



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

Proposta de Um Programa de Manutenção Para Caldeira Flamotubular.

Estudo de caso: Caldeira da Sumol + Compal

Autor:

Zefanias Paulo Tivane

Supervisor da UEM

Eng.º Roberto David

Supervisor da Sumol Compal

Eng.º Irvine Júnior

Maputo, Dezembro de 2024



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

Proposta de Um Programa de Manutenção Para Caldeira Flamotubular.

Estudo de caso: Caldeira da Sumol + Compal

Autor:

Zefanias Paulo Tivane

Supervisor da UEM

Eng.º Roberto David

Supervisor da Sumol Compal;

Eng.º Irvine Júnior

Maputo, Dezembro de 2024



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

Proposta de Um Programa de Manutenção Para Caldeira Flamotubular.

Estudo de caso: Caldeira da Sumol + Compal

TIVANE, Zefanias Paulo

TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Declaro que o estudante Zefanias Paulo Tivane, com código 20151923, entregou no dia ____/ ____/ 2024 as três cópias do relatório de estágio profissional, intitulado: Proposta de um programa de manutenção para caldeira flamotubular. Estudo de caso: Caldeira da Sumol Compal.

Maputo, _____, _____ de 2024

Chefe de Secretaria

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Zefanias Paulo Tivane declaro por minha honra que o presente Projecto Final do Curso é exclusivamente de minha autoria, não constituindo cópia de nenhum trabalho realizado anteriormente e as fontes usadas para a realização do trabalho encontram-se referidas na bibliografia.

Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado à minha família, amigos, professores e todos os que contribuíram para o meu percurso académico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus pelas todas vitórias e conquistas na minha vida. Agradecer aos meus pais Paulo Simião Tivane e Ofélia Zefanias Machava por terem incutido em mim a vontade e o desejo de me formar em um nível acadêmico superior, e também aos meus irmãos por todo apoio que tem oferecido.

Agradecer aos meus colegas de faculdade que batalharam comigo e deram seu suporte durante a formação em engenharia mecânica e também ao Sr. Augusto Sumbane, por ter sido a pessoa que me ensinou deste criança até que eu ingresse na universidade e pelo apoio que me deu durante o meu curso.

Agradeço ao Eng.º Roberto David, docente da UEM, por ter sido o meu supervisor neste trabalho.

Agradeço ao Eng.º Irvine Júnior, gestor da planta de manutenção da Sumol Compal, por ter sido o meu supervisor na SCMZ. Agradeço ao Gestor de manutenção, José Pedrosa, pelo acompanhamento durante o estágio e pela instrução quanto a gestão de uma equipa e recursos, e meu muito obrigado ao Eng Emilco Panzeca pelo ensinamento e acompanhamento na planificação e confiabilidade da manutenção. Agradeço também a equipa técnica pelo apoio prestado durante o meu estágio.

Agradeço também a minha namorada Arsénia Chirindza, pela ajuda de apoio material eletrónico para a realização deste trabalho.

RESUMO

Entende-se por manutenção o processo de manter um equipamento disponível, eficiente, com condições seguras ao menor custo. Este trabalho visa a melhorar o programa de manutenção de uma caldeira flamotubular numa fábrica de bebida. Foi desenvolvido num contexto de estágio profissional, onde foram identificadas várias oportunidades de melhoria para o departamento de manutenção. A fábrica está dividida por duas grandes áreas, as utilidades e a produção. O processo para se obter o produto final contempla várias entradas, as utilidades fornecem entradas para as linhas de produção propriamente ditas. São sistemas das utilidades a produção de vapor, de energia eléctrica, abastecimento de água, ar comprimido, etc. A máquina responsável pela produção de vapor é denominada por caldeira, em fábricas de bebidas a caldeira é um equipamento crítico, pois o vapor produzido por ele vai alimentar diversos equipamentos na área de produção incluindo os pasteurizadores, estes que são responsáveis pela eliminação de bactérias da bebida. Esta grande responsabilidade da caldeira de produzir vapor e as diversas observações feitas que tornavam a manutenção da caldeira muito pobre, o que propicia consequências graves desde a paragem total de produção da fábrica e risco de explosão, foram as razões para realização deste trabalho. No trabalho são explanados o conceito de manutenção e os seus tipos, nos quais recomenda-se a manutenção centrada na confiabilidade para a caldeira, de modo a registar e analisar as anomalias e a partir dos resultados das suas análises se actualizar anualmente o plano de manutenção, que por sua vez será primeiramente elaborado através da compilação das recomendações do fabricante e das experiências dos técnicos de manutenção. Este plano de manutenção compõe lista de tarefas a serem implementas periodicamente e também acompanhado pela estratégia de RCM, o qual foi proposto as etapas da sua implementação.

Palavras chave: Plano de manutenção, RCM, Confiabilidade, Lista de tarefas

ABSTRACT

Maintenance is the process of keeping equipment available, efficient and in safe condition at the lowest cost. This work aims to improve the maintenance program of a fire tube boiler in a beverage factory. It was developed in the context of a professional internship, where several opportunities for improvement were identified for the maintenance department. The factory is divided into two main areas: utilities and production. The process of obtaining the final product involves various inputs, and the utilities provide inputs for the production lines themselves. Utility systems include the production of steam, electricity, water supply, compressed air, etc. The machine responsible for producing steam is called the boiler. In beverage factories, the boiler is a highly critical piece of equipment, as the steam it produces will feed various pieces of equipment in the production area, including pasteurizers, which are responsible for eliminating bacteria from the beverage. This great responsibility of the boiler to produce steam and the various observations made that made the maintenance of the boiler very poor, which led to serious consequences ranging from the total stoppage of production at the plant to the risk of explosion, were the reasons for carrying out this work. The work explains the concept of maintenance and its types, in which reliability-focused maintenance is recommended for the boiler, in order to record and analyze anomalies and from the results of their analysis update the maintenance plan annually, which in turn will first be drawn up by compiling the manufacturer's recommendations and the experiences of the maintenance technicians. This maintenance plan makes up a list of tasks to be implemented periodically and is also accompanied by the RCM strategy, which proposes the stages of its implementation.

Key words: Maintenance plan, RCM, Reliability, Task list

ÍNDICE

DEDICATÓRIA.....	VI
AGRADECIMENTOS	VII
RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XII
LISTA DE FIGURAS	XIII
LISTA DE TABELAS	XIV
LISTA DE DIAGRAMAS	XV
CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Problemática	2
1.3. Justificativa.....	2
1.4. Objectivos.....	3
1.4.1. Objectivo geral.....	3
1.4.2. Objectivos específicos	3
1.5. Metodologia de investigação	4
1.6. Estrutura do trabalho	4
CAPÍTULO 2: REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1. Geradores de vapor: Caldeira	5
2.2. Classificação das caldeiras a vapor	5
2.2.1. Tipos fundamentais de caldeiras	5
2.2.2. Caldeiras Flamotubulares	7
2.3. Manutenção Industrial	8
2.3.1. Objectivo da manutenção.....	9
2.3.2. Evolução da manutenção	9
2.4. Tipos de manutenção	10
2.4.1. Manutenção preventiva	11
2.4.2. Manutenção correctiva.....	12
2.4.3. Manutenção preditiva	13
2.4.4. Manutenção centrada na fiabilidade - RCM	14
2.5. Indicadores de manutenção	14
2.5.1. MTBF – Tempo Médio Entre Falhas.....	14
2.5.2. MTRR – Tempo Médio Para Reparação	15

2.5.3.	OEE – Eficácia Geral do Equipamento	15
CAPÍTULO 3: CONTEXTUALIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO.....		17
3.1.	Apresentação da empresa Sumol+Compal.....	17
3.1.1.	História.....	17
3.1.2.	Visão e Propósito	17
3.1.3.	Fábrica de Boane	18
3.2.	Departamento de Manutenção	19
3.2.1.	Planeamento e Armazém de Peças	20
3.2.2.	Execução de Manutenção	20
3.2.3.	Planeamento e Controlo de Manutenção - PCM	20
3.3.	Actividades realizadas no estágio.....	21
3.4.	Objecto de estudo – caldeira flamotubular	21
3.4.1.	Aplicação da caldeira na fábrica	21
3.4.2.	Características da Caldeira Flamotubular	22
3.4.3.	Estado do objecto do estudo	23
CAPÍTULO 4: METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA.....		28
4.1.	Metodologia de pesquisa usada	28
4.2.	Recolha de dados	28
4.3.	Manutenção da caldeira	29
4.4.	Programa de manutenção.....	31
4.4.1.	Tipo de manutenção para a caldeira	31
4.4.2.	Actividades de manutenção para o programa de manutenção	33
CAPÍTULO 5: APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS		34
5.1.	Lista de tarefas de manutenção da caldeira	34
5.2.	Melhorias da criação de um <i>lista de verificação</i>	41
5.3.	Geração de planos mensais, semanais e diários	41
5.4.	Análise dos sistemas da caldeira	42
5.5.	Recursos materiais para caldeira	43
5.6.	Manutenção centrada na fiabilidade	44
CAPÍTULO 6: CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES		46
6.1.	Conclusões.....	46
6.2.	Recomendações	47
BIBLIOGRAFIA		48
ANEXOS		49

LISTA DE SÍMBOLOS

CIP	Cleaning In Place
DF	Disponibilidade física
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
H ₂ O ₂	Peróxido de hidrogénio
HACCP	Hazard analysis & critical control point
IEC	International Electrotechnical Commission
kg	Kilograma
kgf/cm ²	Kilograma-força por centímetros quadrados
km/h	Kilómetro por hora
MTBF	Mean time between failure
MTRR	Mean time to repair
N/mm ²	Newton por milímetros quadrados
OEE	Overall Equipment Effectiveness
PCM	Planeamento e Controlo de Manutenção
RCFA	Root Cause Failure Analysis
RCM	Reliability Centered Maintenance
SAE	Society of Automotive Engineers
SAP MM	SAP Material Management
SCMZ	Sumol + Compal Moçambique
ton/h	Toneladas por horas
°C	Graus Celsius

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Caldeira aquatubular	6
Figura 2: Caldeira flamotubular horizontal	7
Figura 3: Caldeira de tubos verticais	7
Figura 4: Classificação da manutenção industrial	11
Figura 5: Vista Frontal da caldeira. O queimador tem falhas de ignição	24
Figura 6: Fuga de diesel no modulador do queimador	25
Figura 7: Quadro de comando da caldeira.....	26
Figura 8: Vista lateral direita da caldeira. Uma bomba de água avariou.....	27
Figura 9: Captura de repórter de anomalias da caldeira	29
Figura 10: Árvore estrutural da fábrica até a caldeira.	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características da Caldeira Flamotubular da Sumol Compal.....	22
Tabela 2: Manutenção preventiva feita na caldeira	30
Tabela 3: Prós e contras da manutenção da caldeira	31
Tabela 4: Lista de verificação de manutenção para a caldeira	35
Tabela 5: Fluxograma de RCM segundo IEC 60 300-3-11.....	45

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1: Organograma da Fábrica de Boane.....	19
Diagrama 2: Estrutura funcional do departamento de manutenção.....	19
Diagrama 3: Fluxograma de RCM segundo IEC 60 300-3-11	45

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1. Introdução

Na actual sociedade industrializada em que vivemos, a indústria alimentar é um dos sectores mais desafiantes devido a sua particularidade de segurança alimentar auditada por normas internacionais. Uma fábrica de bebidas é dividida em duas grandes áreas: utilidades e produção, sendo a última onde ocorrem os processos de formulação, pasteurização e enchimento.

As indústrias de bebidas são regidas pelo sistema HACCP com o objectivo de garantir segurança alimentar. Este sistema é constituído por sete (7) princípios: análise de riscos, definir de pontos críticos de controlo, critérios de controlo, monitoramento dos pontos críticos, medidas correctivas, verificações e por fim documentação e registo.

A pasteurização é o ponto de controlo mais crítico estabelecido pelo sistema HACCP. O pasteurizador é o equipamento que elimina todos microorganismos ou bactérias do produto formulado através de aquecimento e resfriamento alternados do produto, sendo o vapor superaquecido um dos elementos chave para esta etapa. Outro processo no qual o vapor é intrínseco é nas enchedoras que também são equipamentos críticos. Os tanques de formulação, as tubagens por quais circulam o produto de um activo para o outro precisam ser lavados internamente por agentes apropriados ácido e soda aquecidos, cujo processo de aquecimento é através de permutadores de calor com vapor como fluído de trabalho.

