativa a ser tomada para adotar padrões de gestão.

2.4 Ferramentas de qualidade

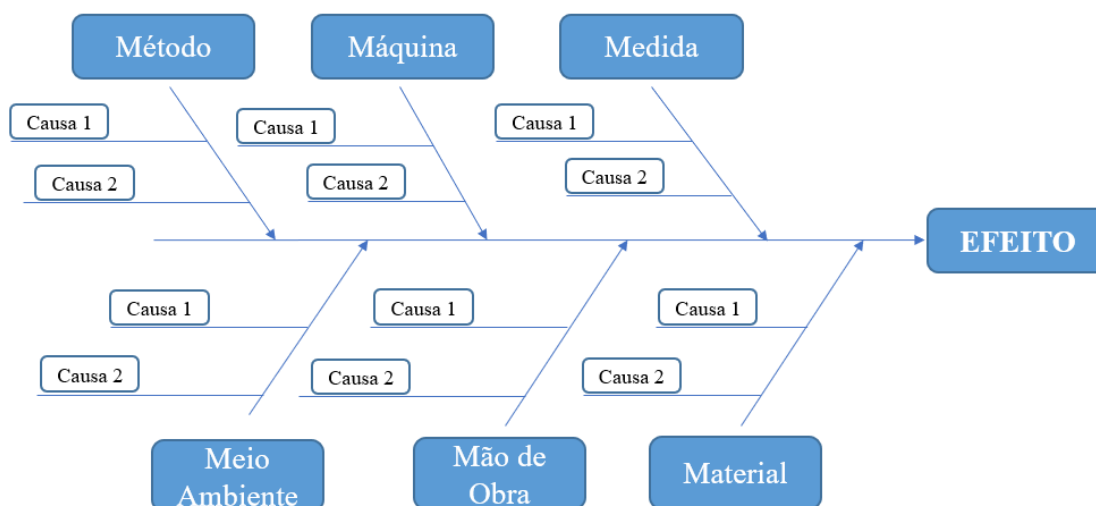
Definidas as relações entre TPM e 5S, as ferramentas de qualidade são o meio necessário para que o trabalho de implementação seja realizado e juntamente com estes, indicadores de performance para a avaliação do andamento e da efetividade de todo o processo.

2.4.1 Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de causa e efeito

O Diagrama de Ishikawa é utilizado para identificar e organizar os efeitos dos problemas que ocorrem no sistema ou nos equipamentos, relacionando com as possíveis causas. A principal vantagem desta ferramenta é o seu formato visual simples, como mostrado na Figura 3, assim, pode-se destacar um principal efeito e todos os possíveis fatores que levam a

ocorrência do mesmo, podendo colocar causas secundárias, que possibilitam o aprofundamento da análise (GUEDES, 2017).

Figura 3 – Estrutura do Diagrama de Ishikawa.



Fonte: Adaptado de PMKB (2014).

Segundo Limeira (2015), a subdivisão das causas pode ser classificada pelo 6M: método, máquina, medida, meio ambiente, mão de obra e material. As classes podem ser exemplificadas de maneira geral como:

- **Método**: de que forma o processo executado pode interferir no produto final; se este trabalho seguiu corretamente o planejamento, as peças e ferramentas necessárias.
- **Máquina**: se a máquina está operando em condições normais ou está falhando.
- **Medida**: se os instrumentos de medida estão calibrados e sendo usados corretamente.
- **Meio ambiente**: de que forma o ambiente em que está sendo realizada a atividade pode modificar os resultados (layout, sujeira, barulho, etc).
- **Mão de obra**: se o colaborador é qualificado para atuar com esse tipo de trabalho.
- **Material**: se a matéria-prima atende a qualidade exigida no processo.

Fabiś-Domagala (2017) realiza a análise de uma bomba por meio do Diagrama de Ishikawa, e comprovou que pode ser uma ferramenta útil na identificação de relações entre causa e efeito durante o mau funcionamento ou danos. A ferramenta permitiu identificar os

principais problemas e as quatro causas mais importantes que têm influência sobre danos operacionais, mecânicos e vazamentos.

2.4.2 5W2H

Segundo Silva (2009), o método 5W2H é uma ferramenta muito utilizada para realizar um plano de ação e colocar em prática as alternativas de soluções encontradas, bem como formas de padronizar procedimentos. A sigla possui origem nas palavras em inglês: what (o quê?), why (por quê?), who (quem?), when (quando?), where (onde?), how (como?) e how much (quanto?). Cada uma dessas palavras remete a uma parte do processo, e ao executar cada uma delas, obtém-se um procedimento totalmente planejado e eficaz.

O Quadro 1, exemplifica as perguntas que devem ser feitas para garantir um planejamento das ações que deverão ser realizadas, de forma organizada, a fim de buscar a melhoria do processo.

Quadro 1 – Padronização da ferramenta 5W2H.

MÉTODO DA FERRAMENTA 5W2H			
5W	What?	O que?	Que ação será executada?
	Who?	Quem?	Quem irá executar/participar da ação?
	Where?	Onde?	Onde será executada a ação?
	When?	Quando?	Quando a ação será executada?
	Why?	Por quê?	Por que a ação será executada?
2H	How?	Como	Como será executada a ação?
	How much?	Quanto custa?	Quanto custa para executar a ação?

Fonte: De Avila Neto (2016).

De Avila Neto et. al (2016), asseguram que a utilização da ferramenta traz clareza e objetividade na resolução de problemas, de forma simples e interativa. Assim, após aplicar esta matriz na confecção de um manual de segurança do trabalho, notaram uma facilidade em visualizar os pontos que deveriam ser melhorados e atualizados, e a familiarização dos colaboradores tornou o processo eficiente e de simples entendimento para terceiros.

2.4.3 Matriz GUT

Esse tipo de ferramenta é utilizado para definir a ordem de resolução dos problemas, baseados em uma escala de prioridades, com o propósito de ação imediata nos itens de maior

risco para o processo. Para fazer uma matriz, deve-se relacionar pontuações de acordo com a gravidade, urgência e tendência das causas do problema analisado e após isso, essas pontuações são multiplicadas e a solução das tarefas será realizada a partir do maior valor, como indicado na Figura 4 (SILVA, 2009).

Figura 4 – Matriz GUT.

Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	Total (GxUxT)
Os prejuízos e dificuldades são extremamente graves (5)	É necessária uma ação imediata (5)	Se nada for feito a situação irá piorar rapidamente (5)	125
Grave (3)	O mais cedo possível (3)	Vai piorar em médio prazo (3)	27
Sem Gravidade (1)	Não tem pressa (1)	Não vai piorar e pode até melhorar (1)	1

Fonte: Adaptado de Silva (2009).

No contexto do estudo realizado por Silva (2022), a utilização da Matriz GUT se mostrou relevante para a análise de riscos relacionados ao funcionamento da ETA (Estação de Tratamento de Água). Por meio da identificação dos fatores de gravidade, urgência e tendência, a matriz permitiu que os pontos mais críticos do sistema fossem elencados, contribuindo para a organização das manutenções e aumentando a eficiência do processo de tratamento de água. Assim, a utilização da Matriz GUT no contexto da ETA pode ser uma ferramenta valiosa para garantir a qualidade da água distribuída no campus, além de favorecer a gestão de recursos e a prevenção de possíveis falhas no sistema de tratamento.

Após a apresentação das ferramentas de qualidade, é possível definir o fluxo do trabalho, detalhado em “Materiais e Métodos”. A auditoria interna da metodologia 5S revela a necessidade do trabalho, o Diagrama de Ishikawa relaciona as possibilidades de efeitos e causas no objeto do estudo, a ferramenta 5W2H confecciona um plano de ação para a solução dos tópicos apontados e a matriz GUT auxilia na definição da prioridade da resolução dos problemas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

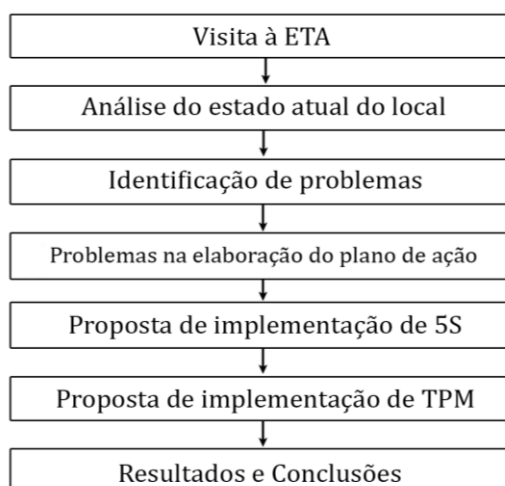
A metodologia utilizada é o desenvolvimento de um plano de ação, a ser executado no setor de bombas na estação de tratamento de água (ETA) da Universidade Federal de Lavras, de forma a produzir resultados que podem ser implementados com eficiência, já sendo o primeiro passo em direção ao horizonte da implementação da TPM. A proposta para o local surgiu da alta direção, a partir da definição da ETA como ponto crítico a ser analisado.

Foi realizado um estudo bibliográfico sobre os conceitos de manutenção e qualidade relacionados ao tema, direcionado para as ferramentas de qualidade que melhor auxiliam a planejar corretamente as medidas a serem tomadas. Análises baseadas no histórico dos equipamentos e ocorrências de manutenção foram impossibilitadas pela ausência dessas informações documentadas, o que já demonstrava uma grande falha no processo.

Por intermédio de visitas ao local e registros fotográficos devidamente autorizados, foram observados os principais problemas e suas potenciais causas raízes. Para cada um dos fatores apontados, foram utilizados: diagrama de Ishikawa, 5W2H, matriz GUT e auditoria 5S para auxiliar no mapeamento do processo como um todo, tornando possível propor soluções de curto, médio e longo prazos, promovendo melhorias diversas no setor a fim de iniciar um longo processo de mudança.

Com o propósito de criar uma linha de procedimentos, o fluxograma indicado pela Figura 5, apresenta como foram divididas e organizadas as tarefas para a execução do projeto.

Figura 5 – Fluxograma de tarefas.



Fonte: Dos autores (2023).

Para a identificação da necessidade do desenvolvimento deste trabalho, uma auditoria inicial de aplicação dos cinco sentidos, indicada no Apêndice C, foi realizada pelos autores tendo como referência a planilha de auditoria 5S desenvolvida por Ho (1999) para ter uma compreensão situacional do setor. Os aspectos pertencentes ao 5S foram trabalhados no setor de bombas de acordo com cada segmento e a atividade no local transformando um ambiente qualitativo em quantitativo, sendo distribuídos conceitos para cada atividade em seu respectivo aspecto. Nesta auditoria relacionada às atividades típicas que deveriam ser realizadas, estas serão pontuadas no estilo “checklist”, no qual “OK” significa que a atividade foi ou é “realizada” dentro do esperado e “NOK” sendo “não é realizada”. O “N/A”, consta como uma atividade “não aplicada” para aquele setor em específico, mas é colocado para manter o sistema de pontuação proposto.

Apurada toda a pontuação no setor estudado, é possível obter uma avaliação geral baseada nos números de atividades que não são realizadas no setor, e o quão distante o ambiente de trabalho atual estava de um ambiente alinhado com os princípios 5S. Com este resultado, a necessidade e urgência de implementação da ferramenta de qualidade fica mais nítida, o que conduz a uma compreensão mais ampla para a abordagem de propostas no setor. A identificação dos principais problemas que podem ser solucionados ou melhorados de maneira eficiente proporciona maior qualidade ao ambiente de trabalho, otimizando a segurança tanto para os colaboradores quanto para o sistema de bombeamento da estação, contribuindo para evitar falhas ou paradas abruptas do abastecimento de água que podem ser causadas pelo atual favorecimento de adversidades.

Dessa forma, foram listados os efeitos e possíveis causas dos problemas do setor de bombas utilizando o Diagrama de Ishikawa, e em seguida utilizado o 5W2H para determinar uma sequência de ações de forma padronizada, a fim de compor o plano de ação de acordo com os resultados apresentados pela auditoria 5S aplicada no setor. A prioridade foi estabelecida utilizando a matriz GUT, empregada para cada quadro 5W2H, para mostrar o impacto que cada um dos problemas gera no sistema.

Destaca-se que na TPM, o 5S e a manutenção autônoma são parte fundamental da cultura e do sistema da organização, assim, embora algumas das soluções apresentadas neste trabalho sejam eficazes a curto prazo, o ideal é que ao longo dos anos de implementação da TPM haja a absorção da cultura, envolvendo o 5S e a modernização dos sistemas, futuramente envolvendo o monitoramento das variáveis relacionadas aos processos e controlando-as de forma automática. Por exemplo: análise da qualidade do lubrificante ou monitoramento em

tempo real dos níveis dos reservatórios de água, bem como o controle de qualidade da água tratada, dosagem dos insumos de tratamento e condições de operação das bombas e das tubulações.

Com base em todas as informações coletadas e os resultados das análises de cada ferramenta de qualidade utilizada, é elaborado um plano de manutenção, com planilhas de: registro de ocorrências, inspeções e preventivas dos equipamentos, com indicadores para acompanhamento ao longo do uso.

A implementação das mudanças, no entanto, possui dificuldades: apesar das mudanças organizacionais serem necessárias para o aprimoramento das instituições públicas brasileiras, muitas vezes encontram resistência. Esta pode ser influenciada por diferentes fatores, como a falta de comunicação clara e objetiva sobre os objetivos da mudança, a ausência de participação dos colaboradores no processo de decisão, a cultura organizacional resistente à mudança e a falta de capacitação e treinamento adequados (MARTINS, 2022).

Essa resistência pode gerar atrasos e dificuldades na implementação das mudanças, além de afetar negativamente a motivação e o engajamento dos funcionários, comprometendo a eficácia das instituições públicas brasileiras. Por isso, é importante que os gestores públicos identifiquem e busquem soluções para superar a resistência à mudança, como a adoção de estratégias de comunicação eficazes e a promoção de um ambiente participativo e colaborativo (CHAVES, 2005).