A caldeira, que pertence a área de utilidades, é o gerador de vapor que abastece os equipamentos acima mencionados. A sua manutenção é de vital importância para evitar paragens de toda fábrica e também devido ao perigo que expõe. As caldeiras tem acompanhado o desenvolvimento tecnológico, inserção de mais electrónica para melhor automatização e controle de segurança, mas devido ao risco, precisa-se até hoje do Homem para o seu controle ou monitoramento e também da realização de um programa de manutenção de modo a garantir maior disponibilidade operacional do equipamento e alta confiabilidade do mesmo.

O presente trabalho tem como objectivo elaborar um programa de manutenção contínua para uma caldeira flamotubular, que abastece a Sumol+Compal.

1.2. Problemática

Actualmente a empresa trabalha com apenas uma caldeira flamotubular, e a manutenção que a Sumol Compal realiza sobre a mesma não é proativa, está focado na manutenção correctiva. O nível de intervenção realizado internamente pela empresa na caldeira é reactiva, havendo poucas intervenções de manutenção preventiva e preditiva, as mesmas não têm um plano de manutenção previamente definido.

A caldeira funciona seis dias por semana, alimentando com vapor três linhas de produção em simultâneo. Qualquer avaria grave da caldeira paralisa a fábrica, e durante o estágio na empresa houve uma paragem devido a avaria da sonda de nível de água da caldeira que durou uma semana.

Notou-se que as avarias frequentes a empresa tem capacidade de resolver, havendo situações que após intervenção a avaria voltava e de entre estas avarias algumas afectam directamente o funcionamento da caldeira, como o caso de falhas no queimador. Deste modo o presente trabalho tem como problema a seguinte questão:

Qual é a estratégia de manutenção que pode melhorar significativamente a disponibilidade e confiabilidade do equipamento?

1.3. Justificativa

Nos últimos 3 anos, o preço da matéria prima para a produção de sumo tem aumentado, o que resultou num aumento notável do preço do produto fabricado na empresa Sumol Compal. A economia do povo moçambicano tem reduzido bastante depois de vários episódios que houveram no país como os ciclones, cheias, dívida pública. Esses factores resultaram numa redução da capacidade de compra dos cidadãos, o que torna não viável o aumento proporcional do preço do produto de modo a compensar a subida da matéria prima. A melhor opção para a empresa de modo a obter mais lucro é a redução dos custos de produção, sobretudo na área de manutenção de equipamentos, a qual este trabalho se dedica.

Em indústrias que operam com caldeiras, tem acontecido muito o choque térmico na câmara de combustão e as incrustações das superfícies favorecem muito aos efeitos do choque térmico, e sem um bom programa de manutenção a presença de incrustações aumenta. A corrosão é um outro factor comum responsável pela degradação da caldeira. O aumento de pressão que tem se verificado na Sumol + Compal, também é um factor comum responsável pela degradação da

caldeira assim como o outro factor comum extremamente crítico que é a falta de manutenção preventiva.

A falta de manutenção é o principal motivo dos defeitos presentes em caldeiras, por isso para evitar defeitos mais sérios as caldeiras industriais devem receber manutenção. A indústria deve buscar ações de modo a maximizar a eficiência de uma caldeira, sobretudo quanto a mesma não tem backup como é o caso da caldeira da Sumol Compal que é o objecto de estudo deste trabalho.

A partir deste panorama, a preocupação das organizações com o próprio desempenho está atrelada às interações estratégicas da gestão da manutenção e baseiam mudanças de paradigma de modo que a manutenção preventiva passa ser ferramenta estratégica para produzir-se com maior qualidade, maior rastreabilidade do processo e redução de desperdícios (MOBLEY, 2014)

Um equipamento como esse deve receber mais manutenção planeada que correctiva emergencial, pois a paragem do equipamento para realizar a manutenção correctiva interrompe a produção, cessando o lucro da empresa e por sua vez deve-se comprar as peças sobressalentes avariadas em caso de serem itens não estocáveis, tendo que perder tempo a espera da chegada da peça sobressalente e com o risco de a peça estar obsoleta.

A manutenção correctiva emergencial custará, no mínimo, 7 vezes mais do que a manutenção executada de forma proativa. E a manutenção correctiva programada custa, em média, 5 vezes mais do que a manutenção executada de forma proativa. (TELES, 2019)

Nesta perspectiva, o desenvolvimento de um programa de manutenção para a caldeira contribui para manter a segurança quanto ao risco de explosão e inviabiliza as manutenções correctivas emergenciais que interrompem a produção por mais de 24h.

1.4. Objectivos

1.4.1. Objectivo geral

Elaborar um programa de manutenção para uma caldeira flamotubular.

1.4.2. Objectivos específicos

- Verificar a metodologia de manutenção aplicada na caldeira;
- Elaborar as etapas do programa de manutenção centrada na confiabilidade;
- Criar lista de verificação de tarefas para a caldeira.

1.5. Metodologia de investigação

O presente trabalho foi elaborado baseando-se em:

- Colecta de informação e conhecimentos técnico-científicos adquiridos durante o estágio como os técnicos da empresa;
- Colecta de dados na empresa;
- Pesquisas em manuais bibliográficos;
- Sessões de consulta com os supervisores da faculdade e do Estágio;
- Pesquisa em artigos científicos sobre gestão de manutenção e caldeiras.

1.6. Estrutura do trabalho

O relatório está organizado em seis capítulos. O primeiro representa a introdução, o segundo capítulo faz a revisão da literatura relevante relacionada com o tema do relatório. O terceiro capítulo descreve a empresa na qual foi feita o estágio e esclarece o estado do objecto do estudo. O quarto capítulo descreve a metodologia de resolução de problema. O quinto capítulo apresenta os resultados e suas análises. O sexto capítulo apresenta as conclusões e recomendações do trabalho.

CAPÍTULO 2: REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Geradores de vapor: Caldeira

Gerador de vapor é um trocador de calor que funciona à pressão superior que a atmosférica, produzindo vapor a partir da energia térmica fornecida por uma fonte qualquer. Constituída por diversos equipamentos integrados para permitir a obtenção do maior rendimento térmico com maior segurança. (Nhambiu, 2013)

Fornecendo calor à água, variamos a sua entalpia e seu estado físico. A medida que fornecermos calor ao líquido, suas moléculas vão adquirindo energia até conseguirem vencer às forças que as mantêm ligadas (na forma líquida). A rapidez da formação do vapor será tal qual for a intensidade do calor fornecido, neste caso quantidade de combustível e ar fornecido para a combustão.

A pureza da água e a pressão absoluta exercida sobre ela são os factores que irão impor a temperatura na qual se produz a ebulição. Assim, quanto menor for a pressão, menor será a temperatura de ebulição da água.

Caldeira é o nome dado aos equipamentos geradores de vapor, cuja aplicação tem sido ampla no meio industrial e também na geração de energia eléctrica. (Altafini, 2016)

2.2. Classificação das caldeiras a vapor

Segundo Altafini (2016), nos geradores de vapor, a energia térmica é liberada através das seguintes formas:

- Pela queima de combustível (carvão, lenha, gás natural, diesel, etc.)
- Por resistências eléctricas;
- Energia nuclear;
- Energia solar;

2.2.1. Tipos fundamentais de caldeiras

a) *Aquatubular*

Segundo Altafini (2016), as caldeiras **aquatubulares** se caracterizam pela circulação dos gases de combustão e os tubos conduzem massa de água e vapor. A figura 1, ilustra este tipo de caldeira, cuja produção de vapor é maior que a das flamotubulares.

Nas caldeiras aquatubulares o volume de água é distribuído por um grande número de tubos submetido, podendo os tubos serem rectos ou curvados.

Este tipo de caldeira tem menores dimensões e com uma limpeza de tubos mais simples. Tem como desvantagens um elevado custo, construção mais complexa e requer tratamento de água de alimentação mais exigente. (Altafini, 2016)

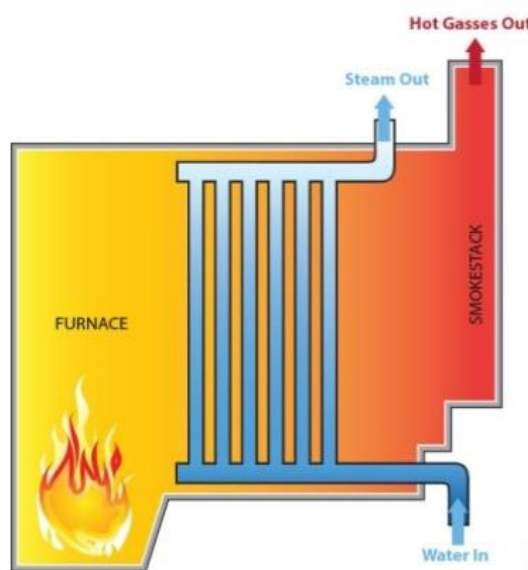


Figura 1: Caldeira aquatubular

(Fonte: https://wiki.eq.uc.pt/mediawiki/index.php/Caldeiras_Aquatubulares#cite_note-link1-1)

b) *Flamotubulares*

Segundo Altafini (2016), as caldeiras **flamotubulares** se caracterizam pela circulação interna dos gases de combustão, ou seja, os tubos conduzem os gases por todo o interior da caldeira, conforme mostra a figura 2.

São construídas para operar com pressões limitadas. Estas caldeiras podem ser verticais ou horizontais, sendo a última mais comum.

Nas caldeiras flamotubulares que operam com combustível líquido ou gasoso, o queimador é instalado na parte frontal da fornalha. Em razão de seu aspecto construtivo, são limitadas em produção e pressão, que em geral não ultrapassa valores de 15 ton/h de produção de vapor e 18 bar de pressão de trabalho. (Altafini, 2016)

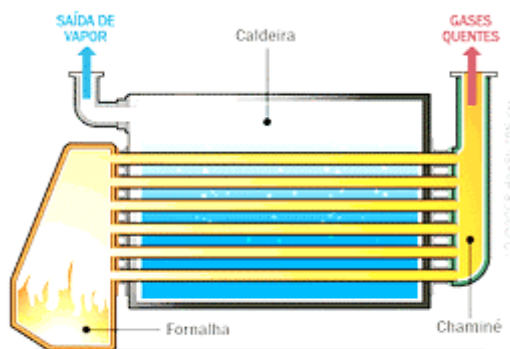


Figura 2: Caldeira flamotubular horizontal

(Fonte: https://wiki.eq.uc.pt/mediawiki/index.php/Caldeiras_flamotubulares)

2.2.2. Caldeiras Flamotubulares

Este tipo de caldeira é de construção mais simples, e pode ser classificado quanto à distribuição dos tubos, que podem ser tubos verticais ou horizontais. (Nhambiu, 2013).

2.2.2.1. Classificação das caldeiras flamotubulares

Caldeiras de tubos verticais

Segundo Nhambiu (2013), nas caldeiras de tubos verticais, os tubos são colocados verticalmente num corpo cilíndrico fechado nas extremidades por placas, chamadas espelhos. A fornalha interna fica no corpo cilíndrico logo abaixo do espelho inferior. Os gases de combustão sobem através dos tubos, aquecendo e vaporizando a água que está em volta deles.

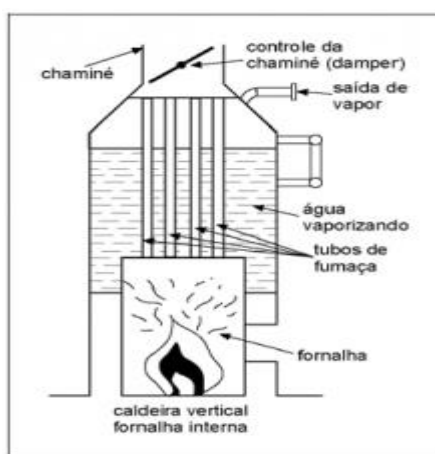


Figura 3: Caldeira de tubos verticais

(Fonte: https://wiki.eq.uc.pt/mediawiki/index.php/Caldeiras_flamotubulares)

Caldeira de tubos horizontais

Segundo Nhambiu (2013), as caldeiras de tubos horizontais (figura 2) abrangem vários modelos, desde as caldeiras Cornuália e Lancaster, de grande volume de água, até as modernas unidades compactas. As principais caldeiras horizontais apresentam tubulões internos horizontais nos quais ocorre a combustão e através dos quais passam os gases quentes. Podem ter de 1 a 4 tubulões por fornalha.

O objecto de estudo deste trabalho é uma caldeira flamotubular horizontal.

2.2.2.2. Vantagens e desvantagens das caldeiras flamotubulares

Segundo Nhambiu (2013), as principais **vantagens** deste tipo de caldeira são:

- Custo de aquisição mais baixo;
- Exigência de pouca alvenaria;
- Bom atendimento à aumentos instantâneos de demanda de vapor.

Segundo Nhambiu (2013), as principais **desvantagens** deste tipo de caldeira são:

- Baixo rendimento térmico;
- Partida lenta devido ao grande volume interno de água;
- limitação de pressão de operação (máx. 15 kgf/cm²);
- Capacidade de produção limitada;
- Dificuldades para instalação de economizador, superaquecedor e pré-aquecedor

2.3. Manutenção Industrial

Segundo Ali (2016), Manutenção significa o trabalho necessário para manter o equipamento industrial de modo que possa ser utilizado na sua capacidade total e eficiência, durante o máximo tempo possível.

Um outro papel fundamental da Manutenção é o estabelecimento de condições de trabalho seguras tanto para os operadores como, e sobretudo, para a maquinaria e o equipamento industriais.

2.3.1. Objectivo da manutenção

O principal papel da função Manutenção numa empresa é a maximização da disponibilidade das máquinas ou equipamentos industriais com vista ao alcance dos objectivos finais da organização. (Ali, 2016)

Os gestores da Manutenção devem assegurar que:

- A maquinaria e os equipamentos estejam sempre em óptimas condições de operação;
- O tempo programado para entrega dos produtos aos clientes não seja afectado por causa da indisponibilidade da maquinaria ou equipamentos;
- O tempo de paragem em virtude de avarias da maquinaria ou dos equipamentos seja mantido mínimo possível;
- O nível de desempenho da maquinaria e equipamentos seja seguro e fiável;
- Os custos da Manutenção sejam propriamente monitorados para controlar os custos indirectos das organizações;
- O tempo útil do equipamento seja prolongado enquanto se mantém um nível aceitável de precisão no trabalho para se evitar substituições desnecessárias.

2.3.2. Evolução da manutenção

Segundo Silva (2014), a evolução histórica da manutenção está dividida em quatro fases:

1ª Fase

Vai até ao ano de 1914, onde a manutenção tinha pouca importância; era considerada como secundária no processo produtivo. As indústrias da época não tinham equipas especializadas em manutenção e trabalhavam obtendo a máxima produção das máquinas até que estas avariassem ou parassem definitivamente.

A partir da primeira guerra mundial, as indústrias, de um modo em geral, querendo manter uma produção mínima, criaram um órgão subordinado à produção. O objectivo básico era fazer manutenção correctiva dos equipamentos. Na época a manutenção correctiva era suficiente.

2ª Fase

A primeira fase correspondeu à época da “avaria-repara”, mantendo-se assim até aos anos 30 quando em função da segunda guerra mundial houve necessidade de aumentar a produção, bem

como a sua rapidez para responder a uma procura crescente. Nessa altura, as indústrias através dos seus órgãos máximos, decidiram criar um departamento de manutenção, para que houvesse uma preocupação não só em corrigir as avarias, mas também em evitá-las. Nessa época começou a pensar-se como se poderia manter o sector daí em diante, ou seja, o que a manutenção devia fazer para que as máquinas pudessem produzir o maior número de peças com a maior disponibilidade possível.

3ª Fase

De 1940 a 1970, com o desenvolvimento da aviação comercial, houve uma expansão de critérios de manutenção preventiva, uma vez que não havia a possibilidade de executar a manutenção correctiva num avião em pleno voo. Esta fase é considerada a mais importante, passou a ser vista de outra forma, evoluindo de uma função de reparar os equipamentos para uma função mais qualificada e exigente em termos técnicos e científicos, implementação da análise de falhas de equipamentos, antecipando-se aos problemas.

4ª Fase

Apareceu nos 70, com a tecnologia existente nessa altura, através dos computadores melhorou-se a função de manutenção. Nestes anos apareceu a manutenção preventiva condicionada que consiste em executar a manutenção nos componentes só quando existe necessidade. É uma manutenção planeada subordinada a um tipo de acontecimento predeterminado, cuja predição é feita através de análise de dados adquiridos no equipamento.

2.4. Tipos de manutenção

Existem vários tipos de manutenção citadas por diversos autores, por vezes sem existir um consenso entre os mesmos e cada tipo possui sua particularidade que os diferem no modo que é realizada a intervenção no equipamento.

O diagrama abaixo traz uma classificação geral dos tipos de manutenção:

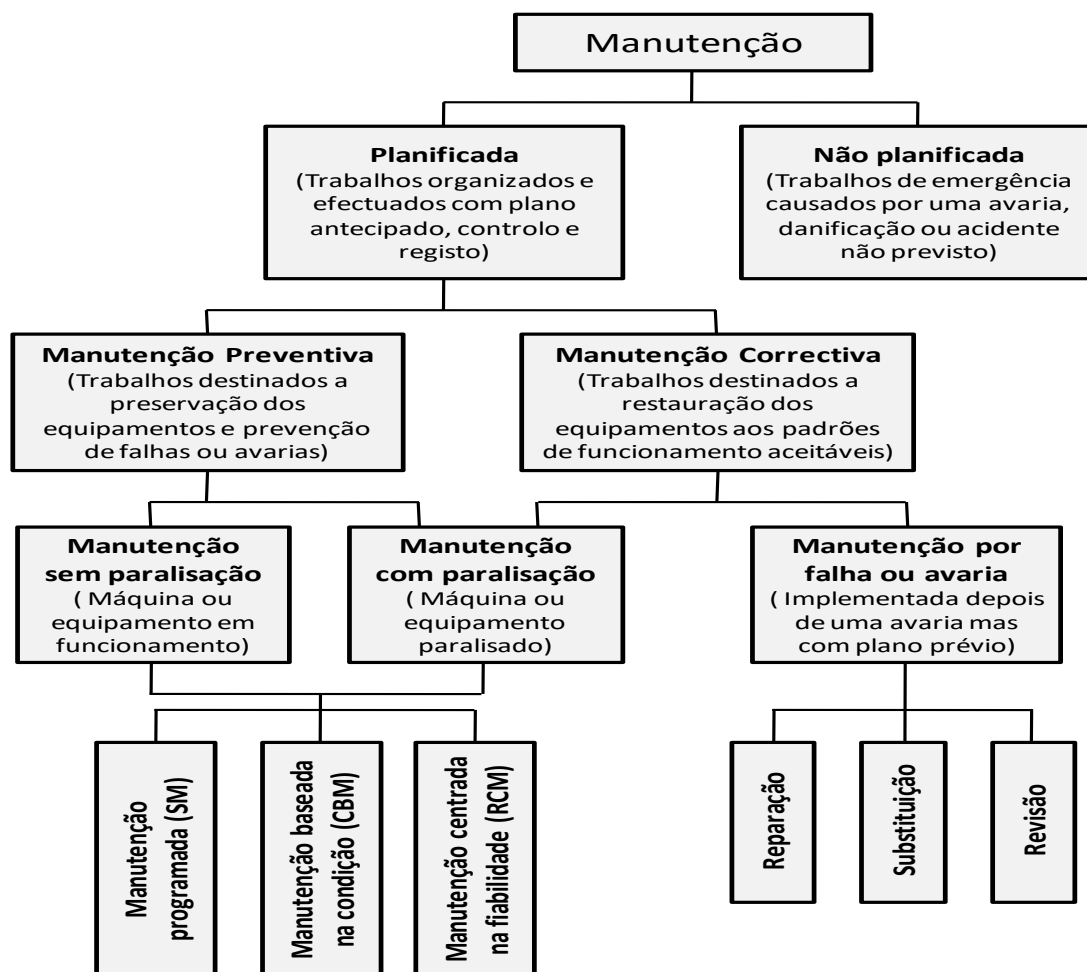


Figura 4: Classificação da manutenção industrial

(Ali, A. C. (2016). Lições de Manutenção Industrial. Departamento de Engenharia Mecânica. Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane. Maputo)

Os quatro tipos de manutenção apresentados neste trabalho são: manutenção correctiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva a manutenção centrada na fiabilidade.

2.4.1. Manutenção preventiva

Segundo Ali (2016), a manutenção preventiva é aquela que tem como objectivo a prevenção da ocorrência de uma falha ou paragem do equipamento por avaria, bem como apoiar os serviços de manutenção correctiva com a utilização de uma metodologia de trabalho periódico, ou ainda responsável pelo conjunto de análises que pode interromper ou não um processo produtivo de uma maneira planificada e programada.

Para a programação dessa manutenção devem ser planificadas todas etapas do serviço a ser executado levando em consideração o material, a mão de obra necessária e a disponibilidade do equipamento.

As principais vantagens desse tipo de manutenção são:

- Reduzir o envelhecimento ou degeneração das máquinas ou equipamentos;
- Melhorar o estado técnico operacional das máquinas ou equipamentos;
- Atuar antes das intervenções correctivas que geram altos custos;
- Reduzir os riscos de avarias nas máquinas ou equipamentos;

A Manutenção Preventiva funciona como um complemento extremamente necessário da Manutenção Correctiva, e as organizações devem propor um equilíbrio entre os dois modelos, sem priorizar apenas um tipo. O equilíbrio entre a Manutenção Preventiva e a Manutenção Corretiva é estabelecido para minimizar o custo total das paradas.

2.4.2. Manutenção correctiva

Segundo Ali (2016), a manutenção correctiva é aquela que é realizada após a ocorrência de uma falha e visa restaurar a capacidade produtiva de uma máquina, equipamento ou instalação, que esteja com sua capacidade de exercer as suas funções reduzida ou cessada. Este tipo de manutenção pode ser feito sem planeamento prévio ou com planeamento prévio.

As principais desvantagens da manutenção correctiva são as seguintes:

- Altos custos de mão-de-obra, peças sobressalentes e serviços;
- Tempo de máquina e instalações inoperantes;
- Perda de produção;
- Ocorrência de acidentes e possíveis danos ao meio-ambiente.

2.4.2.1. Manutenção correctiva não planeada

A manutenção correctiva não planeada é o modo mais arcaico de se realizar uma manutenção, pois a intervenção só será realizada após a falha ou a queda de rendimento do equipamento, sem auditoria preliminar. Consequentemente, há um aumento dos custos de manutenção e uma baixa confiabilidade no processo, visto que falhas podem levar a consequências irreversíveis na produção como exemplo desse problema, uma parada acidental ou um maior dano ao equipamento. (Reis, 2021)

2.4.2.2. Manutenção correctiva planeada

A manutenção correctiva planeada é definida pela gerência, que opta por acompanhar o equipamento até a falha. Esta manutenção como o nome já diz, é planeada, ela tende a ficar mais segura, mais barata e menos prejudicial que a não planeada. Pode-se concluir que esse tipo de manutenção é definido depois da análise do impacto da quebra de produção devido a falha no equipamento. (Reis, 2021)

2.4.3. Manutenção preditiva

Segundo Ali (2016), a manutenção preditiva, ou manutenção baseada na condição, é aquela que indica as condições reais de funcionamento das máquinas ou equipamentos com base em dados que apresentam o seu desgaste ou processo de degradação. Trata-se de um processo que prediz o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e dos equipamentos e as condições para que esse tempo de vida seja bem aproveitado.

A manutenção preditiva é a manutenção que realiza acompanhamento de variáveis e parâmetros de desempenho de máquinas e equipamentos, visando definir o instante correto da intervenção, com o máximo de aproveitamento do activo. (Reis, 2021)

A proposta da manutenção preditiva é fazer o monitoramento regular das condições mecânicas, eletrônicas, pneumáticas, hidráulicas e elétricas dos equipamentos e instalações e, ainda, monitorar o rendimento operacional de máquinas, equipamentos e instalações quanto a seus processos. (Teles, 2019)

Os objetivos da manutenção preditiva são os seguintes:

- Determinar, antecipadamente, a necessidade de serviços de manutenção numa peça específica de um equipamento;
- Eliminar desmontagens desnecessárias para inspeção;
- Aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos;
- Reduzir o trabalho de emergência não planificado;
- Impedir o aumento dos danos;

Técnicas de Manutenção Preditiva:

Existem várias técnicas e métodos de Manutenção Preditiva disponíveis no mercado. As quatro técnicas mais comuns usadas no ambiente industrial:

1. Análise de vibrações;
2. Termografia;
3. Análise de Óleo;
4. Ultrassom.

Cada técnica de Manutenção Preditiva foca na análise de um modo de falha, para aumentar a confiabilidade e precisão do diagnóstico, e elas podem ser usadas em conjunto.