A metodologia adotada, portanto, leva em consideração a necessidade de aplicação imediata e a pouca extensão da autonomia dos autores para executar as referidas propostas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

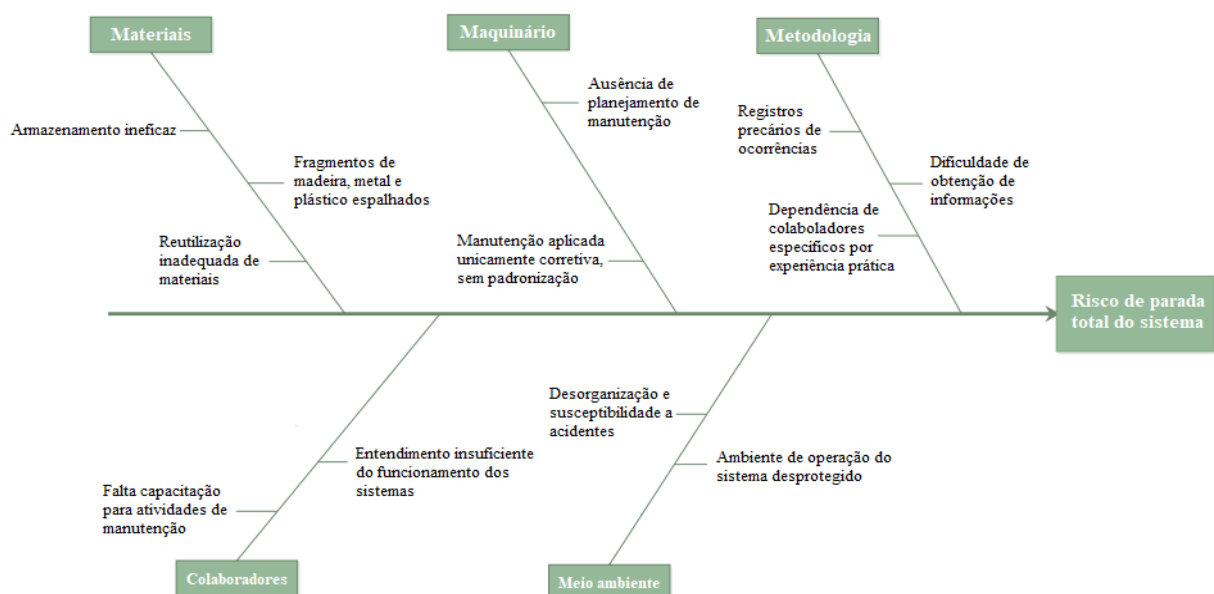
Seguindo o fluxograma apresentado na Figura 5, a visita ao local permite a identificação do estado atual, conforme a Figura 6. Aliada ao diagnóstico dos principais problemas fornecido pela aplicação das ferramentas de qualidade, é possível atuar sobre cada um dos tópicos, enunciados no Diagrama de Ishikawa indicado na Figura 7:

Figura 6 – Local das bombas na estação.



Fonte: Dos autores (2021).

Figura 7 – Diagrama de Ishikawa.



Fonte: Dos autores (2023).

Para o problema de “Risco de parada total do sistema”, os indicadores escolhidos para organizar o diagrama foram: materiais, maquinário, metodologia, colaboradores (mão de obra) e meio ambiente.

Materiais: representa o armazenamento ineficaz de pedaços de madeiras que tampam as bombas, placas circulares de metal que estão na lateral do ambiente, canos e blocos de concreto.

Maquinário: representa a falta de planejamento e aplicação de manutenção nos motores, bombas e canos do sistema de bombeamento.

Metodologia: compõe a falta de organização das ocorrências de manutenção e dificuldade de obter informações a respeito de problemas corrigidos anteriormente.

Colaboradores: há falta de colaboradores capacitados para desempenhar atividades de manutenção e entendimento de sistemas de bombeamento;

Meio ambiente: é constituído pela ausência de um ambiente fechado, o lugar em que as bombas se encontram está desprotegido das ações climáticas e condições adversas.

As bombas que compõem o sistema de abastecimento de água foram identificadas por meio das respectivas placas com os dados, como mostram as Figuras 8 e 9:

Figura 8 – Dados de placa da bomba.



Fonte: Dos autores (2021).

Figura 9 – Dados de placa do motor elétrico.



Fonte: Dos autores (2021).

O Anexo A fornece dados completos das bombas presentes na ETA, sendo duas bombas centrífugas horizontais da fabricante KSB, com seus respectivos catálogos e detalhes técnicos.

Dentro dos aspectos da ferramenta 5S, o primeiro senso analisado foi o senso de utilização (Seiri), descrito pelos itens que estão no ambiente e não possuem funções propriamente ditas, como é o caso dos blocos de concreto, os pedaços de madeira e placas de metal encontrados no setor, estes podem ser observados na Figura 10.

A Tabela 1 possui os resultados levantados no campo provenientes do Apêndice C em seu aspecto Seiri pelos autores, nesta foi possível identificar a discrepância entre o esperado e a realidade do setor.

Tabela 1 – Utilização (Seiri).

Nº	Atividades típicas	Localização	Constatação de auditoria
1.1	Jogar fora as coisas que não são necessárias.	Setor de bombas	NOK
1.2	Lidar com as causas de vazamentos, sujeira e ruído.	Setor de bombas	NOK
1.3	Organizar a limpeza do setor.	Setor de bombas	NOK

N°	Atividades típicas	Localização	Constatação de auditoria
1.4	Arrumar defeitos, vazamentos e quebras.	Setor de bombas	NOK
1.5	Levantamento de armazenamento de peças e arquivos.	Setor de bombas	NOK
1.6	One-is-best #1: Um conjunto de ferramentas.	Setor de bombas	NOK
1.7	One-is-best #2: Formulário ou memorando de uma página.	Setor de bombas	NOK
1.8	One-is-best #3: Um dia de processamento.	Setor de bombas	NOK
1.9	One-is-best #4: Serviço de parada única para o cliente.	Setor de bombas	N/A
1.10	One-is-best #5: Um arquivo de localização (Servidor online para compartilhamento de arquivos)	Setor de bombas	NOK
			N° de não realizações: 9/10

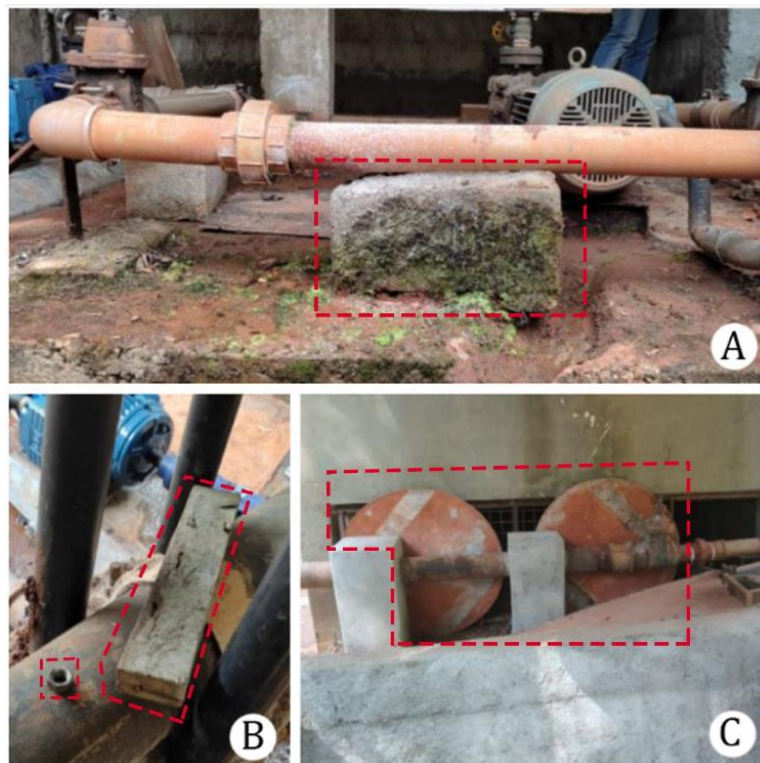
Fonte: Adaptado de Ho (1999).

Na Tabela 1, o termo "One-is-best" aparece quatro vezes, este possui alguns princípios de organização, incluindo: um único conjunto de ferramentas, formulários/memorandos de uma página, processamento de um dia, balcão único para clientes e arquivos de localização (incluindo um servidor web local para compartilhamento de arquivos), ou seja, para reduzir o tempo e deixar os processos mais enxutos, este termo diz que se faz necessário apenas um sistema minimalista para cada atividade. Para realizar a atividade de "processamento de um dia" na qual um processo interno levaria não mais que 24h para ser realizado, requer um esforço conjunto da equipe e autodisciplina.

O vazamento apresentado no sistema de bombeamento está representado pela atividade 1.2 na Tabela 1 como atividade não realizada, o equipamento apresenta vazamentos fora dos locais aceitáveis de acordo com o fabricante, gerando assim acúmulo indevido de resíduos. Vale ressaltar também sobre a atividade 1.2 que o fato de o setor não ser isolado há desconforto sonoro no local.

Na Figura 10 é possível identificar um bloco de concreto sendo utilizado de forma improvisada como um nivelador para dar suporte a uma determinada seção do encanamento. Quando se retira esses itens, o ambiente de trabalho se torna mais otimizado e menos poluído, possibilitando um local estruturado, de fácil acesso e com menor propensão para acidentes devido a soluções improvisadas.

Figura 10 – Itens sem utilização devida.



Fonte: Dos autores (2021).

A substituição do item exemplo na seção A da Figura 10 poderia ser realizada por duas soluções: a primeira delas, realizar um pilar de concreto semelhante aos da seção C da Figura 10, inserindo a tubulação por dentro e fixando em uma base também de concreto. Outra solução possível seria a implementação de um berço de tubulação projetado especificamente para a função de suporte que, com sua base fixada, realizaria a sua função ao mesmo tempo que promove uma maior flexibilidade de adaptações, pois pode ser retirado ou ajustado com mais facilidade que a solução referente ao pilar. Para as seções B e C, é fácil notar a presença de itens que não possuem nenhuma utilidade no setor, não houve nenhuma justificativa plausível da equipe responsável pelo setor para aqueles objetos estarem ali, tais como parafusos, pedaços de madeiras e blocos de cimentos.

Baseando-se no senso de utilização, a Figura 11 representa os resultados da utilização do 5W2H para implementar um plano de ação para solucionar os principais problemas referentes ao Seiri.

Figura 11 – 5W2H - Seiri.

SEIRI						
What	Why	Where	When	Who	How	How Much
Identificação e retirada de todos os itens sem função	Aumento de produtividade e redução de riscos	ETA - Ambiente de operação das bombas	abr/23	Responsável pela limpeza	Recolhimento e descarte adequado dos itens	Remuneração dos colaboradores e ferramentas de
Identificação de itens com utilização improvisada	Redução de riscos	ETA - Ambiente de operação das bombas	abr/23	Responsável pela manutenção	Planejamento e análise de utilidade	Remuneração dos colaboradores
Substituição dos itens com utilização improvisada por dispositivos adequados	Aumento de produtividade e redução de riscos	ETA - Ambiente de operação das bombas	jul/23	Líder do projeto piloto	Projetos mecânicos de dispositivos adequados	Remuneração dos colaboradores, ferramentas de trabalho e orçamento dos projetos

Fonte: Dos autores (2023).

A Tabela 2 apresenta a matriz GUT referente ao 5W2H do senso de utilização. Nela pode-se observar que o terceiro item, “Substituição dos itens com utilização improvisada por dispositivos adequados” possui a maior pontuação entre os três problemas destacados. Assim, ao corrigir os problemas deste senso, deverá começar por esse devido ao seu nível de relevância. A nota 3 em gravidade é associada ao fato de que este problema não é extremamente grave a ponto de parar o funcionamento do sistema, mas também não é sem gravidade nenhuma, pois ao corrigir este problema tem-se um aumento de produtividade e redução de riscos.

Tabela 2 – Matriz GUT - Seiri.

Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	Total (GxUxT)
2	3	1	6
2	3	1	6
3	3	1	9

Fonte: Dos autores (2023).

O segundo senso aplicado foi o Seiton, este é constituído pela melhor configuração em que o ambiente pode ter, facilitando a circulação de pessoas e equipamentos. O setor apresenta um bom espaço de circulação, porém não possui local de armazenamento correto de itens, sendo que alguns deles se encontram no chão, perto das bombas, como mostra a Figura 12. Dando

seguimento nos aspectos da auditoria, a Tabela 3 apresenta os resultados das atividades para este senso.

Tabela 3 – Organização (Seiton).

Nº	Atividades típicas	Localização	Constatação de auditoria
2.1	Tudo tem um nome e lugar claramente designados.	Setor de bombas	NOK
2.2	Recuperação de ferramentas, documentos e peças em 30 segundos.	Setor de bombas	NOK
2.3	Padrões de arquivamento e controle.	Setor de bombas	NOK
2.4	Zoneamento e marcas de posicionamento	Setor de bombas	NOK
2.5	Eliminar fechaduras	Setor de bombas	NOK
2.6	Arranjo “primeiro a entrar, primeiro a sair”.	Setor de bombas	N/A
2.7	Limpar quadros de avisos (remover também avisos obsoletos).	Setor de bombas	NOK
2.8	Avisos de fácil leitura (incluindo zoneamento).	Setor de bombas	NOK
2.9	Layout em linha reta e em ângulo reto	Setor de bombas	NOK
2.10	Posicionamento funcional para peças de materiais, ferramentas, etc.	Setor de bombas	NOK
			Nº de não realizações: 9/10

Fonte: Adaptado de Ho (1999).

Como pode ser visto na Tabela 3, há um tópico não aplicável referente a atividade “Primeiro a entrar, primeiro a sair”, conhecida também como FIFO (First in, First out), relacionada a entrada e saída de estoque no setor, mas para a estação este tópico não foi levado em consideração.

Para que o ambiente possa prover um espaço mais solícito, se faz necessário a adesão de um local para armazenamento para peças e ferramentas de fácil acesso para os colaboradores, como por exemplo um armário ou até mesmo um quadro de ferramentas, exemplificado na Figura 13.

Figura 12 – Peças ao redor da bomba.



Fonte: Dos autores (2023).

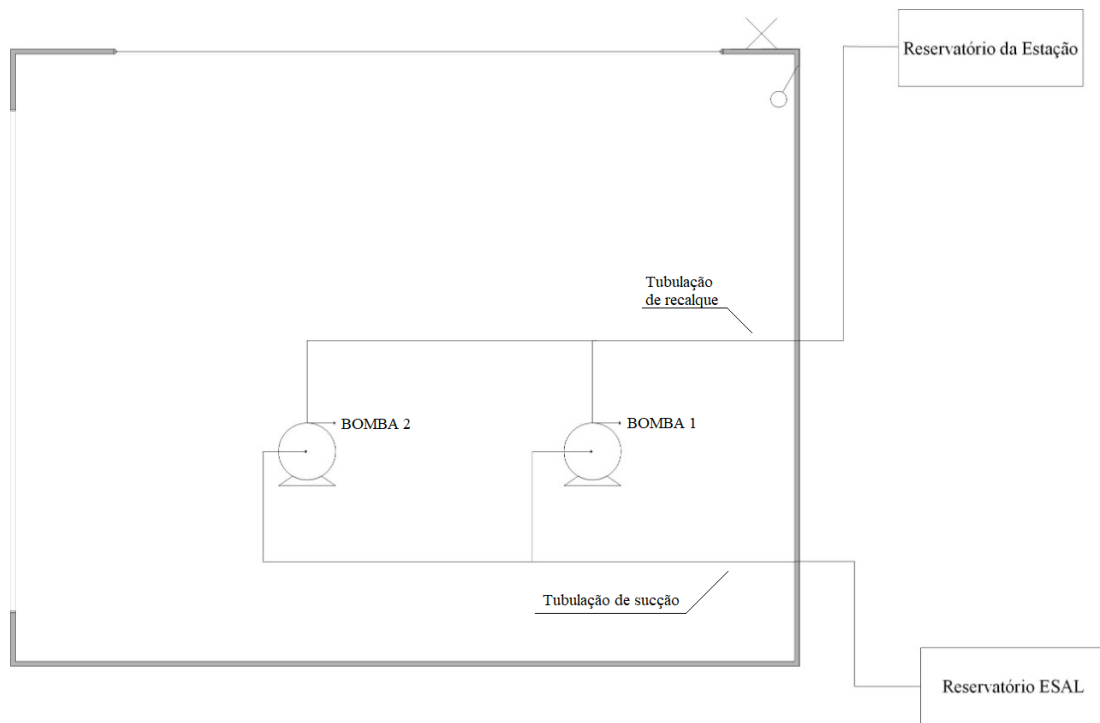
Figura 13 – Exemplo de painel de ferramentas.



Fonte: BR Ferramentas (2022).

A identificação dos itens presentes no local também é fundamental para a padronização e favorece o entendimento de instruções de serviço direcionadas ao sistema, vale ressaltar também a importância de um layout no setor, estas partes são propostas visto que as instruções não foram identificadas na auditoria pelos tópicos 2.4 e 2.9. Assim, foi desenvolvido um esquema de identificação prévia, observado na Figura 14.

Figura 14 – Esquema de identificação do sistema.



Fonte: Dos autores (2023).

Durante as visitas à estação, não houve identificação de quadros de avisos/ocorrências no setor. Quadros de avisos são essenciais para manter os colaboradores do departamento informados sobre eventos importantes, mudanças de rotina e outras informações relevantes. Além disso, o quadro permite o registro de ocorrências, o que ajuda a prevenir problemas futuros e aumenta a segurança do local.

Um ponto levantado sobre o setor é que no local ocorre utilização de trancas para impedir o acesso ao setor de acionamento de bombas. A importância de não trancar as portas do departamento se deve a questões de segurança e emergência. No caso de um incêndio ou outra emergência, trancar as portas pode dificultar o acesso dos responsáveis pelo resgate, como bombeiros, e prolongar o tempo de resposta a emergências.

Em suma, manter as portas do departamento destrancadas e ter quadros de avisos e eventos no local é fundamental para garantir a segurança de todos os envolvidos e manter a eficiência e organização do local.

Baseando-se no senso de organização, a Figura 15 representa os resultados da utilização do 5W2H para implementar um plano de ação para solucionar os principais problemas referentes ao Seiton.

Figura 15 – 5W2H - Seiton.

SEITON						
What	Why	Where	When	Who	How	How Much
Aquisição de painel de ferramentas para serviços gerais realizáveis pelos colaboradores do setor	Redução de tempo de solução de ocorrências simples	ETA - Ambiente administrativo	jun/23	Responsável pela compra de materiais	Requisição de compra do painel de ferramentas	≅ R\$400,00
Implementar a utilização adequada de itens avulsos	Aumento de produtividade, redução de riscos e padronização	ETA - Ambiente de operação das bombas	abr/23	Responsável pela manutenção	Instalação de partes de equipamentos faltantes	Remuneração dos colaboradores e ferramentas de trabalho
Identificação dos equipamentos	Eliminação de ações acidentais causadas por falta de informações	ETA - Ambiente de operação das bombas	mai/23	Líder do projeto piloto	Aplicação das etiquetas de identificação nos locais correspondentes	Remuneração de colaboradores e impressões A4 (≅ R\$1,00 por folha)

Fonte: Dos autores (2023).

A Tabela 4 exemplifica a matriz GUT para o 5W2H para o senso de organização. A ordem de prioridade ficou definida sendo de baixo para cima respectivamente, sendo o item de “Identificação geral de equipamentos” com a escala mais alta. Isso se dá ao fato de que, ao resolver ele, tem-se a eliminação dos acidentes causados por falta de informação. Ao eliminar as condições inseguras do local, obtém-se uma diminuição de riscos e acidentes de trabalho, otimização e padronização do setor.

Tabela 4 – Matriz GUT - Seiton.

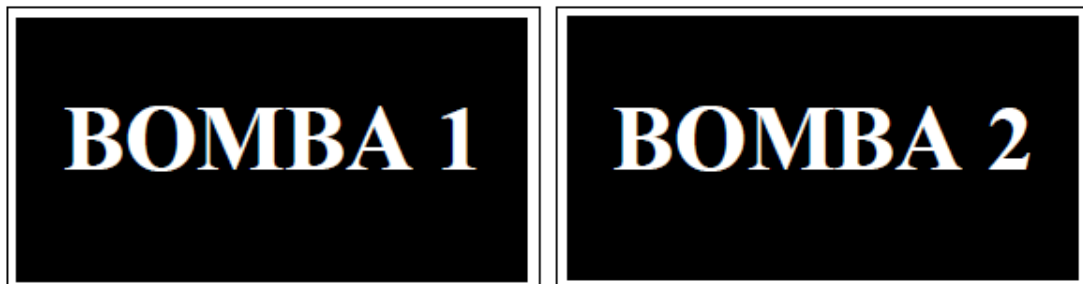
Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	Total (GxUxT)
2	2	1	4
2	3	1	6
3	3	1	9

Fonte: Dos autores (2023).

A partir da Figura 14 foi possível elaborar etiquetas de identificação para cada um dos itens listados no setor, incluindo os painéis elétricos que se encontram na parte superior e realizam o controle de ligação dos referidos sistemas. A proposta consiste em identificar adequadamente cada um dos itens e alertar quaisquer colaboradores ou visitantes sobre eventuais riscos, além de evitar utilização indevida dos dispositivos causada por falta de informações.

A Figura 16 mostra as etiquetas planejadas para cada uma das bombas, com recomendação de plastificação e/ou inserção em capa protetora para evitar desgaste com o tempo pelo fato de o sistema estar ao ar livre.

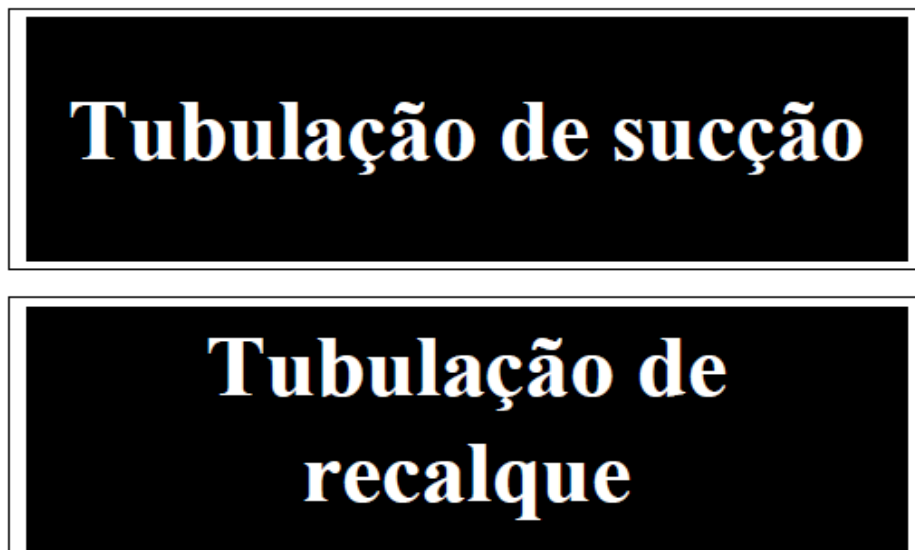
Figura 16 - Etiquetas de identificação das bombas centrífugas.



Fonte: Dos autores (2023).

A Figura 17 ilustra as etiquetas para as tubulações de sucção e recalque, que também é recomendado que sejam plastificadas e/ou inseridas em capa protetora a fim de evitar desgaste temporal. Estas etiquetas devem ser utilizadas ao menos duas vezes em cada tubulação, separadas em seções devidamente espaçadas para garantia da facilidade de identificação e para que ocorra de forma imediata por quaisquer observadores.

Figura 17 - Etiquetas de identificação das tubulações de sucção e recalque.



Fonte: Dos autores (2023).

A Figura 18 é utilizada de forma generalizada em tomadas, identificando a tensão referente de forma a evitar a ligação de equipamentos em especificações errôneas, causando danos internos ou até mesmo a necessidade de substituição dos dispositivos.

Figura 18 - Identificação de tensão de tomadas.



Fonte: Dos autores (2023).

A Figura 19 ilustra as etiquetas de identificação dos painéis elétricos de ligação de cada uma das bombas, eliminando riscos de ligação não intencionada por falta de informações de operação.

Figura 19 - Identificação de painéis elétricos.



Fonte: Dos autores (2023).

A Figura 20 retrata o risco de contato das mãos com as bombas em funcionamento, que conforme a Figura 12, se encontram sem chapa de proteção instalada, aumentando o risco de dano ou perda de membros pelo eixo em alta rotação.

Figura 20 - Identificação de risco por equipamento em alta rotação.



Fonte: Dos autores (2023).

O Apêndice B fornece o diretório para o arquivo comum das etiquetas, tornando-as replicáveis para quaisquer quantidades necessárias contendo também etiquetas de identificação de tanques reservatórios, presentes em outros setores relacionados à ETA.

Com o desenvolvimento deste senso, todos os elementos, dispositivos e equipamentos no ambiente podem ser devidamente identificados, evitando riscos de ações acidentais causadas por falta de informação, promovendo maior segurança e aprimorando o ambiente para uma configuração mais eficiente quando utilizado.

O senso aplicado de limpeza (Seiso) é representado pela limpeza e pelo cuidado com o ambiente de trabalho. O local não é um ambiente fechado, é repleto de folhas, poeira, e de fácil acesso por animais. O local ainda apresenta falta de iluminação dentro da área onde a bomba fica situada, tornando difícil o acesso ao setor durante a noite. Na Figura 21, à direita, é possível identificar o local onde ficam situados as tubulações do sistema de bombeamento, já à esquerda, interruptores inutilizados no setor. A seguir, é apresentado na Tabela 5 a auditoria realizada para este senso.

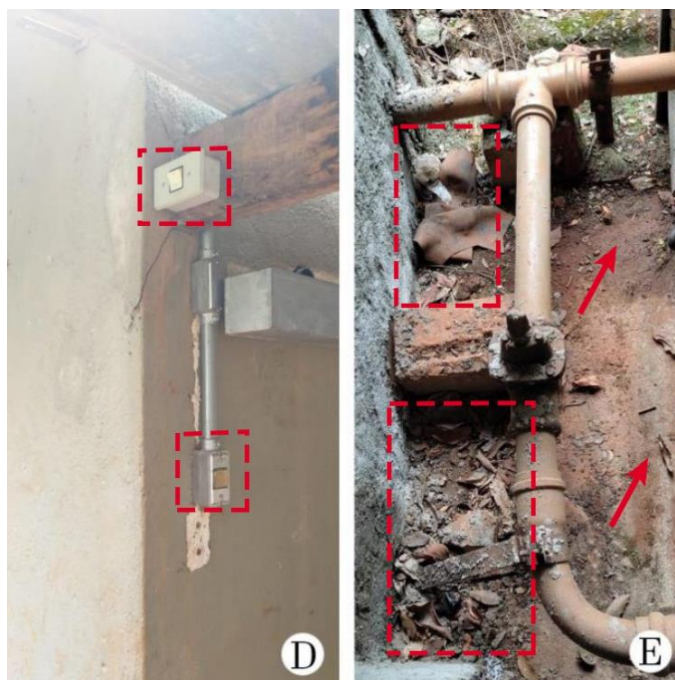
Tabela 5 – Limpeza (Seiso).