2.4.4. Manutenção centrada na fiabilidade - RCM

A Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM, do termo Inglês Reliability Centered Maintenance) é um processo que determina o que deve ser feito para assegurar que qualquer activo físico (máquina ou equipamento) continue a fazer o que os seus utentes querem que ele faça no seu contexto operacional. (Ali, 2016)

Segundo Teles (2019), um ponto importantíssimo é ressaltar que esta manutenção é normalizada. Existem duas principais normas que propõem padrões de implantação da manutenção centrada na fiabilidade:

IEC 60300-3-11: *Gestion de la surté de fonctionnement – Parte 3-11: Guide d’application – Maintenance basée sur la fiabilité. Comission Electrotechnique Internationale*, Geneva, Switzerland.

SAE JA1012: SAE International. *Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard*. SAE JA1012, Warrendale, PA, USA, 2002.

2.5. Indicadores de manutenção

2.5.1. MTBF – Tempo Médio Entre Falhas

O MTBF, *mean time between failure* significa tempo médio entre falhas.

De acordo com Kardec e Nascif (2001) é classificado como uma “medida básica de confiabilidade de itens reparáveis e, em geral, se refere à vida média de uma população”. No entanto segundo Branco Filho (2006) é a média dos tempos de aproveitamento de máquinas em operação sem ocorrer falhas, iniciando a contagem a partir da implantação da máquina em funcionamento próximo ao defeito.

Através deste indicador torna-se alcançável reconhecer grandes questões presentes na manutenção como a efectividade da manutenção. O desejo é esse indicador ser maior possível.

O indicador é calculado pela equação abaixo: (Kardec & Nascif, 2001)

$$MTBF = \frac{\sum \text{Tempo total de operação}}{\sum \text{Número de falhas de um componente}} \quad (2.1)$$

2.5.2. MTTR – Tempo Médio Para Reparação

O MTTR, *mean time to repair* significa tempo médio para reparação.

Segundo Viana (2014) é o indicador que mede o tempo ideal, em média para a realização intervenções de manutenção para os problemas durante o funcionamento da linha. Não só engloba as manutenções correctivas, como também as preventivas, entretanto os tempos de espera do material de aquisição não são incluídos nos cálculos. Além disso, o MTTR é reconhecido como um indicador de eficácia da manutenção, haja vista que quanto maior o MTTR, menor o nível de eficiência para o reparo.

O indicador é calculado pela equação abaixo: (Viana, 2014)

$$MTTR = \frac{\sum \text{Tempo para reparação de um componente}}{\sum \text{número de reparos ocorridos}} \quad (2.2)$$

2.5.3. OEE – Eficácia Geral do Equipamento

Segundo Branco Filho (2006), o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), é definido como um dos primordiais indicadores que dimensionam a eficácia das máquinas inspecionando seu uso durante o manuseio.

OEE é o padrão ouro para medir a produtividade da fabricação. Simplificando – identifica a percentagem de tempo de produção que é verdadeiramente produtiva. Uma pontuação OEE de 100% significa que você está fabricando apenas peças boas, o mais rápido possível, sem tempo de paragem. Na linguagem do OEE isso significa 100% de **Qualidade** (somente Peças Boas), 100% de **Performance** (o mais rápido possível) e 100% de **Disponibilidade** (sem Tempo de Paragem). [10]

A **disponibilidade** do equipamento nos diz quanto tempo o equipamento produziu em relação ao tempo total disponível para produção.

$$\textit{Disponibilidade} = \frac{\textit{Tempo produzido}}{\textit{Tempo total planeado para produzir}} \times 100\% \quad (2.3)$$

A **performance** nos diz quão bem o equipamento produziu, enquanto estava produzindo. Está relacionado com a velocidade de operação do equipamento.

A performance compara a quantidade produzida com a quantidade teórica que poderia ter sido produzida enquanto o equipamento estava produzindo, independente da qualidade do que foi produzido, sendo calculado da seguinte maneira:

$$\textit{Performance} = \frac{\textit{Tempo ciclo padrão}}{\textit{Tempo ciclo real}} \times 100\% \quad (2.4)$$

A **qualidade** nos diz quantos itens bons foram produzidos em relação ao total de itens produzidos, sendo calculado da seguinte maneira:

$$\textit{Qualidade} = \frac{\textit{Quantidade de bons}}{\textit{Quantidade total produzida}} \times 100\% \quad (2.5)$$

A união desses três índices, disponibilidade, performance e qualidade, fornecem um cenário que é designado por um único indicador OEE.

$$\textit{OEE}(\%) = \textit{Disponibilidade} \times \textit{Performance} \times \textit{Qualidade} \quad (2.6)$$

CAPÍTULO 3: CONTEXTUALIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

3.1. Apresentação da empresa Sumol+Compal

3.1.1. História

A origem do grupo Sumol remonta à década de 40, quando em 1945 nasce a Refrigor, pequena empresa cujo objectivo era a produção de refrigerantes, inicia a sua actividade. Através da visão e actividade multifacetada incansável do empreendedor António João Eusébio, a empresa entra num ritmo de expansão em 1954 através do lançamento de um novo produto, o Sumol, bebida de sumo de fruta pasteurizada.

A Compal iniciou a sua actividade em 1952, tendo-se dedicado à indústria do tomate. Em 2006, a Sumol adquire 20% da Compal. Em 2008 dá-se a aquisição dos restantes 80% e em 2009, a empresa efectua a sua fusão. A partir dessa data começa a empresa Sumol+ Compal, que se desenvolve até hoje e tendo aberto em 2013 a unidade de produção em Moçambique Sumol + Compal Moçambique.

3.1.2. Visão e Propósito

Propósito

Nutrir, hidratar e proporcionar bem-estar através dos frutos, dos vegetais e da água, contribuindo para um mundo mais sustentável.

Visão

Ser uma empresa de referência internacional em bebidas de frutos e de vegetais;

Em Portugal, liderar os mercados de bebidas não alcoólicas e reforçar significativamente a posição em vegetais embalados (não frescos);

Em África, ter posições relevantes nos mercados de sumos, néctares e bebidas refrescantes.

3.1.3. Fábrica de Boane

A fábrica de Boane já tem mais de 10 anos em Moçambique, inaugurada em 2013. A Sumol + Compal possui o seguinte portfólio de produtos:

- Refrigerantes;
- Sumos e néctares;
- Derivados de tomate;
- Águas

A fábrica de Boane produz actualmente néctares da marca Compal, possuindo quatro linhas de produção, de 200ml, 500ml, 1L e de 180ml, sendo a última instalada em Dezembro de 2023.

O processo de produção obedece ao sistema HACCP que compreende todos os sectores da fábrica da planta desde as utilidades até aos armazéns de produto acabado.

A produção é feita por 24h durante seis (6) dias por semana.

Sector de Utilidades

Como máquinas deste sector tem-se a Caldeira de vapor, o Compressor de ar e um Gerador.

Sector de Formulação

Como equipamentos deste sector tem-se a Estação CIP, as Aberturas dos tambores de polpa e os Tanques de depósito de sumo e água

Sector de Pasteurização

Neste sector estão três pasteurizadores. Um pasteurizador opera apenas uma linha de produção. Como são actualmente quatro linhas de produção, há sempre uma linha de produção inactiva.

Sector de Produção

Neste sector está a envolvente de lotes e as quatro de linhas de produção, 180 ml, 200 ml, 500 ml e 1000 ml.

Organograma da Fábrica de Boane

A fábrica de Boane possui o organograma abaixo:

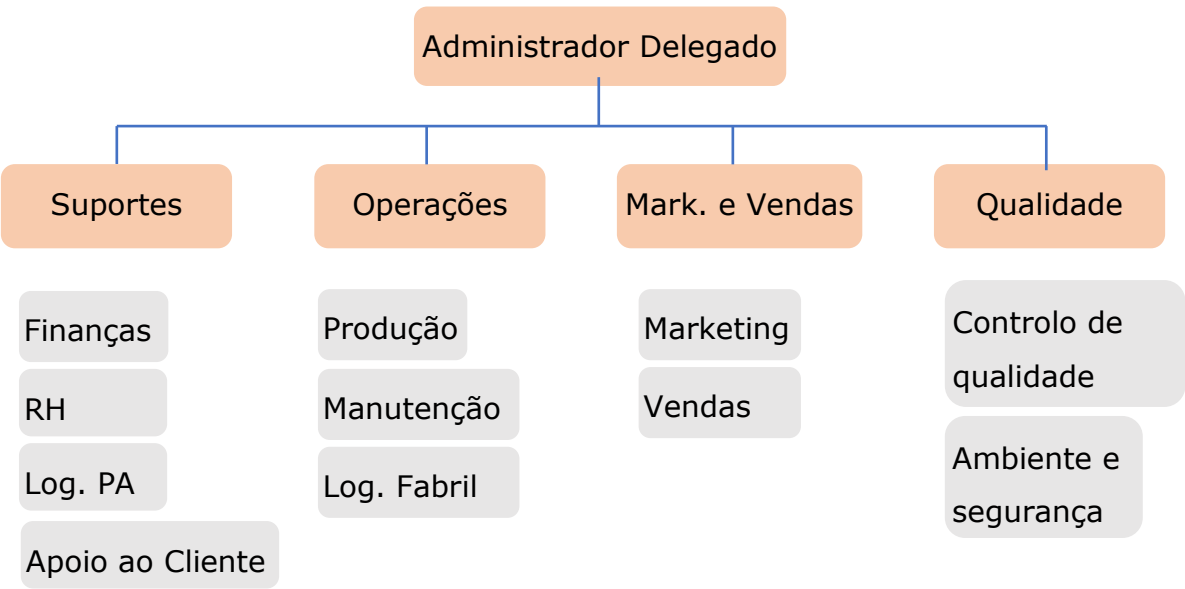


Diagrama 1: Organograma da Fábrica de Boane

3.2. Departamento de Manutenção

O departamento de manutenção da unidade de Boane desenvolve uma actividade de suporte, e de acompanhamento de novos projectos, assumindo ainda a responsabilidade sobre gestão de activos técnicos, isto é, as instalações e equipamentos.

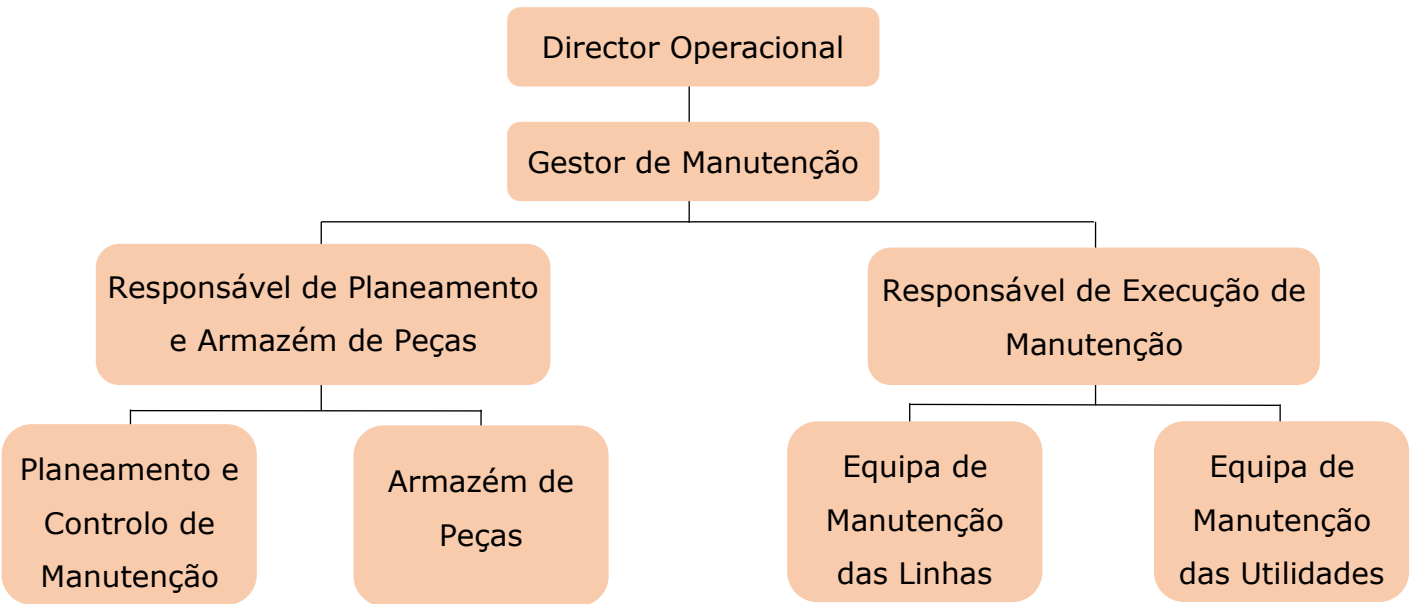


Diagrama 2: Estrutura funcional do departamento de manutenção

3.2.1. Planeamento e Armazém de Peças

A divisão de Planeamento e Armazém de Peças insere-se no departamento de manutenção que tem as funções de planeamento, controlo, gestão de peças de *stock* e acompanhamento de actividades de manutenção e projectos industriais.