Nº	Atividades típicas	Localização	Constatação de auditoria
3.1	Responsabilidade de limpeza individual atribuída	Setor de bombas	NOK
3.2	Facilitar a limpeza e a inspeção	Setor de bombas	NOK
3.3	Campanhas regulares de limpeza.	Setor de bombas	NOK
3.4	Inspeções de limpeza e correção de pequenos problemas	Setor de bombas	NOK
3.5	Limpeza até mesmo nos lugares aonde não se percebe a sujeira.	Setor de bombas	NOK

Nº de não realizações: 5/5

Fonte: Adaptado de Ho (1999).

Figura 21 - (D) Interruptores inutilizados, (E) Sujeira acumulada na base.



Fonte: Dos autores (2021).

Um ambiente isolado neste setor, fará com que corpos advindos da área externa não entrem em contato com os sistemas de bombeamento, tais como: água (chuva), poeira, folhas e

animais. Desta forma um ambiente fechado, limpo e organizado deixa o trabalhador mais à vontade e seguro com suas obrigações, tornando o local mais produtivo.

Outro ponto importante a ser observado é que a entrada do local analisado possui uma rampa de acesso coberta de lodo, como mostra a Figura 22, o que pode acarretar acidentes de trabalho.

Figura 22 - Rampa com lodo.



Fonte: Dos autores (2021).

A área em que a bomba está fixada não possui um escoamento adequado para a água advinda do processo de gotejamento da bomba, este sendo uma forma de lubrificar e aumentar a vida útil, porém, deve-se ser analisado frequentemente, pois caso ocorra um aumento, poderá ser indicativo de que o sistema está apresentando folga e se faz necessário uma vistoria programada. Este acúmulo de água, como mostrado na Figura 23, tem como consequência o desenvolvimento de mau cheiro e contribui para a proliferação de insetos e até mesmo animais peçonhentos devido a localização da estação no meio da mata.

A solução proposta para esse tipo de situação, seria de elevar a plataforma da bomba com uma base de cimento, com uma canaleta instalada no contato da base com o solo. Esta canaleta seria responsável por escoar toda a água que estaria acumulada ao redor das bombas.

Figura 23 - Sistema apresentando acúmulo de água na base.



Fonte: Dos autores (2021).

Baseando-se no senso de limpeza, a Figura 24 representa os resultados da utilização do 5W2H para implementar um plano de ação para solucionar os principais problemas referentes ao Seiso.

Figura 24 - 5W2H - Seiso.

SEISO						
What	Why	Where	When	Who	How	How Much
Limpeza local	Redução de riscos e aumento da produtividade	ETA - Ambiente de operação das bombas	abr/23	Responsável pela limpeza	Limpeza geral, retirada de folhas e sujeiras acumuladas	Remuneração dos colaboradores
Retirada do lodo da rampa de acesso	Redução de riscos	ETA - Ambiente de operação das bombas	abr/23	Responsável pela manutenção	Remoção de lodo de forma adequada	Remuneração dos colaboradores e ferramentas de trabalho
Criar escoamento adequado para gotejamento das bombas	Eliminação de acúmulo de água, erosão estrutural e redução de riscos	ETA - Ambiente de operação das bombas	jul/23	Líder do projeto piloto	Projeto mecânico de escoamento do gotejamento das bombas	Remuneração dos colaboradores, ferramentas de trabalho e orçamento do projeto
Projeto de reconstrução	Ambiente atualmente aberto, suscetível a acidentes com animais e partículas externas, circulação de pessoas não definida	ETA - Ambiente de operação das bombas	ago/23	Líder do projeto piloto	Projeto de estrutura de engenharia civil, reestruturando o funcionamento do ambiente, protegendo adequadamente e facilitando a operação	Remuneração dos colaboradores, ferramentas de trabalho e orçamento do projeto

Fonte: Dos autores (2023).

A Tabela 6 exemplifica a matriz GUT para o 5W2H para o senso de limpeza. A ordem de prioridade de resolução dos problemas listados ficou de baixo para cima, respectivamente. A pontuação de 48 ao item “Projeto de reconstrução” é devido ao risco que o ambiente aberto traz

para o sistema, fazendo com que todos os equipamentos que compõem o conjunto sejam suscetíveis a condições adversas do tempo. Por exemplo, se alguma partícula da mata em volta da ETA é levada através do vento e cai em uma parte da aberta da carenagem da bomba, pode afetar diretamente o funcionamento da mesma.

O terceiro item está diretamente relacionado com as peças da bomba. Este equipamento possui um sistema de resfriamento por gotejamento, ou seja, é natural que aconteça isso, porém o local deve ser preparado para a situação. Atualmente, a água fica empoçada nos limites da máquina e causa buracos em sua base, podendo afetar a sua estrutura ou deixar o local inseguro e propício a quedas.

Tabela 6 – Matriz GUT – Seiso.

Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	Total (GxUxT)
2	2	3	12
3	3	3	27
4	3	3	36
4	3	4	48

Fonte: Dos autores (2023).

O senso de padronização (Seiketsu), é obtido quando todos os outros sentidos anteriores estão sendo executados e aperfeiçoados com a prática. A próxima etapa deste senso é a criação de regras que ajudem a manter a organização e o bem estar dos funcionários, além da determinação das operações padrão de forma otimizada, mantendo sua reprodução com um mesmo nível de desempenho sempre que executada. A Tabela 7, apresenta os resultados da auditoria realizada para este aspecto.

Tabela 7 – Padronização (Seiketsu).

Nº	Atividades típicas	Localização	Constatação de auditoria
4.1	Transparência (Divisórias de vidro para ver através).	Setor de bombas	NOK
4.2	Inspeção de checkagem com etiquetas.	Setor de bombas	NOK
4.3	Zonas de perigo marcadas em medidores e interruptores	Setor de bombas	NOK

4.4	Marcações e sinalizações de “Perigo”.	Setor de bombas	NOK
4.5	Extintores e sinalizações de “Saída de emergência”.	Setor de bombas	NOK
4.6	Marcação direcional em tubulações, passarelas, etc.	Setor de bombas	NOK
4.7	Etiquetas direcionais de abrir e fechar em interruptores.	Setor de bombas	NOK
4.8	Tubos codificados por cores	Setor de bombas	NOK
4.9	Práticas à prova de falhas.	Setor de bombas	OK
4.10	Rótulos de responsabilidade	Setor de bombas	NOK
4.11	Gerenciamento de fio elétrico/telefone.	Setor de bombas	OK
4.12	Codificação de cores (papel, arquivos, etc).	Setor de bombas	NOK
4.13	Prevenir ruído e vibração.	Setor de bombas	NOK
4.14	Etiquetas e placas de identificação de departamento/escritório	Setor de bombas	NOK
4.15	Ambiente aberto semelhante a um parque. (jardim escritório/fábrica)	Setor de bombas	OK

Nº de não realizações: **12/15**

Fonte: Adaptado de Ho (1999).

A Tabela 7 apresenta tópicos que foram discutidos como propostas para melhoria da organização no local, como a etiquetagem e identificação dos componentes do sistema, como é o caso dos itens: “marcação direcional em tubulações”, “codificação de cores” e “etiquetas e placas de identificação”. Essas etiquetas podem ser de identificação dos equipamentos, das tubulações e das áreas (área das bombas e área do painel de controle elétrico).

O painel de controle elétrico fica localizado em uma sala perto do local das bombas, onde não há extintor de incêndio ou recursos de prevenção. Práticas à prova de falhas se

apresentam na simplicidade de operação dos painéis, existindo somente um botão específico para cada atividade, evitando falhas humanas.

Por fim, com a falta de registros e ocorrências, não há um histórico das atividades realizadas no ambiente, nem dos responsáveis, dificultando análises baseadas no histórico de operação do sistema.

Baseando-se no senso de limpeza, a Figura 25 representa os resultados da utilização do 5W2H para implementar um plano de ação visando o Seiketsu.

Figura 25 - 5W2H - Seiketsu.

SEIKETSU						
What	Why	Where	When	Who	How	How Much
Criação de registro de ocorrências	Aumento da produtividade e fomentar análises posteriores	ETA - Ambiente administrativo	mai/23	Responsável pela administração da ETA	Utilização da planilha de registro de ocorrências	R\$ 0,00
Criação de indicadores para acompanhamento dos parâmetros de funcionamento	Análises do cenário de funcionamento e identificação de potenciais riscos	ETA - Ambiente administrativo	ago/23	Líder do projeto piloto	Projeto de implementação de sensores para monitoramento das bombas (rotação, tempo de produção, vazão)	Remuneração dos colaboradores, ferramentas de trabalho e orçamento do projeto
Criação de métodos padrão de operações	Facilitar a execução de tarefas por diversos colaboradores e padronização	ETA - Ambiente administrativo	mai/23	Responsável pela administração da ETA	Criar documentos de instrução de cada tarefa, em conjunto com o colaborador responsável	Remuneração dos colaboradores
Criação de planejamento de intervalos de manutenção	Padronização e redução de riscos	ETA - Ambiente administrativo	mai/23	Responsável pela administração da ETA	Criar planejamento em conjunto com o colaborador responsável	Remuneração dos colaboradores

Fonte: Dos autores (2023).

A Tabela 8 exemplifica a matriz GUT para o 5W2H para o senso de padronização. A matriz ficou com a pontuação mais balanceada pois este senso está diretamente relacionado com a parte de organização da manutenção, criação das rotas de preventivas e toda a documentação de registro do local. Atualmente a ETA não possui uma forma eficiente de coleta e armazenamento de dados referentes às ocorrências de qualquer tipo no setor.

Ao desenvolver um padrão a ser seguido, os equipamentos irão aumentar sua vida útil devido às manutenções periódicas, reduzindo o risco de paradas acidentais; o setor ficará mais organizado com os colaboradores tendo acesso às informações dos processos; e irá otimizar todo o funcionamento com base nos dados coletados e nos indicadores estabelecidos.

Tabela 8 – Matriz GUT - Seiketsu

Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	Total (GxUxT)
4	3	3	36
3	3	3	27
4	3	3	36
4	3	4	48

Fonte: Dos autores (2023).

O último senso é o de disciplina (Shitsuke), que é alcançado quando todos fazem sua parte e os outros quatro sentidos são realizados naturalmente, tornando-se um hábito. A Tabela 9 apresenta os resultados da auditoria realizada para este senso.

Tabela 9 – Disciplina (Shitsuke).

Nº	Atividades típicas	Localização	Constatação de auditoria
5.1	Limpeza conjunta.	Setor de bombas	NOK
5.2	Faça exercício físico diário todos juntos.	Setor de bombas	N/A
5.3	Praticar a coleta de componentes (lixo).	Setor de bombas	NOK
5.4	Utilizar equipamentos de proteção (capacete, sapatos, luvas, etc.).	Setor de bombas	NOK
5.5	Gestão 5S do espaço público.	Setor de bombas	N/A
5.6	Prática para lidar com emergências.	Setor de bombas	NOK
5.7	Executar a responsabilidade individual	Setor de bombas	NOK
5.8	Prática de excelência comunicativa.	Setor de bombas	NOK
5.9	Projetar e seguir o manual 5S	Setor de bombas	N/A

5.10 Ver para crer (Verificar o ambiente 5S)

Setor de
bombas

N/A

Nº de não realizações: 6/10

Fonte: Adaptado de Ho (1999).

Para a Tabela 9, há alguns itens que estão pontuados como "N/A" e estão relacionados com a ferramenta 5S já implementada. Eles não estão sendo levados em consideração, pois como explicado anteriormente, a planilha de auditoria foi utilizada como um indicador situacional para conduzir uma melhor análise do setor, ou seja, como ainda não possui o 5S implementado, é impossível realizar uma análise sobre estes tópicos específicos. O que se espera é que após a aplicação desta ferramenta, uma nova auditoria seja feita e essas questões sejam reavaliadas.

Baseando-se no senso de disciplina, a Figura 26 representa os resultados da utilização do 5W2H para implementar um plano de ação visando o Shitsuke.

Figura 26 - 5W2H - Shitsuke.

SHITSUKE						
What	Why	Where	When	Who	How	How Much
Capacitação dos colaboradores	Manter a padronização e e fomentar a mudança de cultura visando a TPM	ETA - Ambiente administrativo	abr/23	Líder do projeto piloto	Workshops, palestras, incentivo e facilidade de acesso à informação	R\$ 0,00
Melhorias contínuas	Fomentar a cultura da TPM	ETA - Ambiente administrativo	abr/23	Responsável pela administração da ETA	Entrevistas com os colaboradores para identificar pontos de melhoria, formulário de sugestões, cultura Kaizen	Remuneração dos colaboradores
Manter a cultura da TPM	Prosseguimento de aplicação dos quatro outros sentidos	ETA - Ambiente administrativo	dez/23	Responsável pela administração da ETA	Auditorias de 5S e acompanhamento do plano de ação	Remuneração dos colaboradores

Fonte: Dos autores (2023).

A Tabela 10 exemplifica a matriz GUT para o 5W2H para o senso de disciplina. Uma vez que os colaboradores estão capacitados e se sentem seguros em executar qualquer serviço dentro do setor, manter as melhorias contínuas e a cultura da TPM será mais fácil.

Tabela 10 – Matriz GUT - Seiketsu

Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	Total (GxUxT)
3	4	3	36
3	3	3	27
3	3	3	27

Fonte: Dos autores (2023).

A nota final da auditoria foi de 41/50 de acordo com todos os aspectos propostos por Ho (1999) em seu artigo. Com isso, o resultado obtido na avaliação geral excede a faixa de “Péssimo”, que está prevista para qualquer valor acima de 20 pontos marcados nas tabelas em seu montante, como indica a Tabela 11. À medida em que a ferramenta for inserida no setor, a nota final irá alterar, o que indicaria uma adequação às exigências e práticas do 5S, melhorando a pontuação. Com a implementação do plano, têm-se informações fundamentais para a averiguação do Apêndice D, o qual irá fornecer resultados dos setores após as mudanças propostas e direcionar à origem da persistência dos problemas.

Tabela 11 – Pontuação da auditoria.

Nº total de não realizações	Avaliação
0 - 5	Excelente
6 - 10	Boa
11 - 15	Mediana
16 - 20	Ruim
> 20	Péssima

Fonte: Adaptado de Ho (1999).

Uma capacitação importante para os colaboradores do setor pode estar relacionada com as falhas e defeitos nas bombas durante a sua utilização. Segundo o Manual da fabricante EH BOMBAS HIDRÁULICAS, os possíveis problemas que a bomba pode aparentar caso a preventiva não seja feita de acordo com as rotas e inspeção definidas estão divididas em vibrações excessivas; gaxeta com vida curta; vazamento excessivo na caixa de gaxetas; vida curta do selo mecânico; selo mecânico com vazamento excessivo; vida curta dos rolamentos e superaquecimento da bomba.

Ao analisar os dados disponíveis do Anexo B, é possível que alguns problemas comuns possam se desenvolver devido a situações que correm no setor atualmente, tais como:

- Vibração excessiva: excesso de graxa nos rolamentos, poeira ou sujeira nos rolamentos; rolamentos enferrujados devido à entrada de água na caixa dos mancais;
- Gaxetas com vida curta: refrigeração e lubrificação insuficientes, que pode ser ocasionado por erros de operação;
- Vazamento excessivo na caixa de gaxetas: seleção incorreta do tipo de gaxetas, falha do sistema de resfriamento ou lubrificação, gaxeta já no final de sua vida, devendo ser substituída;
- Vida curta do selo mecânico: falha da refrigeração ou lubrificação;
- O selo mecânico vaza excessivamente: vazamento por baixo da bucha por falha da vedação, houve falha de refrigeração ou lubrificação, o selo chegou ao final de sua vida útil;
- Vida curta dos rolamentos: falta de lubrificação; excesso de graxas dos rolamentos; tipo de graxa ou óleo fora do especificado pelo fabricante; avarias ocorridas durante a montagem dos rolamentos, líquidos com densidade diferente do especificado, operação com rotações acima das especificadas;
- Superaquecimento da bomba: falta de lubrificação, rolamentos desgastados por tempo de uso.

Vale salientar que não estamos considerando problemas relacionados com as partes de montagem e regulagem dos equipamentos, pois este tipo de serviço é realizado por terceiros com certificação para manutenção em bombas centrífugas escolhidos pela universidade.

Tendo em conta que a KSB é fabricante das bombas utilizadas no setor, alguns pontos de informações e benefícios providos por esta precisam ser levantados. A KSB oferece kits completos de peças sobressalentes, o que seria primordial para a atual situação do setor pois não há nenhuma peça em estoque. Os kits contêm: vedações, rolamentos e rotores no qual todas as peças de desgaste importantes são fornecidas em conjunto. Sobre uso de peças sobressalentes, a KSB também oferece um gerenciamento do estoque de peças de reposição, desta forma, recomendações podem ser feitas a partir do fornecedor para que não ocorra excesso ou falta de peças de reposição, o que pode ser ligado diretamente a uma redução nos custos de armazenamento.

Durante a construção do plano de ação, algumas limitações nos foram apresentadas, estas, referentes a impossibilidade de testes práticos nas bombas localizadas na segunda estação,

pois paralisar o equipamento ocasionaria em um interrompimento do abastecimento de água, desta forma, os testes de levantamento de curvas para identificar a eficiência da bomba e realizar um comparativo em relação ao fabricante precisaram ser descontinuadas para o desenvolvimento do projeto.

Atualmente as bombas passam por uma lubrificação dos rolamentos trimestralmente, este é considerado pelos funcionários um serviço de rotina, ou seja, são realizados mediante a GLPI, há também um plano de manutenção preventiva escalada para serem realizadas quadrienalmente, porém, por se tratar de uma operação não rotineira, nunca foi realizada.

As duas bombas foram projetadas para trabalhar paralelamente, sendo assim, podendo ser de forma alternada ou simultânea durante a jornada, mas alguns fatores são relevantes a serem considerados nesta etapa em relação às limitações do local, o sistema elétrico instalado que comanda as bombas não possui um comando para que ambas possam trabalhar de forma simultânea. Com o retorno da segunda bomba que estava em manutenção, um plano de alternância deverá ser aplicado de forma inteligente para que seja possível reduzir as chances de parada por excesso de horas trabalhadas de um mesmo equipamento, visto que a primeira bomba trabalhou sozinha nos últimos 10 anos como já apresentado anteriormente.

Idealmente, a alternância deve ocorrer quando o rendimento da bomba principal (ou em operação) apresentar insuficiência ou queda significativa, indicando a necessidade de manutenção e início da operação da bomba reserva para suprir a necessidade do abastecimento. No entanto, para o monitoramento do rendimento da bomba em operação, é necessário um estágio mais avançado da implementação da TPM, envolvendo monitoramento de variáveis de processo, sendo um horizonte a ser alcançado em um futuro fora do escopo deste trabalho. Uma sugestão razoável é a alternância de operação conforme a aplicação da manutenção mais frequente, conservando de maneira preventiva.

Devido à ausência de um plano de manutenção definido para a estação de tratamento de água, foi desenvolvida uma planilha que serve de base para aplicação imediata, criando um controle inicial organizado e favorecendo, a partir da periodicidade de inspeções, uma otimização dos procedimentos de manutenção adotados. A Figura 27 ilustra a prévia, que deve ser alterada conforme necessidades específicas e procedimentos operacionais internos, como agendas de colaboradores e funções delegadas. Destaca-se que a interface completa pode ser encontrada no Apêndice A.

Figura 27 – Inspeções diárias do planejamento de manutenção.




Sistemas e Equipamentos		Atividade	1	2	3	4
Instalações Elétricas	Iluminação	Verificar funcionamento e condições	x	x	x	x
	Disjuntores	Verificar funcionamento e condições	x	x	x	x
Instalações Hidráulicas	Bomba 1	Verificar funcionamento e condições	x	x	x	x
	Bomba 2	Verificar funcionamento e condições	x	x	x	x
	Reservatórios	Verificar funcionamento e condições	x	x	x	x
	Tubulação	Verificar funcionamento e condições	x	x	x	x

Fonte: Adaptado de Produttivo (2021).

Além da ausência de um plano de manutenção definido, também foi observada a necessidade de um registro de ocorrências, indispensável para o entendimento do histórico das falhas mais comuns e da identificação das causas das mesmas, facilitando implementações futuras de novos procedimentos de manutenção, servindo de base para definição de sua necessidade e organização geral. Como solução prévia, foi criada uma planilha de registro de ocorrências, que deve ser preenchida conforme falhas inesperadas se apresentam e são aplicadas manutenções corretivas. A Figura 28 ilustra parte da planilha de registro de ocorrências, sua interface completa se encontra no Apêndice A:

Figura 28 - Planilha de registro de ocorrências.



Data	Afetado	Descrição	Ação necessária
01/01/2022	Bomba 1	Gotejamento excessivo	Troca da gaxeta
02/02/2022	Bomba 2	Ruído excessivo	Lubrificação geral
03/03/2022	Disjuntor elétrico Bomba 1	Desarmado funcionamento por razão desconhecida	Substituição
04/04/2022	Lâmpada	Parou de funcionar	Substituição
05/05/2022	Tomada	Parou de funcionar	Substituição
06/06/2022	Tubulação de sucção	Aspecto poluído	Limpeza
07/07/2022	Disjuntor elétrico Bomba 2	Desarmado funcionamento por razão desconhecida	Substituição

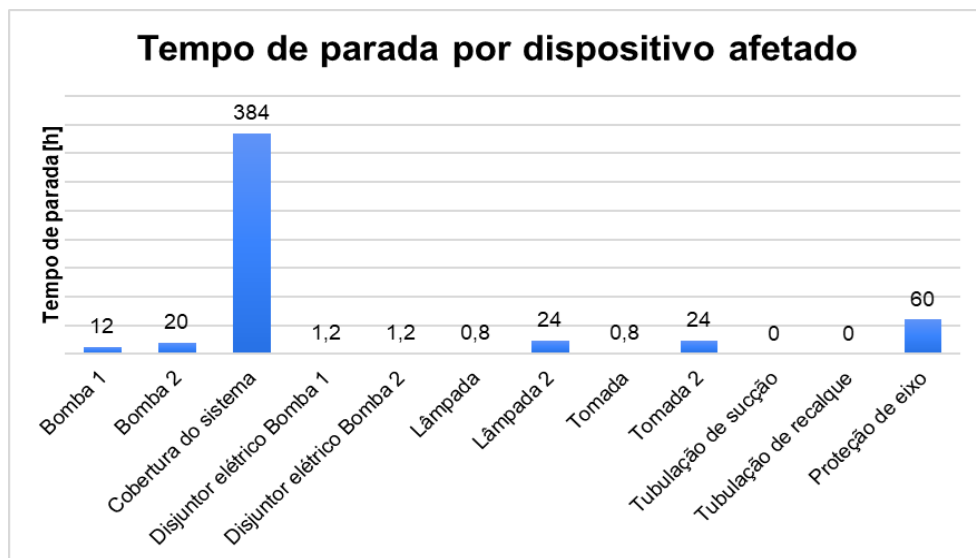
Fonte: Dos autores (2023).

Para manter a confiabilidade do sistema analisado deve-se ter o acompanhamento rigoroso das inspeções periódicas e das rotinas de manutenção preventiva. Assim, é possível estimar quando os equipamentos irão funcionar dentro da sua normalidade, com relação a vida

útil de seus componentes. Para quantificar de forma inicial a confiabilidade, foram construídos indicadores visuais dentro da planilha de registro de ocorrências (que são atualizados conforme preenchimento), visto que não há nenhum registro datado de ocorrências passadas. O intuito é que conforme as ocorrências sejam lançadas na planilha uma média se estabeleça e, caso entre em uma tendência de baixa, este fator será um indicativo de complicações no equipamento, podendo falhar a qualquer momento. Essa medida está sendo tomada devido a não disponibilidade de levantamento de curvas práticas do equipamento, ou seja, a comparação entre as especificações teóricas e reais não será possível por enquanto.

A Figura 29 fornece o indicador de soma do tempo de parada por dispositivo afetado com ocorrências fictícias a fim de trazer uma comparação mais visível do que foi dito anteriormente ou uma perspectiva do esperado no setor.

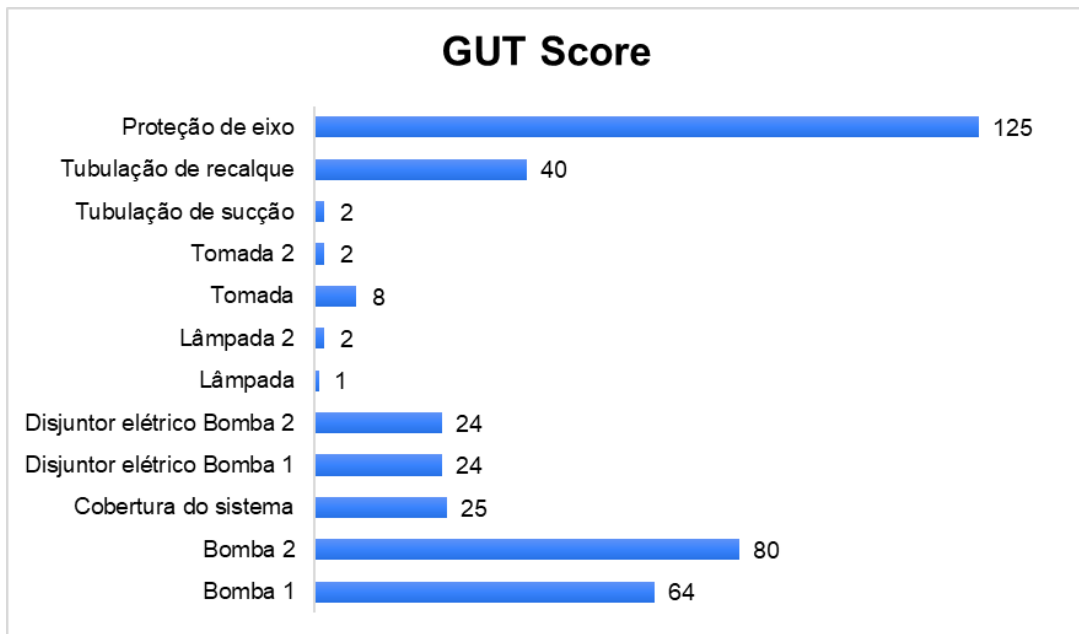
Figura 29 - Tempo de parada por dispositivo afetado.



Fonte: Dos autores (2023).

A Figura 30 fornece o indicador de média de GUT Score por dispositivo afetado com ocorrências fictícias, permitindo identificar os problemas prioritários a fim de trazer uma comparação mais visível do que foi dito anteriormente ou uma perspectiva do esperado no setor.