3.2.2. Execução de Manutenção

Esta divisão tem as funções de execução das actividades de manutenção que são geradas pelo PCM e resolução de anomalias que ocorrem durante o funcionamento das linhas de produção intervenções, também é responsável por contactar o fabricante das máquinas de produção quando haver sua necessidade na resolução de algum problema técnico.

3.2.3. Planeamento e Controlo de Manutenção - PCM

Esta secção é composta pelo gestor de planeamento e armazém de peças e um planificador, sendo a última categoria a minha durante o estágio.

O planeamento e controlo de manutenção (PCM), é responsável por planear, aprovisionar, controlar e analisar as actividades de manutenção visando melhorar a fiabilidade e disponibilidade dos activos.

Planeamento de uma actividade de manutenção consiste em elaborar as actividades a serem executadas, a aquisição de recursos, interação com outras partes para a disponibilidade de equipamento e por fim programação da actividade.

As principais actividades do PCM são:

- Planear, programar e gerenciar o plano de manutenção dos activos;
- Construir, controlar e analisar indicadores de manutenção;
- Listar e aprovisionar recursos necessários;
- Identificar, relatar e participar de melhorias de processos;
- Manter o software de gerenciamento de manutenção íntegro e actualizado.

3.3. Actividades realizadas no estágio

O estágio foi realizado na secção de PCM como planificador de manutenção.

As actividades realizadas foram:

- Actualização do plano anual de manutenção dos activos de utilidades e produção;
- Planeamento de actividades de manutenção preventiva conforme o plano;
- Programação de grandes revisões dos activos;
- Programação de manutenção preventiva e correctiva planeada;
- Procura e compra de peças de aplicação directa;
- Interação com o fabricante para actualização de peças obsoletas;
- Participação na definição de peças a serem estocadas no armazém de peças;
- Manuseio do sistema SAP MM;
- Captação e análise dos reportes de anomalias e manutenção planeada;
- Receber reportes de anomalias de diversas áreas da fábrica;
- Supervisão das actividades de manutenção planeada;

3.4. Objecto de estudo – caldeira flamotubular

3.4.1. Aplicação da caldeira na fábrica

Para a produção do sumo a fábrica recebe tambores de polpa ou concentrados, e dentro da fábrica é feita a formação do xarope que é adicionado a polpa com uma proporção adequada, nesta etapa também é adicionada a água tratada e assim é formado o primeiro estágio do sumo. O segundo estágio é a eliminação dos contaminantes do sumo nos pasteurizadores, de seguida ocorre o enchimento e depois a distribuição e por fim o envolvimento que é formação de lotes.

Os pasteurizadores, equipamentos com criticidade A, aquecem e resfriam o sumo alternadamente, onde a água fria dos pasteurizadores é formada nos chillers e a água quente é obtida nos permutadores de calor que tem como fluido de trabalho o vapor gerado na caldeira.

As enchedoras, equipamentos com criticidade A, realizam um processo simultâneo de enchimento de produto e formação de pacote. A válvulas de entrada de produto na enchedora é complementada pela presença do vapor proveniente da caldeira.

A estação de limpeza CIP, com criticidade A, utiliza a água tratada, soda quente e ácido quente para a limpeza da tubagem de circulação de produto, dos tanques, dos pasteurizadores e das enchedoras. O aquecimento da soda e da água é através de permutadores de calor que tem como fluído de trabalho o vapor proveniente da caldeira.

3.4.2. Características da Caldeira Flamotubular

A caldeira flamotubular (vide anexo I – desenho de conjunto) tem as seguintes características:

Tabela 1: Características da Caldeira Flamotubular da Sumol Compal

Fabricante	AMBITERMO
Tipo	Gastubular Horizontal
Modelo	SBM – S 3000
N.º de fabrico	607
Pressão de cálculo	1,20 N/mm ² (12,0 bar)
Combustível	Óleo (Está sendo usado Diesel)
Produção de vapor máximo	3000 kh/h
Temperatura máxima de serviço	192,0 °C
Volume de água até nível de funcionamento	5000 litros
Volume de água – caldeira cheia	6100 litros
Peso do gerador de vapor vazio	9250,0 kg

A constituição da caldeira gastubular SBM – S 3000 é apresentada no anexo I, sendo destacado abaixo as partes críticas quanto a sua manutenção e riscos:

- Queimador (5)
- Entrada de água na caldeira (6)
- Controlador de nível de água (7)
- Indicadores de níveis de água (8)
- Válvula de segurança (9)
- Eléctrodo de segurança de falta de água (12)

3.4.3. Estado do objecto do estudo

A caldeira da Sumol Compal carece de manutenção adequada. Não são realizadas manutenções regulares na caldeira pois o programa de manutenção da caldeira não está devidamente elaborado. A falta de um *lista de verificação* é uma das causas raiz da não realização de actividades como inspecções e manutenção preventiva de maneira consistente.

A manutenção dominante na caldeira é a correctiva. E na idade da caldeira a manutenção correctiva traz muitos custos em casos de anomalias que causam paragem repentinas ou falha de ignição no queimador ou ainda geração de vapor ineficiente que resulta em mais consumo de combustível.

Em Setembro de 2023 aconteceu uma anomalia na caldeira que custou uma paragem de produção de uma (1) semana na fábrica. A sonda de nível avariou, um elemento que com devidas inspecções e manutenção preventiva de substituição poderia ter sido detectado antes de ocorrer a falha. Existem outras anomalias desde leves a graves conforme destacam as figuras abaixo:



Figura 5: Vista Frontal da caldeira. O queimador tem falhas de ignição



Figura 6: Fuga de diesel no modulador do queimador



Figura 7: Quadro de comando da caldeira



Figura 8: Vista lateral direita da caldeira. Uma bomba de água avariou.

CAPÍTULO 4: METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

Neste capítulo é apresentado o método usado para a obtenção dos resultados deste trabalho. Os procedimentos utilizados são:

- Recolha de dados nos departamentos de manutenção e produção;
- Análise de dados e inspeção caldeira;
- Escolha da estratégia de manutenção;
- Criação do programa de manutenção.

4.1. Metodologia de pesquisa usada

Do ponto de vista científico, quanto aos procedimentos o trabalho é de campo, onde observa factos que ocorrem numa empresa de produção de bebida não alcoólica, pretende estudar uma máquina de produção de vapor. Quanto aos objectivos o trabalho é descritivo, tendo sido usado a técnica de colecta de dados os quais foram registrados e interpretados. Quanto a abordagem o trabalho foi uma pesquisa qualitativa.

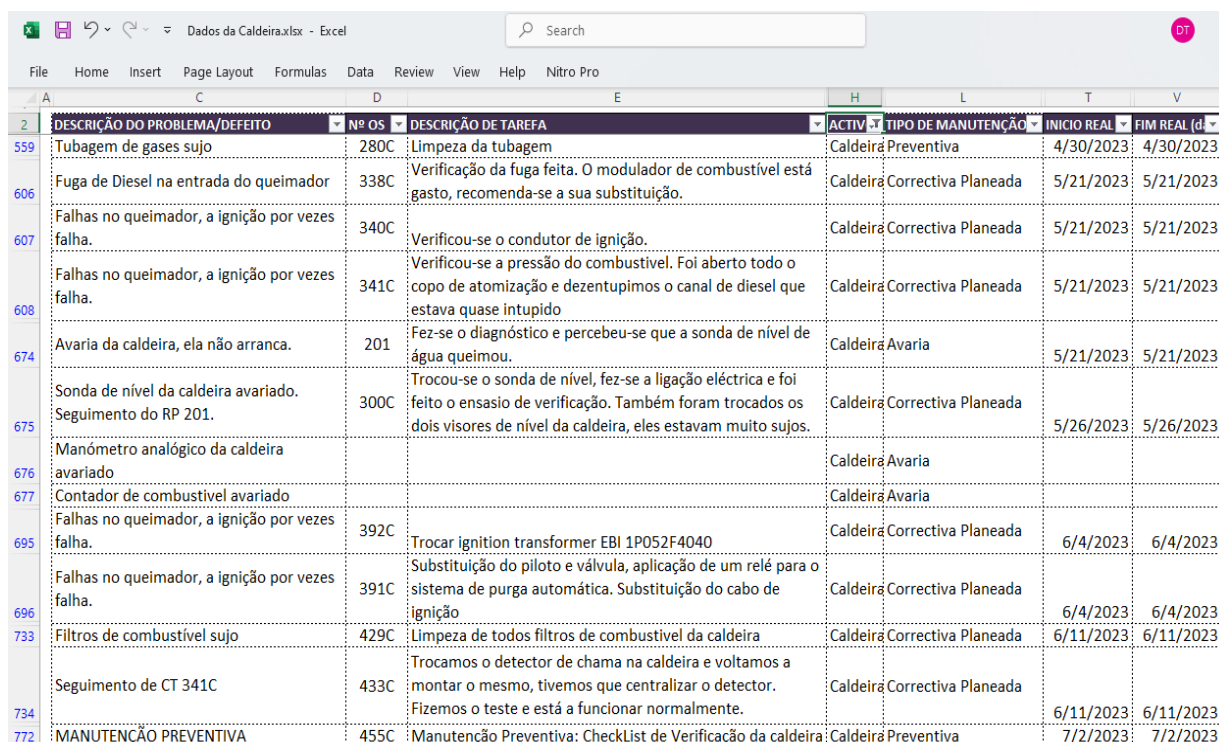
4.2. Recolha de dados

Foram utilizados o relatório dos repórteres de anomalias e o relatório de produção, dos meses Maio e Junho de 2023. Foi feito também uma inspeção visual conforme ilustrado nas figuras 5, 6, 7 e 8.

Da inspeção notou-se muitas anomalias na qual a mais notória é a fuga de combustível *diesel*, um produto altamente inflamável que cria um alto de risco de gerar fogo e consequentemente uma explosão uma vez que essa fuga ocorre na entrada do queimador da caldeira.

O instrumento usado para a captura de relatórios técnicos é uma folha *excel*, na qual são registados diariamente as intervenções do dia anterior e analisadas. A figura 9 representa uma parte da captura de dados da caldeira, foi feito um filtro para este activo. Nota-se que a manutenção predominante é correctiva. O foco neste tipo de manutenção apenas acarreta muitos custos a empresa.

ZPT 2024: Programa de manutenção para uma caldeira flamotubular



	DESCRICÃO DO PROBLEMA/DEFEITO	Nº OS	DESCRICÃO DE TAREFA	ACTIV	TIPO DE MANUTENÇÃO	INICIO REAL	FIM REAL (d)
559	Tubagem de gases sujo	280C	Limpeza da tubagem		Caldeira Preventiva	4/30/2023	4/30/2023
606	Fuga de Diesel na entrada do queimador	338C	Verificação da fuga feita. O modulador de combustível está gasto, recomenda-se a sua substituição.		Caldeira Correctiva Planeada	5/21/2023	5/21/2023
607	Falhas no queimador, a ignição por vezes falha.	340C	Verificou-se o condutor de ignição.		Caldeira Correctiva Planeada	5/21/2023	5/21/2023
608	Falhas no queimador, a ignição por vezes falha.	341C	Verificou-se a pressão do combustível. Foi aberto todo o copo de atomização e dezentupimos o canal de diesel que estava quase intupido		Caldeira Correctiva Planeada	5/21/2023	5/21/2023
674	Avaria da caldeira, ela não arranca.	201	Fez-se o diagnóstico e percebeu-se que a sonda de nível de água queimou.		Caldeira Avaria	5/21/2023	5/21/2023
675	Sonda de nível da caldeira avariado. Seguimento do RP 201.	300C	Trocou-se o sonda de nível, fez-se a ligação eléctrica e foi feito o ensaio de verificação. Também foram trocados os dois visores de nível da caldeira, eles estavam muito sujos.		Caldeira Correctiva Planeada	5/26/2023	5/26/2023
676	Manómetro analógico da caldeira avariado				Caldeira Avaria		
677	Contador de combustível avariado				Caldeira Avaria		
695	Falhas no queimador, a ignição por vezes falha.	392C	Trocar ignition transformer EBI 1P052F4040		Caldeira Correctiva Planeada	6/4/2023	6/4/2023
696	Falhas no queimador, a ignição por vezes falha.	391C	Substituição do piloto e válvula, aplicação de um relé para o sistema de purga automática. Substituição do cabo de ignição		Caldeira Correctiva Planeada	6/4/2023	6/4/2023
733	Filtros de combustível sujo	429C	Limpeza de todos filtros de combustível da caldeira		Caldeira Correctiva Planeada	6/11/2023	6/11/2023
734	Seguimento de CT 341C	433C	Trocamos o detector de chama na caldeira e voltamos a montar o mesmo, tivemos que centralizar o detector. Fizemos o teste e está a funcionar normalmente.		Caldeira Correctiva Planeada	6/11/2023	6/11/2023
772	MANUTENÇÃO PREVENTIVA	455C	Manutenção Preventiva: CheckList de Verificação da caldeira		Caldeira Preventiva	7/2/2023	7/2/2023

Figura 9: Captura de repórter de anomalias da caldeira

O método de notificação de anomalias inicia nos operadores das máquinas que detectam anomalia da máquina e chamam os técnicos de manutenção, por sua vez os técnicos de manutenção realizam a intervenção e depois registam no livro de anomalias da manutenção. Os operadores registam as paragens de produção no livro deles, incluindo o motivo, a hora inicial da paragem e a hora em que a manutenção devolve a máquina corrigida a produção. No final do dia a equipa de produção elabora um relatório de produção e envia para os outros departamentos.