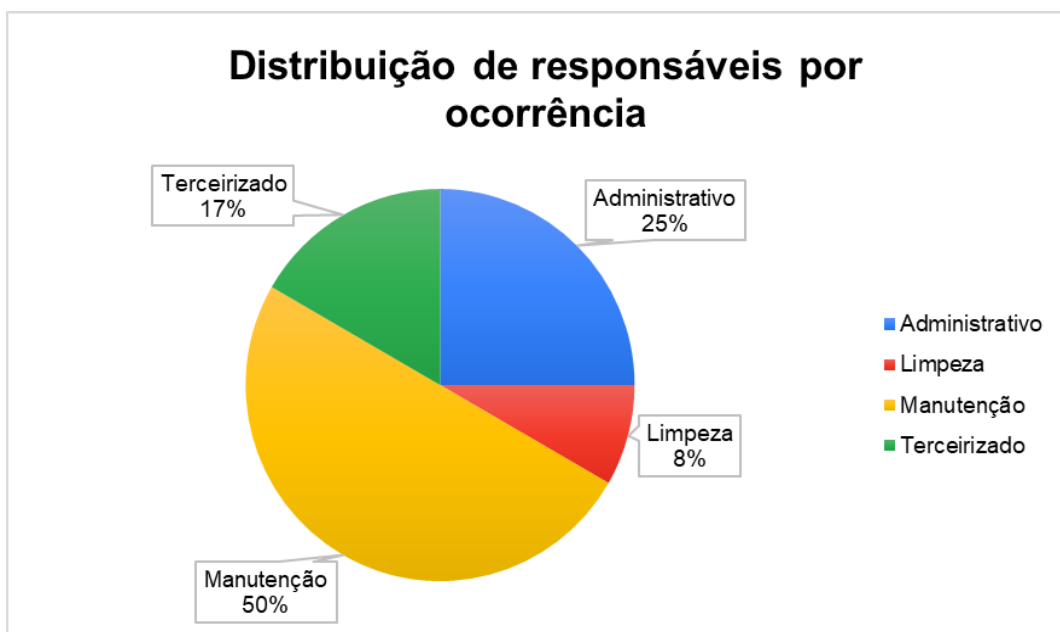
Figura 30 - GUT Score por dispositivo afetado.



Fonte: Dos autores (2023).

A Figura 31 fornece o indicador de distribuição de responsáveis por ocorrências fictícias, a fim de trazer uma comparação mais visível do que foi dito anteriormente ou uma perspectiva do esperado no setor.

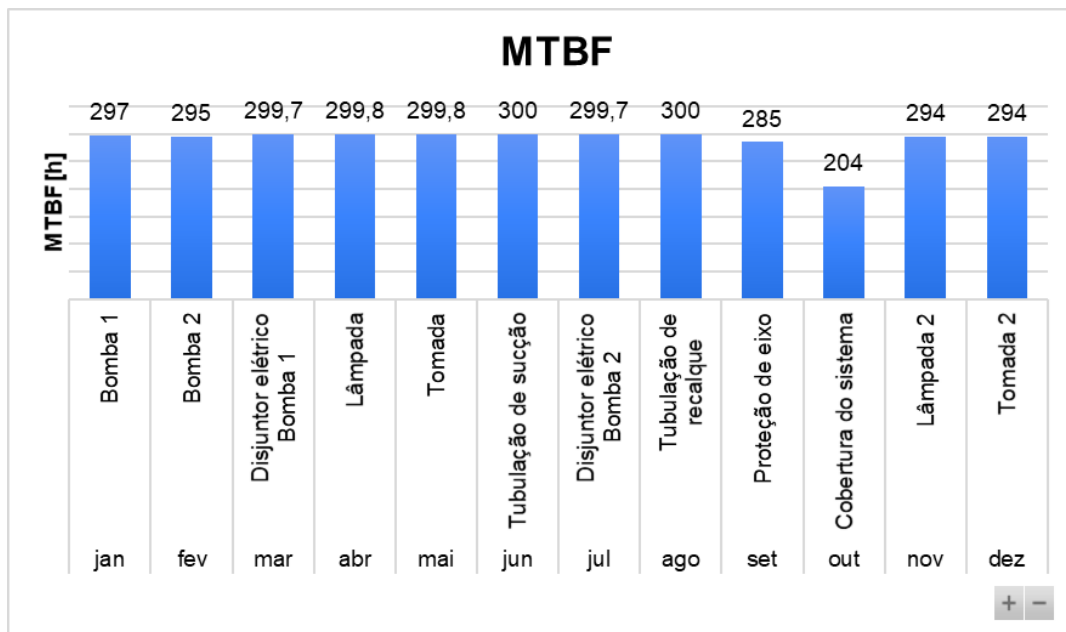
Figura 31 - Distribuição de responsáveis por ocorrência.



Fonte: Dos autores (2023).

A Figura 32 fornece o indicador de tempo médio entre falhas por dispositivo, utilizando ocorrências fictícias a fim de trazer uma comparação mais visível do que foi dito anteriormente ou uma perspectiva do esperado no setor.

Figura 32 - Tempo médio entre falhas (MTBF).

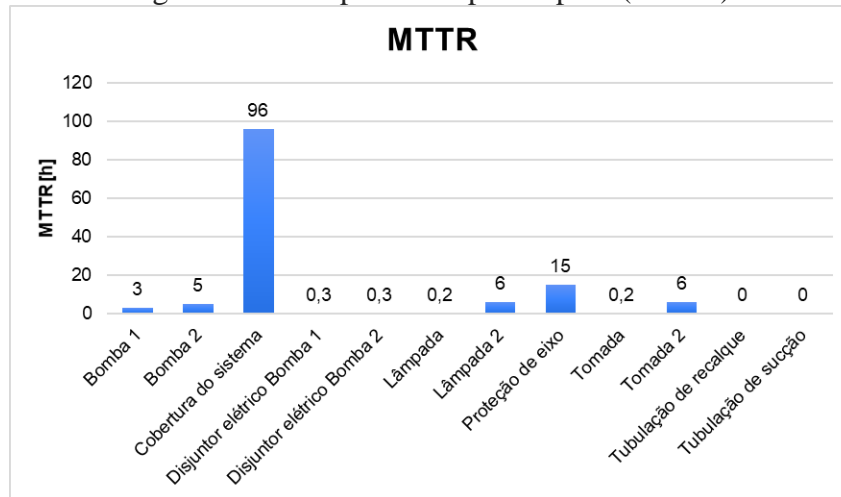


Fonte: Dos autores (2023).

A Figura 32 mostra o tempo médio entre falhas para cada equipamento ou dispositivo dentro do registro, para cada um dos meses. Assim, é possível observar e planejar intervalos de manutenção baseando-se nos valores de MTBF. Por exemplo, uma lâmpada com MTBF de 300 horas significa que, a partir do histórico, espera-se que ela falhe aproximadamente após essa quantidade de horas de trabalho, devendo ser realizada a manutenção antes que este valor seja atingido.

A Figura 33 fornece o indicador de tempo médio para reparo, utilizando ocorrências simuladas a fim de trazer uma comparação mais visível do que foi dito anteriormente ou uma perspectiva do esperado no setor.

Figura 33 – Tempo médio para reparo (MTTR).

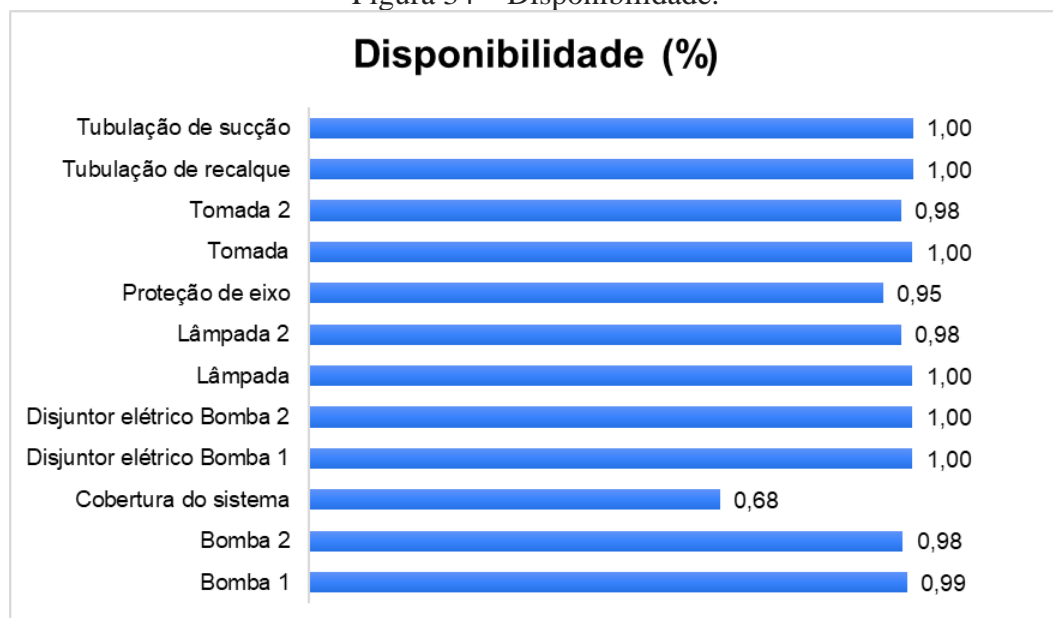


Fonte: Dos autores (2023).

A Figura 33 mostra o tempo médio para reparo de cada equipamento ou dispositivo dentro do registro. Assim, é possível observar e estimar a duração de intervalos de manutenção baseando-se nos valores de MTTR. Por exemplo, uma lâmpada com MTTR de 0,2 horas significa que, a partir do histórico, espera-se que sejam necessários 12 minutos para a manutenção nesse equipamento e, após esta, pode-se retornar à operação.

A Figura 34 fornece o indicador de tempo médio para reparo, utilizando ocorrências simuladas a fim de trazer uma comparação mais visível do que foi dito anteriormente ou uma perspectiva do esperado no setor.

Figura 34 – Disponibilidade.



Fonte: Dos autores (2023).

A Figura 34 mostra a disponibilidade de cada equipamento ou dispositivo dentro do registro. Assim, é possível observar e estimar a probabilidade de um equipamento estar disponível baseando-se no valor associado. Por exemplo, uma proteção de eixo com disponibilidade de 0,95 significa que, a partir do histórico, espera-se que este equipamento esteja disponível para operação 95% do tempo de trabalho estimado.

Com a construção de ambas as planilhas, espera-se uma otimização do processo de controle de manutenção e registros das operações e ocorrências no ambiente de trabalho das bombas, favorecendo a organização adequada para o processo que atualmente se baseia em conhecimento prático adquirido pelos colaboradores ao longo do seu tempo de trabalho, caracterizado por ações exclusivamente corretivas.

Por fim, foi construída uma terceira planilha comum a ser utilizada como fonte de sugestões para o setor da ETA, tanto para melhorias administrativas quanto técnicas, também disponibilizada no link dos Apêndices A e B. A Figura 35 ilustra uma prévia visual:

Figura 33 - Planilha de sugestões.

Data	Sugestão	Autor/Departamento (opcional)	Foi implementado?	Data da implementação

Fonte: Dos autores (2023).

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise de como está a atual situação do sistema de abastecimento de água da UFLA e identificar soluções contentivas a serem implantadas para que esta possa trabalhar de maneira ininterrupta. Além disso, também permitiu uma pesquisa de qualidade no setor de bombeamento, parte fundamental da estação, e um conhecimento da rotina dos trabalhadores locais com seus devidos procedimentos perante cada ocorrência apresentada dia-a-dia.

Após a realização de cinco vistorias de campo no setor de bombeamento, com auxílio das ferramentas de qualidade, verificou-se as partes mais complexas do sistema que poderiam estar ocasionando problemas e interrupções inesperadas, mas a limitação de acesso a bomba para sua completa análise, ocasionou em uma mudança impactante em relação a primeira ideia de projeto, que seria identificar o estado de operação das bombas através de um levantamento de curvas. Mesmo com este impedimento, uma planilha foi apresentada com o propósito de tornar a comunicação dos gestores mais transparente, na tentativa de manter um calendário de manutenção preventiva ativo e compartilhado com os setores terceirizados da UFLA, mas com este procedimento realizado não se retira a importância da realização dos estudos dos equipamentos de forma isolada (fora de operação).

Os planos apresentados na proposta de implementação conseguiram mostrar a situação que o local apresentava e as devidas soluções, visto que grande parte das propostas foram voltados para limpeza, identificação de local e organização. Conclui-se que as ocorrências e as informações não eram comunicadas de forma eficiente entre os colaboradores, espera-se que as planilhas possam mitigar tais tipos de situações que ainda são presentes na estação.

Dada a importância do assunto, torna-se necessário a continuação do desenvolvimento deste trabalho, primeiramente devido a um grande espaço de tempo para o mapeamento da frequência das ocorrências no setor. Segundamente, para o fechamento da proposta inicial, se faz necessário um reestudo após as aplicações das propostas realizadas neste trabalho, tornando palpáveis as boas práticas introduzidas, mas para isso, dependerá de uma equipe formada de docentes, discentes, técnicos e diretores capazes de destinar recursos à ETA.

6 TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, vê-se a necessidade de mapeamento do processo e reaplicação da auditoria para conferir o resultado das mudanças propostas pela aplicação das ferramentas de qualidade, e conferir se está sendo realizada corretamente a utilização das planilhas de inspeções diárias do planejamento de manutenção (Figura 27) e da planilha de registro de ocorrências (Figura 28).

Com o acompanhamento definido, é possível o encaminhamento para a etapa de mudança cultural, com o desenvolvimento de um treinamento para todos os colaboradores da ETA para adequação e entendimento da motivação e implementação da filosofia da TPM.

Ao garantir a efetividade da aplicação do primeiro pilar da TPM no setor de bombas da ETA, o próximo passo é o desenvolvimento e estruturação da manutenção preventiva com a definição de peças e ferramentas sobressalentes, desenhos hidráulicos, para garantir o máximo entendimento do processo pelo colaborador, e deste modo, pode-se chegar em um sistema livre de potenciais perdas.