4.3. Manutenção da caldeira

A manutenção predominante na caldeira é a correctiva, a preventiva realizada é fraca comparando com as actividades recomendadas pelo fabricante.

As actividades preventivas realizadas estão destacadas na tabela 2. Estas são realizadas internamente pela equipa de utilidades e das linhas, e também é feita uma manutenção anual por empresas especializadas.

Tabela 2: Manutenção preventiva feita na caldeira

Descrição da actividade	Tipo de Técnico	Periodicidade	Comentários
Limpeza da tubagem dos gases utilizando escovas	Operador da cadeira Técnico de linha	Não definida	No plano anual (mapa de 32 semanas) não constava essa actividade.
<i>Lista de verificação</i> com tarefas de inspeção	Operador da caldeira Técnico de linha	Não definida	A lista de tarefa é muito pobre e não tem como base as recomendações do fabricante

Da figura 9, pode-se perceber duas avarias sem nenhuma intervenção tomada, *um manómetro analógico avariado* e *o contador de combustível avariado*. Essas duas avarias têm consequências altas, não se sabe exactamente quanto de combustível a caldeira consome, o fluxo de consumo de combustível actual não é conhecido, e este é um parâmetro importante para o controlo da degradação da eficiência da caldeira, assim como para os custos de combustível. O manómetro analógico é altamente crítico, ele é o *backup* do manómetro digital que está no quadro da caldeira, há extrema necessidade de se garantir a existência de dois manómetros de funcionamento independente para o controle da pressão.

A ordem 201 reporta uma avaria que custou a paragem de produção durante uma semana, isso se deve ao componente sonda de nível de água que avariou, é um componente extremamente crítico cujo o fabricante recomenda a sua inspeção periódica. A falta de análise de criticidade das peças da caldeira, pode ocasionar como o caso da sonda de água, a paragem da caldeira por motivos de segurança e não arranque da mesma.

Essas observações negativas acima mencionadas conduzem a uma única resposta quanto a qualidade de programa de manutenção da caldeira, *a estratégia de manutenção tem uma confiabilidade muito baixa e com alto risco de paragens grandes*. A tabela abaixo resume os prós e contras que concernem a manutenção da caldeira;

Tabela 3: Prós e contras da manutenção da caldeira

Prós	Contras
Custos reduzidos a curto prazo	Custos elevados a longo prazo
Manutenção anual feita por profissionais especializados	Falta de peças sobressalentes críticas a caldeira
Algumas actividades preventivas	Falta de peças sobressalentes para rotina
Notificação das anomalias	Não antecipação das falhas funcionais dos componentes devido a falta de inspeções significativas
Controle a tempo inteiro da caldeira	Técnicos sem capacitação / treinamentos
Registo dos parâmetros da caldeira	Anomalias duram muito tempo para serem resolvidas
-	Não se faz a limpeza interior da caldeira com agentes químicos apropriados
-	Não tem plano de manutenção
-	Não tem uma estratégia de manutenção, a manutenção é reactiva.

4.4. Programa de manutenção

4.4.1. Tipo de manutenção para a caldeira

Foram verificadas as situações abaixo, quanto a produção e manutenção do equipamento.

- A caldeira é um equipamento de criticidade A, as suas peças de reposição são caras e tem um intervalo longo de substituição, daí que há necessidade de se optimizar muito

bem as actividades a serem executadas consoante as condições reais de carga e estado dela.

- As falhas que ela apresenta indicadas no capítulo 3, o seu tempo total de operação, a grande carga imposta sobre ela são factores que contribuem significativamente para a alteração do tempo de previsões de desgastes das peças dos componentes.
- Grandes quantidades de peças críticas não existem como stock no armazém de peças, e as mesmas são caras, o que faz com que não seja viável colocar tudo que é peça de substituição no stock, as peças devem ser compradas e aplicadas sem ficarem muito tempo no armazém de peças.

Como ação de mitigar esses factores que contribuem negativamente para a vida útil e custos da caldeira, recomenda-se a introdução progressiva da manutenção centrada da fiabilidade – RCM.

A manutenção centrada na fiabilidade consiste na seleção de estratégias de manutenção para cada activo e o seu procedimento de implantação é normalizado, sendo a norma IEC 60300-3-11 mais intuitiva para o caso em estudo.

As etapas de implantação da RCM proposta como estratégia de manutenção da caldeira, assim como todos os outros equipamentos críticos são os 7 passos práticos definidos por John Moubray e que estão de acordo com a norma IEC60300-3-11.

Método Moubray – Sequência lógica de implantação de RCM

Etapa 1: *Seleção dos sistemas e colectas de informação;*

Etapa 2: *FMEA – Análise dos modos e efeitos de falha;*

Etapa 3: *Seleção das funções significantes;*

Etapa 4: *Seleção das actividades aplicáveis;*

Etapa 5: *Avaliação da efectividade das actividades;*

Etapa 6: *Seleção das actividades definitivas;*

Etapa 7: *Definição da periodicidade das actividades;*

A manutenção centrada na fiabilidade não é uma metodologia que pode começar a ser usada do dia para a noite. A sua implantação exige estudos com base em dados quantitativos e qualitativos assim como o uso do cálculo estatístico para o cálculo de indicadores que auxiliam no ajuste da periodicidade de manutenção preventiva.

4.4.2. Actividades de manutenção para o programa de manutenção

Actividades de manutenção

Este programa de manutenção contém tarefas que visam a prevenção de ocorrência de falhas na caldeira e sobretudo um *shutdown* e explosão. Teve-se em conta os seguintes factores:

- Manual de fabricante da caldeira;
- Manual de fabricante do queimador;
- Experiência da equipa da Sumol Compal;
- Pesquisa bibliográfica sobre manutenção de caldeiras;

Árvore de componentes da caldeira

Foi feita uma árvore estrutural das máquinas e equipamentos para a área de utilidades e a área de produção. O processo de árvore estrutural é longo, daí que foi dividido por fases, sendo a primeira fase a que compreende cinco níveis, conforme ilustra a figura 10.

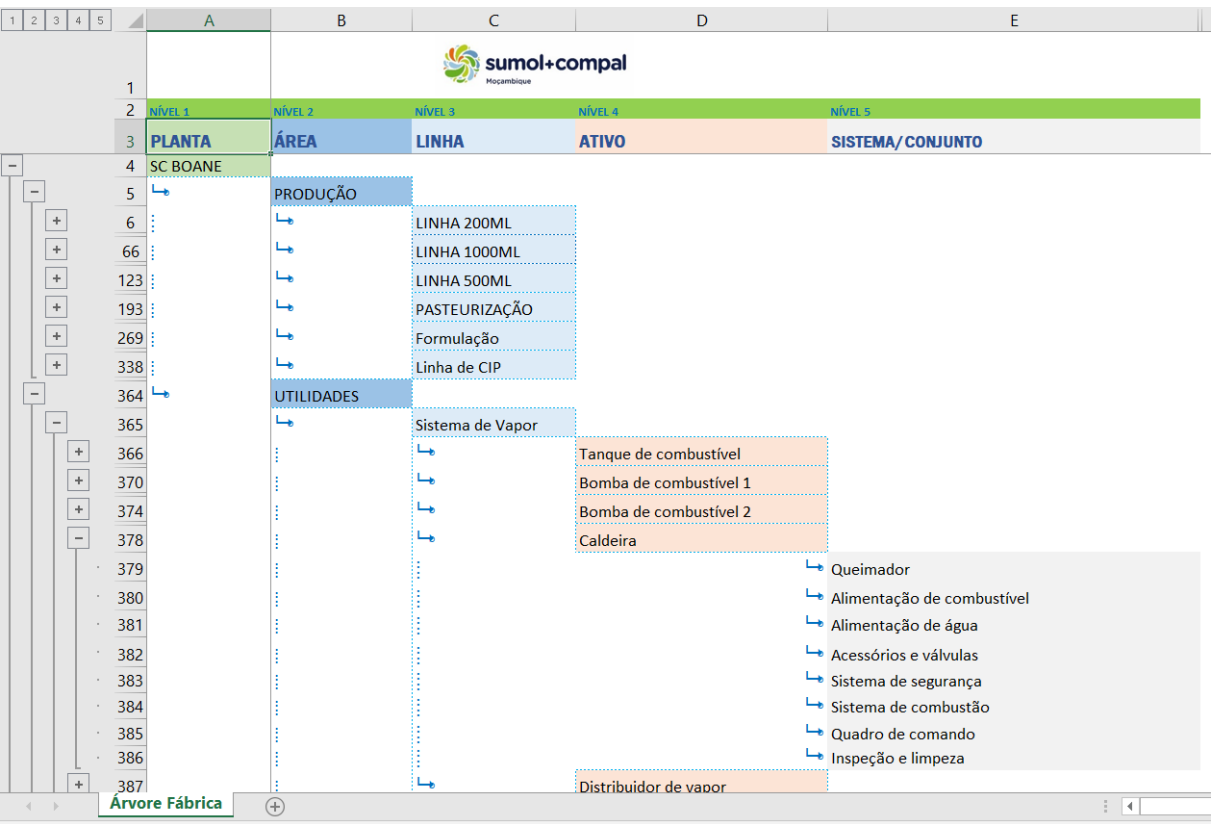


Figura 10: Árvore estrutural da fábrica até a caldeira.

(Fonte: Autor)

CAPÍTULO 5: APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

5.1. Lista de tarefas de manutenção da caldeira

O pressuposto trabalho foi elaborado para a revisão do plano de manutenção de uma caldeira flamotubular que se encontra no sector de utilidades de uma fábrica de produção de sumos. A lista de tarefas foi elaborada segundo a explicação do capítulo 4, a metodologia empregue foi a compilação de tarefas em diversas bibliografias sendo a bibliografia mãe o manual do fabricante.

A falta de um *lista de verificação* cria um grande embaraço quanto a efectividade da manutenção da caldeira, a equipa técnica assim como a planificação percebem que falta ações para a caldeira, mas a grande questão “quais são as tarefas que devem ser feitas?” não tinha resposta. O *lista de verificação* é o documento mãe para a resposta dessa questão e de forma subsequente o instrumento que o PCM usará para elaborar ou incorporar no plano mestre de manutenção, e as derivações planos mensais, semanais e diários. Esses planos não tinham na empresa.

São apresentados neste capítulo, comparações entre os estados da manutenção da caldeira com essa revisão de plano de manutenção e antes da revisão, nos seguintes processos:

- Tarefas de manutenção;
- Geração de planos mensais, semanais e diários;
- Análise dos sistemas da caldeira;
- Aquisição e optimização de recursos para caldeira;
- Prevenção de falhas funcionais

A proposta do programa de manutenção para a caldeira é a lista de verificação a seguir acompanhada por um programa de fiabilidade consoante o fluxograma de RCM da norma *IEC 60 300-3-11*.

Tabela 4: Lista de verificação de manutenção para a caldeira

Cod. do Equipamento	Máquina	Sistema	Equipamento	Falha por evitar	Descrição da Actividade	Condição Óptima	Frequência	Tipo Técnico	Tipo Progr.	Estado Máquina
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Caldeira Ambitermo	Caldeira Ambitermo	-	Registre os parâmetros de funcionamento: pressão e temperatura	Parâmetros com valores admissíveis	24h	O	Me	F
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Limpeza	Conduatas	Acúmulo de lama no interior da caldeira	Fazer duas descargas através da válvula de sangria de lodos. ◦Abrir a válvula para a descarga; ◦A descarga deverá ser de cerca de 30 segundos no máximo;	Sem sujidade acumulada no fundo da caldeira	8h	O	Aj	F
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Limpeza	Conduatas	Contaminação inadmissível	Proceder a purga de fundo da caldeira e em todas canalizações, durante 3 segundos	Água sem contaminação	12h	O	Aj	F
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Seg. falta de água	Eléctrodo de segurança para água	Falta de alarme em caso de nível muito baixo de água	Verificação do funcionamento do eléctrodo de segurança	Eléctrodo em funcionamento	8h	E O	In	F
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Seg. falta de água	Visor de nível	-	Verifique o nível de água no visor	Nível de água suficiente no visor	24h	O	In	F
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Seg. falta de água	Queimador	Não desligamento automático do queimador	Faça a purga de modo que o nível de água seja menor, e	Desligamento automático do	1S	O	In	F

ZPT 2024: Programa de manutenção para uma caldeira flamotubular

					verifique se o queimador vai desligar automaticamente.	queimador com baixo nível				
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Seg. falta de água	Controlador de nível	Falta de regulação modulante do caudal da água	Verificação do controlador de nível "sonda de nível": ◦Abrir a válvula de entrada de água; ◦Ver se a água entra no indicador; ◦Verificar se a água vai se estabilizar depois de 30 segundos.	Controlo de nível eficiente	1M	O	In	P
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Seg. falta de água	Eléctrodo de segurança para água	Sujidade no eléctrodo	Limpeza nos eléctrodos: ◦Retirar os eléctrodos e verificar se estão limpos; ◦Ao colocá-los de volta garanta que eles estejam mergulhados cerca de 2cm abaixo do nível mínimo.	Eléctrodo devidamente limpo.	1M	E	Li	P
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Seg. falta de água	Controlador de nível	Desgaste da válvula	Revisão da válvula	Controlador de nível sem falha potencial	1A	EP	Rev	P
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Seg. Pressão alta	Sonda de pressão	Falha no controle da pressão de serviço	Ensaio do seu funcionamento	Sonda de pressão em funcionamento	1M	E	In	F
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Seg. Pressão alta	Pressostato de seg. Máxima	Falha no controle da pressão máxima admissível da caldeira	Ensaio do seu funcionamento	Pressostato em funcionamento	1M	M	In	F
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Seg. Pressão alta	Válvula de seg. De mola	Incapacidade desta válvula actuar em caso das falhas da sonda de pressão e pressostato	Ensaio do seu funcionamento	Válvula em funcionamento	1M	M	In	F

ZPT 2024: Programa de manutenção para uma caldeira flamotubular

CAL_1	Caldeira Ambitermo	Seg. Pressão alta	Válvula de seg. De mola	Desgaste da válvula	Revisão e calibração da válvula	Válvula de segurança sem falha potencial	1A	EP	Rev	P
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Corpo da caldeira	Válvulas	Desapertos	Verificação das ligações por rosca na caldeira: ◦Verificar apertos em flanges; ◦Verificar apertos em válvulas; ◦Verificar apertos em suportes;	Apertos sem folga	24h	O	In	P
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Corpo da caldeira	Portas	Cristalização das portas e desgastes das juntas de vedação	Substituição de todas juntas de vedação das portas	Juntas de vedação das portas sem desgaste	1A	M	Sb	P
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Corpo da caldeira	Isolamentos	Desgaste de isolamentos	Revisão geral de isolamentos	Isolamentos em plena forma	1A	M	Rev	P
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Alimentação de combustível	Conduatas	Fugas	Verificar fuga de combustível na linha de alimentação do combustível até ao queimador	Sem fuga de combustível	1S	O M	In	F
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Alimentação de água	Caldeira Ambitermo	Vazamentos	Inspeção de vazamentos na linha fornecimento de água	Sem vazamentos	24h	O	In	F
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Alimentação de água	Bomba de alimentação	Fuga de água	Verificar fuga de água nas bombas	Sem fuga de água nas bombas	1M	O	In	F
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Alimentação de água	Bomba de alimentação	Sujidade excessiva	Limpeza do interruptor da sonda/boia da bomba de alimentação	Sonda/boia limpa	1M	O	Li	P
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Alimentação de água	Bomba de alimentação	Desgaste e aquecimento excessivo	Lubrificação das bombas de alimentação de água: ◦Realizar a lubrificação na	Bombas com lubrificação suficiente	-	M	Lu	P

ZPT 2024: Programa de manutenção para uma caldeira flamotubular

					periodicidade recomendada pelo fabricante da bomba					
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Alimentação de água	Tratamento de água	Contaminação da água	Revisão do sistema de tratamento de água	Água de alimentação sem substâncias nocivas a caldeira	24h	EP	Li	F
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Alimentação de água	Bomba de alimentação	Sobrecarga da bomba	Troca da bomba em funcionamento pela reserva	-	1M	M	Sb	P
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Alimentação de água	Bomba de alimentação	Filtros entupidos na aspiração das bombas	Limpeza dos filtros na aspiração da bomba	Filtros limpos na aspiração da bomba	1M	O	Li	P
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Sistema de combustão	Tubagem	Ruptura dos tubos de gases	Limpeza na tubagem de fumo: ◦Abrir as portas da câmara de inversão; ◦Limpar a tubagem de fumo por meio de escovas de aço	Tubagem de fumo sem camadas excessivas de partículas	1M	O	Li	P
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Sistema de combustão	Câmara de combustão	Desgaste que levam a ruptura da câmara de combustão	Verificar do estado da câmara de combustão.	Câmara de combustão sem desgaste	1A	M O	In	P
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Sistema de combustão	Circuito de gases	Ruptura dos tubos de gases	Lavagem seguida de secagem por insuflação de ar quente	Tubos de gases sem acúmulo de incrustações	1A	O	Li	P
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Sistema eléctrico	Quadro eléctrico	Alarmes danificados	Verificação dos funcionamentos dos alarmes sonoros	Alarmes em pleno funcionamento	1S	O	In	F
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Sistema eléctrico	Quadro eléctrico	Queima de fusíveis	Verificação de fusíveis, alarmes e sinalização	Elementos eléctricos em funcionamento	1A	E	In	F
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Sistema eléctrico	Quadro eléctrico	Sobretensão	Verificação da tensão nas barras	Tensão admissível	1A	EP	In	P

ZPT 2024: Programa de manutenção para uma caldeira flamotubular

CAL_1	Caldeira Ambitermo	Sistema eléctrico	Quadro eléctrico	Sobrecarga ou desgaste dos leitores	Leitura das intensidades e comprová-las com as normais	Valores admissíveis	1A	EP	Me	F
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Sistema eléctrico	Quadro eléctrico	Mau contacto devido a sujidade	Limpeza dos quadros eléctrico	Quadro eléctrico limpo	1A	E	Li	P
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Sistema eléctrico	Quadro eléctrico	Falha no aterramento	Verificação do funcionamento das terras	Aterramento funcional	1A	EP	Me	F
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Queimador	Atomizador	Chama indesejada	Verificar o tipo de chama através do vigiador de chama	Chama normal	24h	O	In	F
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Queimador	Atomizador	Chama indesejada	Desligar o interruptor de controle do queimador e observa a resposta à falha da chama	Chama normal	24h	O	In	F
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Queimador	Regulador	Posição de leitura incorrecta	Lubrificação de cam strip do disco de controlo	Detector de chama limpo	3M	M	Lu	P
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Queimador	Atomizador	Falha de ignição	Limpeza dos eléctrodos de ignição	Eléctrodos limpos	3M	E	Li	P
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Queimador	Atomizador	Falha de ignição	Verificação das conexões e cabos eléctricos dos eléctrodos	Conexões sem desgaste	3M	E	In	P
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Queimador	Atomizador	Não leitura da chama	Limpeza do detector de chama	Detector limpo	6M	O	Li	P
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Queimador	Atomizador	Falha no controlo de desligamento	Verificar o desligamento de segurança em caso de perturbação de chama	Controlo de desligamento funcional	6M	EP	In	F

CAL_1	Caldeira Ambitermo	Queimador	Corpo do queimador	Desapertos	Verificar todas as ligações do queimador, reapertar se necessário	Aperto correcto nas ligações	1A	M O	In	P
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Queimador	Accionamento	-	Verificar os servomotores	Bom funcionamento	1A 6000h	M E	Rev	F
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Queimador	Accionamento	Aquecimento e desgaste	Lubrificação de rolamentos dos servomotores	Rolamentos lubrificados	1A 6000h	O M	Lu	P
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Queimador	Accionamento	Desgaste e fadiga de veios	Verificação de rolamentos	Rolamentos sem ruído	2A 12000h	M	In	P
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Queimador	Atomizador	Falha de ignição	Substituição dos eléctrodos de ignição	Eléctrodos sem falha de criar faísca	2A 12000h	E O	Sb	P
CAL_1	Caldeira Ambitermo	Queimador	Accionamento	Desgaste e fadiga de veios	Substituição dos rolamentos dos motores de accionamento	Rolamentos dentro da vida útil	2A 12000h	M O	Sb	P

Legenda da tabela 5:

Abreviação	Significado	Abreviação	Significado
h	Hora	EP	Especialista
1S	Uma semana	In	Inspeção
1M	Um mês	Lu	Lubrificação
1A	Um ano	Li	Limpeza
F	Funcionamento	Sb	Substituição
P	Parado	Rev	Revisão
O	Operador	Aj	Ajustes
M	Mecânico	Md	Medição
E	Eléctrico		

5.2. Melhorias da criação de um *lista de verificação*

Sem a revisão do programa de manutenção

Não há um documento que contém as tarefas de manutenção, o que torna impossível a elaboração de plano de manutenção preventiva. A ausência desse documento suscita várias consequências negativas para a empresa:

- A equipa técnica não recebe as tarefas preventivas por executar na caldeira;
- A equipa técnica não ganha experiência na manutenção da caldeira;
- O MTTR não vai diminuir devido a falta de experiência;
- O PCM não tem como criar um plano de manutenção mensal efectivo.

Com a revisão do programa de manutenção

A criação desse documento responde de forma positiva, colocando a disposição as tarefas de manutenção para a sua execução e aumento da vida útil da caldeira, o envolvimento directo da equipa na substituição, inspeção, lubrificação, ajuste e reaperto nos componentes da caldeira oferece a equipa uma experiência significativa contribuindo a mesma para a redução do MTTR a longo e curto prazo.

5.3. Geração de planos mensais, semanais e diários

Sem a revisão do programa de manutenção

A falta de um documento com todas actividades de manutenção da caldeira, torna impossível se chegar na etapa de elaboração de plano de manutenção, seja mensal ou semanal. A ausência de planos de manutenção implica:

- Não programação de actividades de manutenção da caldeira, não se pode programar actividades que não existem;
- Falta de repórteres ou registo exigidos durante a auditoria;
- Pontos negativos ou fracos para auditoria e consequentemente perda no ganho de determinadas certificações;

- Não aproveitamento de paragens causadas por outros motivos para intervenções na caldeira;

Com a revisão do programa de manutenção

Esta revisão do programa de manutenção inclui no *lista de verificação*, a periodicidade de realização das tarefas o que torna mais fácil a elaboração dos planos mensais, semanais e diários. A natureza das tarefas também está descrita e isso contribui para se saber o tipo de técnico necessário para determinado mês, fechando desta forma um dos requisitos da planificação de uma actividade de manutenção, sendo que para os outros requisitos podem ser respondidos a tempo basta que o PCM verifique antes as tarefas a serem realizadas no mês seguinte. Reunido todos requisitos o PCM poderá prosseguir normalmente com a programação e emitir ordens de serviço que após o a sua execução, o seu repórter terá diversos fins como comprovativo para a auditoria interna e externa, e análise pela engenharia e gestão de manutenção, cálculo dos indicadores de manutenção MTBF, RT, prosseguindo assim com novos ajustes de tarefas de manutenção e no cálculo das novas periodicidades.

5.4. Análise dos sistemas da caldeira

Não há nenhuma análise feita quanto aos sistemas da caldeira.