Como motivação final do projeto, a aplicação total da TPM no setor de bombas pode ser definida através de estruturação dos níveis, detalhamento do plano de implementação e da organização de cronogramas, focados nos preparativos iniciais até a avaliação dos resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

- ADESTA, E. Y. T., PRAWOBO, H. A., AGUSMAN, D. **Evaluating 8 pillars of Total Productive Maintenance (TPM) implementation and their contribution to manufacturing performance**. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018. 290, 012024.
- ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Gestão da Manutenção: aplicada às áreas industrial, predial e elétrica**. São Paulo: Erica, 2017. 152p.
- ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial - Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada**. Editora Saraiva, 2015. E-book. ISBN 9788536519791. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536519791/>. Acesso em: 25 jan. 2023.
- ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial - Princípios Técnicos e Operações**. Editora Saraiva, 2016. E-book. ISBN 9788536519807. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536519807/>. Acesso em: 25 jan. 2023.
- BECHTOLD, Maurício José. **Manutenção mecânica**. Florianópolis: SENAI/SC, 2010.
- BR FERRAMENTAS. **Painel para Ferramentas Convencionais Multimarcas - Sem Ferramentas**. São Paulo, 2022. Disponível em: <<https://www.brferramentas.com.br/painel-para-ferramentas-convencionais-multimarcas---sem-ferramentas-11262149>.> Acesso em: 19 jul. 2022.
- CAMPOS, Renato et al. **A ferramenta 5S e suas implicações na gestão da qualidade total**. Simpep–Simpósio de Engenharia de Produção, v. 12, p. 685-692, 2005.
- CHAVES, R. C. **Resistência à mudança: um estudo das relações entre moderadores individuais e organizacionais, atitudes e comportamentos de servidores de uma instituição pública em processo de mudança**. Faculdade de Ciências Econômicas da UFMG. Belo Horizonte, 2005.
- COSTA, Diego Henrique de Oliveira. **Manutenção Preditiva de Motores de Indução de Pequeno Porte**. Orientador: Fernando Silva Pereira. 2018. 83 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - IFG, Jataí, 2018.
- CUNHA, Ricardo Picinin. **Estudo para a implantação de um plano de manutenção preventiva em uma empresa de saneamento**. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Panambi, 2019.
- DA SILVA, Caroline Nascimento et al. **Estudo de manutenção de bomba centrífuga com uso em indústria**. South American Development Society Journal, v. 1, n. 1, p. 71-87, 2017.
- DE AVILA NETO, Clovis Antunes et al. **Aplicação do 5W2H para criação do manual interno de segurança do trabalho**. Revista ESPACIOS, Vol. 37 (Nº 20) Ano 2016, 2016.
- DE BESSA, Valente. **Um sistema para monitoramento e controle de bombas hidráulicas**. II Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2016.

EERIKÄINEN, S., Haimi, H., Mikola, A., & Vahala, R. (2020). **Data analytics in control and operation of municipal wastewater treatment plants: qualitative analysis of needs and barriers**. *Water Science and Technology*.

EH BOMBAS HIDRÁULICAS LTDA. **Manual de instalação, operação e manutenção de bombas centrífugas**. Belo Horizonte - Minas Gerais.

FABIŚ-DOMAGAŁA, JOANNA. **Application of Ishikawa Diagram for Failure Analysis of a Car Water Pump**. *TECHNICAL TRANSACTIONS*, VOL.114, NO.8, 2017, PP.193-198. DOI:10.4467/2353737XCT.17.141.6892

FAUSING OLESEN, J. F., & SHAKER, H. R. (2020). **Predictive Maintenance for Pump Systems and Thermal Power Plants: State-of-the-Art Review, Trends and Challenges**. *Sensors*, 20(8), 2425. doi:10.3390/s20082425

FILIP, F. C.; MARASCU-KLEIN, V. **The 5S lean method as a tool of industrial management performances**. In: *IOP conference series: materials science and engineering*. IOP Publishing, 2015. p. 012127.

FOGLIATO, Flavio. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Grupo GEN, 2009. E-book. ISBN 9788595154933. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595154933/>. Acesso em: 25 jan. 2023.

GREGÓRIO, Gabriela Fonseca P.; SILVEIRA, Aline Morais D. **Manutenção industrial**. Porto Alegre: SAGAH, 2018. ISBN 9788595026971. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595026971/>. Acesso em: 30 set. 2021.

GRUPO FORLOGIC. **Diagrama de Ishikawa**. 2016. Acesso em 20 de julho de 2022. Disponível em: <<https://ferramentasdaqualidade.org/diagrama-de-ishikawa/>>.

GUEDES, Cezar Rogério. **Aplicação da engenharia de confiabilidade para otimização da manutenção e redução de falhas de um sistema de bombeamento de água**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

GUIMARÃES, Leonardo Miranda; NOGUEIRA, Cássio Ferreira; DA SILVA, Margarete Diniz Brás. **Manutenção industrial: implementação da manutenção produtiva total (TPM)**. e-xacta, v. 5, n. 1, 2012.

GUPTA, Shaman; JAIN, Sanjiv Kumar. **An application of 5S concept to organize the workplace at a scientific instruments manufacturing company**. *International Journal of Lean Six Sigma*, 2015.

HO, S.K.M, (1995), **The Japanese 5-S practice and TQM training**, *Training for Quality*, Vol. 3 Iss 4 pp. 19 - 24.

HO, S.K.M, (1996), **Japanese 5-S practice**, *The TQM Magazine*, Vol. 8 Iss 1 pp. 45 - 53.

HO, S.K.M, (1999), **Japanese 5-S – where TQM begins**, *The TQM Magazine*, Vol. 11 Iss 5 pp. 311 - 321.

JUNIOR, José da Luz Pires. **Proposição de um plano de manutenção produtiva total: estudo de caso em uma indústria sucroenergética**. Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados - MS, 2012.

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitmark: Petrobrás, 2009.

KHANNA, V.K. (2009), **5 “S” and TQM status in Indian organizations**, The TQM Journal, Vol. 21 No. 5, pp. 486-501.

LÉLIS, Eliacy Cavalcanti (org.). **Gestão da Qualidade**. 2. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2018. 193 p.

LIMEIRA, Erika Thalita Navas P.; LOBO, Renato N.; MARQUES, Rosiane do N. **Controle da Qualidade - Princípios, Inspeção e Ferramentas de Apoio na Produção de Vestuário**. Editora Saraiva, 2015. E-book. ISBN 9788536517773. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536517773/>. Acesso em: 25 jan. 2023.

MARTINS, L. F. R. **Resistência à mudança e gestão de riscos nas contratações públicas: um estudo a luz da teoria da agência com os servidores das instituições federais de ensino superior**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2022.

MEDEIROS, Rodrigo Ramos; CAUDURO, Carlos Roberto. **Elevação da eficiência energética em sistemas de bombeamento utilizando boas práticas de manutenção**. Universidade Federal de Santa Maria. Novo Hamburgo, 2014.

MEGIOLARO, Marcello Rodrigo de Oliveira. **Indicadores de Manutenção Industrial Relacionados à Eficiência Global de Equipamentos**. 2015. 87 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/15030/1/PB_COELT_2015_1_09.pdf. Acesso em: 15 jan. 2023.

MEHMETI, X., MEHMETI, B., & SEJDIU, R. (2018). **The equipment maintenance management in manufacturing enterprises**. IFAC-PapersOnLine, 51(30), 800–802. doi:10.1016/j.ifacol.2018.11.192

PATEL, Vipulkumar C.; THAKKAR, Hemant. **Review on implementation of 5S in various organization**. *International Journal of Engineering Research and Applications*, v. 4, n. 3, p. 774-779, 2014.

PINTO, Alan Kardec; RIBEIRO, Haroldo. **Gestão Estratégica e Manutenção Autônoma**. Rio de Janeiro. ABRAMAN. 2002.

PKMB - PROJECT MANAGEMENT KNOWLEDGE BASE – CONHECIMENTO E EXPERIÊNCIA EM GERENCIAMENTO DE PROJETOS. **Diagrama de Ishikawa e aplicações na Engenharia de Planejamento**. Disponível em: <https://pmkb.com.br/artigos/diagrama-de-ishikawa-e-aplicacoes-na-engenharia-de-planejamento/>. Acesso em: 07 nov. 2021.

PRODUTTIVO. **Conteúdo sobre Gestão de Serviço**. Disponível em: <https://www.produttivo.com.br/contents>. Acesso em: 07 nov. 2021.

RAHMAN et al. (2010). **Implementation of 5S Practices in the Manufacturing Companies: A Case Study**. American Journal of Applied Sciences 7 (8): 1182-1189, 2010. ISSN 1546-9239. Science Publications.

ROSA, G. P.; CRACO, T.; REIS, Z. C.; NODARI, C. H. **Reorganizing the layout as a production optimization strategy**. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 9, nº 2, abr-jun/2014, p. 139-154.

SHARMA, Rajiv Kumar; KUMAR, Dinesh; KUMAR, Pradeep. **Manufacturing excellence through TPM implementation: a practical analysis**. Industrial Management & Data Systems, 2006.

SILVA, Anna Flavia Pontarolo da. **Manifestações patológicas em estruturas de concreto armado de sistemas de abastecimento de água: estudo de caso em estação de tratamento de água**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SILVA, Glauco Garcia Martins Pereira. **Implantando a manufatura enxuta: um método estruturado**. Florianópolis: UFSC 2009. 157 p. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SILVEIRA, Aline Morais da; VILSEKE, Abel J.; PEZZATTO, Alan T.; GREGÓRIO, Gabriela F P. **Confiabilidade de sistemas**. Porto Alegre, 2018. E-book. ISBN 9788595028456. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595028456/>. Acesso em: 30 jan. 2023.

SINGH, Ranteshwar et al. **Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study**. Procedia Engineering, v. 51, p. 592-599, 2013.

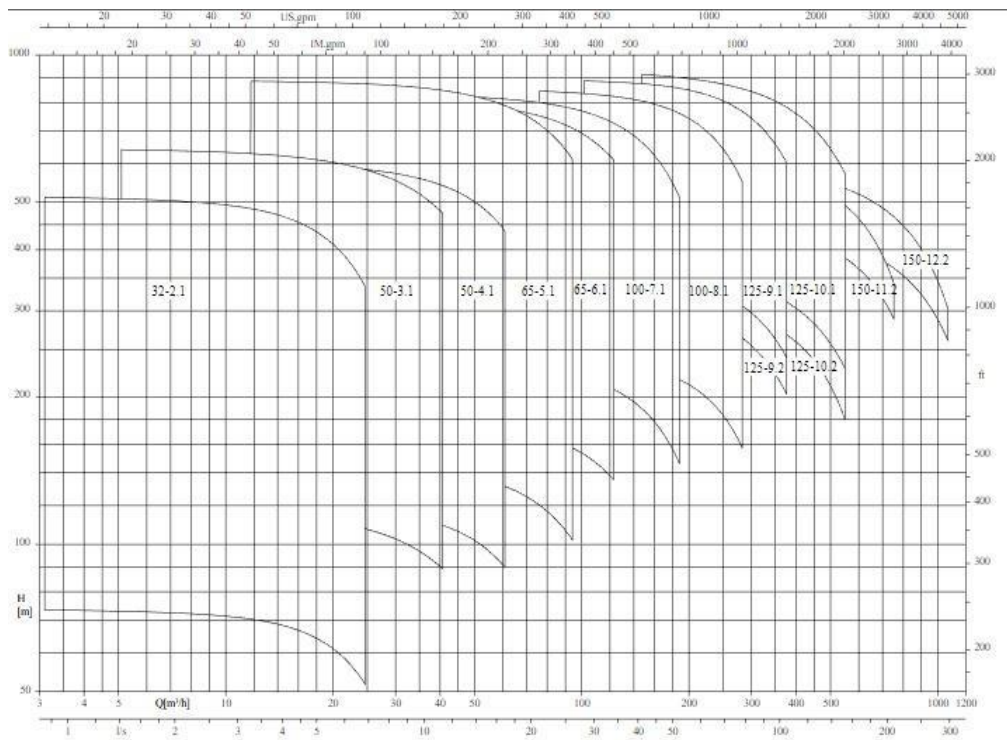
SWANSON, L. **Linking maintenance strategies to performance**. International Journal of Productions Economics. v. 70, p. 237-234, 2001.

TONDATO, Rogério. **Manutenção produtiva total: estudo de caso na indústria gráfica**. 2004.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM: planejamento e controle de manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 192p.

ANEXO A - Detalhes técnicos das bombas modelo KSB e motores WEG

O gráfico é definido por Vazão [Q] x Altura manométrica [H]. Pela placa das bombas da ETA, ela é da série 50/3.1, apresentando uma vazão de 35m³/h e altura manométrica de 120mca. O Manual Técnico e o Manual de Curvas Características estão disponíveis para download no link (acesso somente com e-mail da instituição): https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1YpG6voJeL0UL98zf60_-it-6aLhCzmqz



ANEXO B - Problemas de operação EH BOMBAS HIDRÁULICAS LTDA.Vibração excessiva:

- A) - Desalinhamento do acoplamento.
- B) - Eixo empenado.
- C) - Conjunto girante desbalanceado (Rotor).
- D) - Fundações incorretas.
- E) - Rotor obstruído.
- F) - N.P.S.H. disponível insuficiente.
- G) - Operação muito no início da curva característica.
- H) - Válvula de pé muito pequena ou insuficientemente submersa.
- I) - Rolamentos danificados.
- J) - Excesso de graxa nos rolamentos.
- K) - Poeira ou sujeira nos rolamentos.
- L) - Montagem incorreta dos rolamentos.
- M) - Atrito entre partes fixas e móveis.
- N) - Rolamentos enferrujados devido à entrada de água na caixa dos mancais.

Engaxetamento com vida curta:

- A) - Desalinhamento.
- B) - Eixo empenado.
- C) - Eixo ou bucha do eixo demasiadamente ásperos ou corroídos na região do engaxetamento.
- D) - Rolamentos danificados.
- E) - Refrigeração e lubrificação insuficientes.
- F) - Sobreposta demasiadamente apertada.
- G) - Tipo de gaxetas incorretamente selecionada.

Vazamento excessivo na caixa de gaxetas:

- A) - Desalinhamento.
- B) - Eixo empenado.
- C) - Rolamento danificado.
- D) - Bucha muito desgastada.
- E) - Seleção incorreta do tipo de engaxetamento.
- F) - Falha do sistema de resfriamento ou lubrificação.
- G) - Anel lanterna em posição incorreta.
- H) - Engaxetamento já no final de sua vida, devendo ser substituído

Vida Curta do selo mecânico:

- A) - Desalinhamento interno das peças evitando que a sede estacionária e o anel rotativo do selo se adaptem corretamente.
- B) - Eixo empenado.
 - C) - Selo mecânico incorretamente selecionado.
 - D) - Selo mecânico mal instalado.
 - E) - Presença de sólidos em suspensão no líquido, quando estes não são previstos.
 - F) - Falha da refrigeração ou lubrificação.
 - G) - Bucha ou eixo girante fora de centro devido a rolamentos desgastados.

O selo mecânico vaza excessivamente:

- A) - Má instalação do selo mecânico.
- B) - Desalinhamento de peças internas.
- C) - Seleção incorreta do selo mecânico.
- D) - Desbalanceamento do conjunto girante.
- E) - Vazamento por baixo da bucha por falha da vedação.
- F) - Bucha do eixo girando fora do centro.
- G) - Selo mecânico trabalhando com abrasivo sem ser especificado para tal.

H) - Houve falha de refrigeração ou lubrificação.

I) - O selo chegou ao final de sua vida útil.

Vida curta dos rolamentos:

A) - Desalinhamento do acoplamento.

B) - Eixo empenado ou avariado.

C) - Carga axial elevada devido a entupimento dos furos de equilíbrio do rotor.

D) - Desalinhamento interno devido a esforços de tubulações.

E) - Falta de lubrificação.

F) - Excesso de graxas dos rolamentos.

G) - Tipo de graxa ou óleo fora do especificado pelo fabricante.

H) - Avarias ocorridas durante a montagem dos rolamentos.

I) - Entrada de poeira ou água na caixa dos mancais.

J) - Operação com rotações acima das especificadas.

K) - Anéis de desgaste muito desgastados.

L) - Líquidos com densidade diferente do especificado

Superaquecimento da bomba ou grimpamento:

A) - Operação com válvula de descarga fechada ou vazão reduzida.

B) - Falta de lubrificação.

C) - Falta de escorva ou funcionamento a seco

D) - Atrito entre superfícies fixas e móveis.

E) - Rolamentos desgastados por tempo de uso.

F) - Desalinhamento do acoplamento ou empeno do eixo

APÊNDICE A - Planilhas de planejamento de manutenção e registros.

O download para visualização pode ser feito no link (acesso somente com e-mail da instituição): https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1YpG6voJeL0UL98zf60_-it-6aLhCzmqz

Planilha de planejamento de manutenção.

Sistemas e Equipamentos			DIÁRIAS																
Atividade			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Instalações Elétricas	Iluminação	Verificar funcionamento e condições	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Disjuntores	Verificar funcionamento e condições	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Instalações Hidráulicas	Bomba 1	Verificar funcionamento e condições	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Bomba 2	Verificar funcionamento e condições	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Reservatórios	Verificar funcionamento e condições	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Tubulação	Verificar funcionamento e condições	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Sistemas e Equipamentos			MENSAIS					
Atividade			jan2021	fev2021	mar2021	abr2021	mai2021	jun2021
Instalações Elétricas	Iluminação	Limpeza e conservação	03/01/2021	03/02/2021	03/03/2021	03/04/2021	03/05/2021	03/06/2021
	Chaves seccionadoras	Verificar contatos	06/01/2021	06/01/2021	06/01/2021	06/01/2021	06/01/2021	06/01/2021
	Extintores	Inspeção de conservação	09/01/2021	09/02/2021	09/03/2021	09/04/2021	09/05/2021	09/06/2021
	Disjuntores	Testar funcionalidade	12/01/2021	12/02/2021	12/03/2021	12/04/2021	12/05/2021	12/06/2021

Planilha de registro de ocorrências.

Sistemas e Equipamentos			REGISTRO DE OCORRÊNCIAS				
Atividade			Data	Afetado	Descrição	Ação necessária	Tempo total
	Bomba 1	Gotejamento excessivo	01/01/2022	Bomba 1	Gotejamento excessivo	Troca da gaxeta	
	Bomba 2	Ruído excessivo	02/02/2022	Bomba 2	Ruído excessivo	Lubrificação geral	
	Disjuntor elétrico Bomba 1	Desarmado funcionamento por razão desconhecida	03/03/2022	Disjuntor elétrico Bomba 1	Desarmado funcionamento por razão desconhecida	Substituição	
	Lâmpada	Parou de funcionar	04/04/2022	Lâmpada	Parou de funcionar	Substituição	
	Tomada	Parou de funcionar	05/05/2022	Tomada	Parou de funcionar	Substituição	
	Tubulação de sucção	Aspecto poluído	06/06/2022	Tubulação de sucção	Aspecto poluído	Limpeza	
	Disjuntor elétrico Bomba 2	Desarmado funcionamento por razão desconhecida	07/07/2022	Disjuntor elétrico Bomba 2	Desarmado funcionamento por razão desconhecida	Substituição	
	Tubulação de recalque	Aspecto poluído	08/08/2022	Tubulação de recalque	Aspecto poluído	Limpeza	
	Proteção de eixo	Ruptura em ponto de solda	09/09/2022	Proteção de eixo	Ruptura em ponto de solda	Reparo de soldagem	
	Cobertura do sistema	Queda por falha estrutural	10/10/2022	Cobertura do sistema	Queda por falha estrutural	Reconstrução da cobertura	
	Lâmpada 2	Luz oscilante	11/11/2022	Lâmpada 2	Luz oscilante	Troca de fiação	
	Tomada 2	Energia oscilante	12/12/2022	Tomada 2	Energia oscilante	Troca de fiação	
	Bomba 1	Gotejamento excessivo	01/01/2022	Bomba 1	Gotejamento excessivo	Troca da gaxeta	
	Bomba 2	Ruído excessivo	02/02/2022	Bomba 2	Ruído excessivo	Lubrificação geral	
	Disjuntor elétrico Bomba 1	Desarmado funcionamento por razão desconhecida	03/03/2022	Disjuntor elétrico Bomba 1	Desarmado funcionamento por razão desconhecida	Substituição	
	Lâmpada	Parou de funcionar	04/04/2022	Lâmpada	Parou de funcionar	Substituição	
	Tomada	Parou de funcionar	05/05/2022	Tomada	Parou de funcionar	Substituição	
	Tubulação de sucção	Aspecto poluído	06/06/2022	Tubulação de sucção	Aspecto poluído	Limpeza	
	Disjuntor elétrico Bomba 2	Desarmado funcionamento por razão desconhecida	07/07/2022	Disjuntor elétrico Bomba 2	Desarmado funcionamento por razão desconhecida	Substituição	
	Tubulação de recalque	Aspecto poluído	08/08/2022	Tubulação de recalque	Aspecto poluído	Limpeza	
	Proteção de eixo	Deformação mecânica	09/09/2022	Proteção de eixo	Deformação mecânica	Conformação mecânica	
	Cobertura do sistema	Queda por falha estrutural	10/10/2022	Cobertura do sistema	Queda por falha estrutural	Reconstrução da cobertura	
	Lâmpada 2	Luz oscilante	11/11/2022	Lâmpada 2	Luz oscilante	Troca de fiação	

APÊNDICE B - Arquivo de etiquetas de identificação do sistema.

O download para visualização pode ser feito no link (acesso somente com e-mail da instituição): https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1YpG6voJeL0UL98zf60_-it-6aLhCzmqz.

APÊNDICE C – Planilha de auditoria 5S

Setor Auditado: _____

Endereço: _____

Telefone: _____ **Data:** _____

Auditor: _____ **Auditoria N°:** _____

Nota: Algumas das "Atividades Típicas" não são aplicáveis ao ambiente de escritório e, portanto, não precisam ser auditadas para escritórios. Você deve gastar pelo menos uma hora para fazer uma auditoria completa em todos os elementos do 5S, todos os 50 pontos devem ser auditados. Se a descoberta for boa, diga o quão boa é e risque a última coluna. Se o ponto de verificação não for aplicável, anote N/A.

1. Utilização (Seiri): Gerenciamento da estratificação e tratamento das causas.

N°	Atividades típicas	Localização	Constatação de auditoria	Realizada por
1.1	Jogar fora as coisas que não são necessárias.			
1.2	Lidar com as causas de vazamentos, sujeira e ruído.			
1.3	Organizar a limpeza do setor.			
1.4	Arrumar defeitos, vazamentos e quebras.			
1.5	Organizar o armazenamento de peças e arquivos.			
1.6	One-is-best #1: Um conjunto de ferramentas.			
1.7	One-is-best #2: Formulário ou memorando de uma página.			
1.8	One-is-best #3: Um dia de processamento.			
1.9	One-is-best #4: Serviço de parada única para o cliente.			
1.10	One-is-best #5: Um arquivo de localização. (Servidor online para compartilhamento de arquivos)			

Nº de não realizações	/10
-----------------------	-----

2. **Organização (Seiton):** Armazenamento funcional e eliminação da necessidade de procurar coisas

Nº	Atividades típicas	Localização	Constatação de auditoria	Realizada por
2.1	Tudo tem um nome e lugar claramente designados.			
2.2	Recuperação de ferramentas, documentos e peças em 30 segundos.			
2.3	Padrões de arquivamento e controle.			
2.4	Zoneamento e marcas de posicionamento			
2.5	Eliminar fechaduras.			
2.6	Arranjo “primeiro a entrar, primeiro a sair”.			
2.7	Limpar quadros de avisos (remover também avisos obsoletos).			
2.8	Avisos de fácil leitura (incluindo zoneamento).			
2.9	Layout em linha reta e em ângulo reto			
2.10	Posicionamento funcional para peças de materiais, ferramentas, etc.			
Nº de não realizações				/10

3. Limpeza (Seiso): Limpeza como inspeção e grau de limpeza

Nº	Atividades típicas	Localização	Constatação de auditoria	Realizada por
3.1	Responsabilidade de limpeza individual atribuída			
3.2	Facilitar a limpeza e a inspeção			
3.3	Campanhas regulares de limpeza.			
3.4	Inspeções de limpeza e correção de pequenos problemas			
3.5	Limpeza até mesmo nos lugares aonde não se percebe a sujeira.			
Nº de não realizações				/5

4. Padronização (Seiketsu): Gestão visual e padronização 5S

Nº	Atividades típicas	Localização	Constatação de auditoria	Realizada por
4.1	Transparência (Divisórias de vidro para ver através).			
4.2	Inspeção de checkagem com etiquetas.			
4.3	Zonas de perigo marcadas em medidores e interruptores			
4.4	Marcações e sinalizações de “Perigo”.			
4.5	Extintores e sinalizações de “Saída de emergência”.			
4.6	Marcação direcional em tubulações, passarelas, etc.			
4.7	Etiquetas direcionais de abrir e fechar em interruptores.			
4.8	Tubos codificados por cores			

4.9	Práticas à prova de falhas			
4.10	Rótulos de responsabilidade			
4.11	Gerenciamento de fio elétrico/telefone.			
4.12	Codificação de cores (papel, arquivos, etc).			
4.13	Prevenir ruído e vibração.			
4.14	Etiquetas e placas de identificação de departamento/escritório			
4.15	Ambiente aberto semelhante a um parque. (jardim escritório/fábrica)			
Nº de não realizações				/15

5. **Disciplina (Shitsuke):** Formação de hábitos e ambiente de trabalho disciplinado.

Nº	Atividades típicas	Localização	Constatação de auditoria	Realizada por
5.1	Limpeza conjunta.			
5.2	Faça exercício físico diário todos juntos.			
5.3	Praticar a coleta de componentes (lixo).			
5.4	Utilizar equipamentos de proteção (Capacete, sapatos, luvas, etc.).			
5.5	Gestão 5S do espaço público.			
5.6	Prática para lidar com emergências.			
5.7	Executar a responsabilidade individual			
5.8	Prática de excelência comunicativa.			
5.9	Projetar e seguir o manual 5S			

5.10	Ver para crer (Verificar o ambiente 5S)			
			Nº de não realizações	/10

Avaliação Geral: _____ / 50

Nº total de não realizações	Avaliação
0 - 5	Excelente
6 - 10	Boa
11 - 15	Mediana
16 - 20	Ruim
> 20	Péssima

APÊNDICE D – Plano de implementação do 5S

Setor Auditado: _____

Edição N°: _____

Emitido por: _____

Data de emissão: ___ / ___ / ___

Passo	Atividade 5S	Responsável	<===== Mês =====>					
			1°	2°	3°	4°	5°	6°
1	Obtenha o compromisso da alta administração, estabeleça o status quo e o plano de implementação.	Diretor(a)						
2	Workshop 5S para a equipe.	Equipe 5S						
3	1° Dia - Utilização.	Equipe 5S, Funcionários, Diretores.						
4	Atividades diárias do 5S para todos.	Funcionários						
5	2° Dia - Organização.	Equipe 5S, Funcionários, Diretores.						
6	3° Dia - Limpeza.	Equipe 5S, Funcionários, Diretores.						
7	4° Dia - Padronização.	Equipe 5S, Funcionários, Diretores.						
8	5° Dia - Disciplina	Equipe 5S, Funcionários, Diretores.						
9	Premiação para o departamento com melhores resultados.	Diretores e Equipe 5S						
10	Revisão e planejamento para a próxima aplicação da ferramenta 5S.	Equipe 5S e Funcionários						