A captura dos repórteres de manutenção ou ordens de serviço estando o sistema da caldeira indicado, terá um contributo positivo quanto a interpretação mais minuciosa da caldeira. Além de identificar as falhas mais comuns e as falhas que causam maior tempo de paragem, pode-se através de ferramentas como 5W, Lei de Pareto, identificarem qual sistema cria maior tempo de paragem, mostrando assim dessa forma em que especialidade toda equipa de manutenção é fraca. A identificação dos pontos fracos de uma equipa é extremamente importante, permitirá que a gestão tome melhores decisões de modo a resolver as mesmas e assim não ocorrência de falhas. Poderá a gestão de manutenção compilar as falhas mais frequente juntamente com o sistema mais crítico para solicitar que as mesmas sejam resolvidas por técnicos especializados.

5.5. Recursos materiais para caldeira

Sem a revisão do programa de manutenção

Quanto a peça de reposição encara-se as seguintes dificuldades:

- Não há como saber quais são realmente as peças por estocar no armazém de peças;
- Peças excessivas no armazém de peças e não se sabe em que parte da caldeira são aplicadas;
- Ocorrências de avarias cujas peças são estocáveis, mas não tem no armazém de peças;
- Peças ou sistema obsoleto da caldeira podem falhar enquanto que nem se sabe qual é a actualização correspondente;
- O fornecedor principal que é o fabricante está muito distante da fábrica o que aumenta tempo de paragem devido a demora da chegada da peça;
- Impossibilidade de preparar os recursos materiais e humanos para determinadas tarefas para tarefas preventivas;
- Não ajuste das peças excessivas ou em falta por não se saber a função das peças;
- Elevação do custo do armazém de peças por manter peças caras sem necessidade.

Com a revisão do programa de manutenção

Todos os problemas mencionados anteriormente poderão ser resolvidos com o uso desta revisão como ponto de partida. Através das tarefas descritas nestes *lista de verificação* é possível com o auxílio dos manuais, desenhos, e inspeções verificar-se quais são as peças a serem trocadas em caso de falhas possíveis. As peças caras que não constam em nenhuma das tarefas podem ser isoladas e terem um tratamento especial como interação com o fabricante e ou outros especialistas. As avarias que surgem poderão desta vez serem resolvidas com menor tempo de reacção pois as peças já estarão como estoque no armazém. Dependendo da estratégia de armazenamento de peças a ser adotado o PCM e o Armazém tem um papel fundamental na compra antecipada de determinadas peças sobressalentes antes dos dias da manutenção chegarem, devendo prestar atenção ao tempo de chegada do material.

As peças que não constarem nas tarefas e também se verificar de outras fontes que não são críticas e duram muito tempo, estas podem ser descartadas do armazém de peças reduzindo

assim o custo elevado. As próximas compras não vão estagnar o custo de armazém pois serão compradas e serem aplicadas, ie, serão consumidas.

5.6. Manutenção centrada na fiabilidade

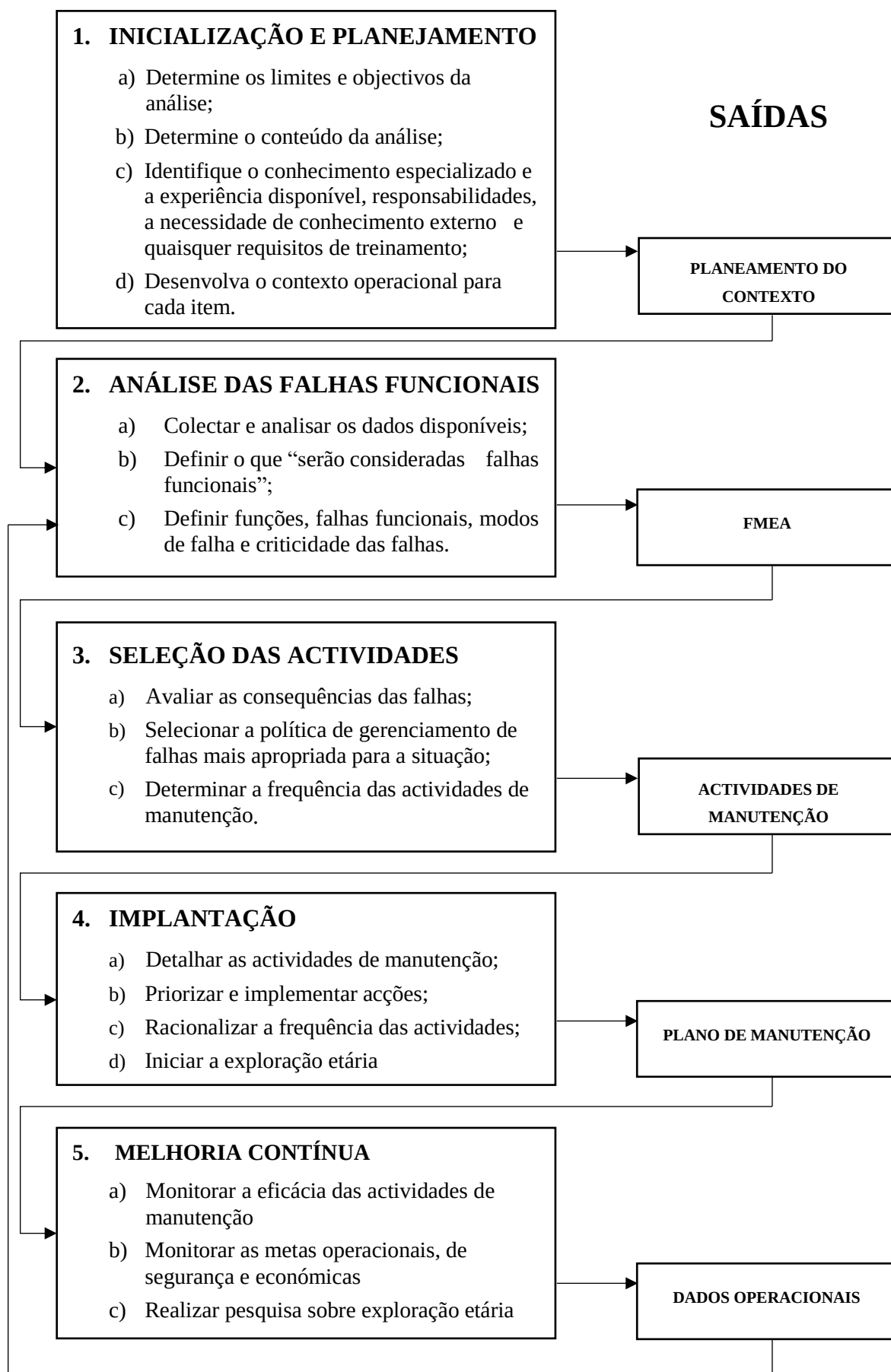
O programa de manutenção compreende um conjunto de tarefas preventivas, a serem executadas sempre que a periodicidade for alcançada. Após a execução das mesmas tarefas, assim como as manutenções correctivas realizadas, o ciclo de manutenção não pode terminar nesta fase, deverá surgir uma nova fase da análise das intervenções feitas. A manutenção centrada na fiabilidade engloba a fase pós-execução. O ciclo de acompanhamento da manutenção será feito segundo a norma IEC 60 300-3-11 (tabela 5).

As dificuldades enfrentadas pela empresa descritas na situação *sem revisão do programa de manutenção*, geram no fim três coisas, aumento de custo da manutenção, aumento da insegurança e redução da vida útil da caldeira. É verdade que já com as tarefas do programa sendo executados ficam resolvidas as questões aumento de insegurança e vida útil do equipamento, mas a redução de custo continuaria comprometido.

A manutenção centrada na fiabilidade oferece a melhoria contínua, técnicas que permitirão a gestão de manutenção tomar decisões de forma a optimizar a manutenção e reduzir os custos, baseando-se nos resultados dos indicadores de manutenção e do FMEA.

Serão através destes indicadores que serão actualizadas as periodicidades das tarefas de manutenção. A análise de falhas permite actualizar as tarefas que fazem parte da lista de tarefas de manutenção da caldeira. Com os resultados do RCM a gestão de manutenção conseguirá em cada actualização do programa identificar quais tarefas são realmente efectivas e reduzir no *lista de verificação* as tarefas não efectivas. A equipa de manutenção conseguirá também ajustar a periodicidade da substituição das peças para situação actual de operação sobrecarregada e idade avançada, e isto culminará na redução de avarias e em substituições desnecessárias de peças.

Diagrama 3: Fluxograma de RCM segundo IEC 60 300-3-



CAPÍTULO 6: CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

6.1. Conclusões

O presente trabalho apresenta uma proposta de programa de manutenção de uma caldeira de uma fábrica de sumo néctar. Não se tendo algum programa de manutenção na fábrica, foi realizado uma verificação dos procedimentos e estado de manutenção empregues para a caldeira, tendo-se constatado que a manutenção é do carácter reactivo. As intervenções são em maioria correctivas, sendo as preventivas apenas dois tipos de actividades “limpeza e um *lista de verificação*”. Este método de manutenção é mais caro e menos efectivo para a caldeira considerando sobretudo a sua idade avançada.

De modo a garantir a melhoria contínua da caldeira, e reduzir os custos de manutenção de modo a realizar actividades necessárias e imprescindíveis pautando na garantia da confiabilidade e segurança do equipamento, recomenda-se como estratégia a manutenção centrada na confiabilidade. O objectivo do RCM é fazer o que dever ser feito e não o que pode ser feito. Este tipo de manutenção não acontece do dia para a noite, há necessidade de colecta dados, análise dos modos e efeitos de falhas, cálculos de indicadores, e outras etapas segunda a sequência mencionada no trabalho.

Um dos instrumentos de extrema importância que serviu de consulta foi o manual de fabricante, ele descreve o princípio de funcionamento da caldeira e menciona actividades de manutenção que devem ser seguidas. Desse manual e outras fontes foi possível elaborar uma lista geral de tarefas da caldeira denominado programa de manutenção da caldeira. A execução, controle e monitoramento dessas actividades de manutenção alinha com a estratégia de manutenção centrada na fiabilidade, onde devera-se anualmente revisar o programa consoante as análises feitos baseando-se nos indicadores de manutenção.

No geral conclui-se que há muitos factores que contribuem para as paragens não programadas e que os mesmos podem ser eliminados com a execução de tarefas preventivas e análises das mesmas para a melhoria contínua da caldeira de forma a aumentar a vida útil, a segurança e redução de custos.

6.2. Recomendações

Este trabalho é de carácter didáctico com finalidade de culminação do curso de licenciatura em engenharia mecânica. Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se realizar uma melhoria na própria pesquisa, utilizando-se a gestão de custos de manutenção para assim ilustrar o quanto a organização economizaria com a redução dos tempos de paragens, paragens correctivas não planeadas e peças sobressalentes desnecessárias no estoque. Recomendo também o trabalho como ferramenta de consulta para temas relacionadas com a implantação de manutenção centrada na fiabilidade.

BIBLIOGRAFIA

- [1]. Ali, A. C. (2016). *Lições de Manutenção Industrial. Departamento de Engenharia Mecânica. Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane.* Maputo
- [2]. ALTAFINI, Carlos (2016). *Apostila sobre caldeiras. Disciplina de máquinas térmicas.* Universidade de Caxias do Sul
- [3]. BRANCO FILHO, Gil (2006). *Indicadores e Índices de Manutenção.* Rio de Janeiro: Ciência moderna Ltda.
- [4]. https://wiki.eq.uc.pt/mediawiki/index.php/Caldeiras_Aquatubulares#cite_note-link1-1
- [5]. <https://www.oee.com>
- [6]. KARDEC, Alan; NASCIF, Julio (2001). *Manutenção Função Estratégica.* Terceira Edição. Petrópolis: Qualitymark
- [7]. MOBLEY, R. K., HIGGINS, L. R., WIKOFF, D. J. *Manual de Engenharia de Manutenção, McGrawhill.* 8 ed. Nova Iorque, Chicago, São Francisco, Lisboa, Londres, Madrid, Cidadedo México, Milão, Nova Deli, San Juan, Seul, Singapura, Sydney e Toronto. Impresso pelos EUA, 2014. 6
- [8]. NASCIF, Julio.; DORIGO, Luiz Carlos. *Manutenção Orientada Para Resultados.* Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013. 14
- [9]. NHAMBIU, Jorge (2013). *Aulas de Geradores de vapor.* UEM. Maputo
- [10]. PERA, Hildo (1990). *Geradores de vapor: um compêndio sobre a conversão de energia com vistas à preservação da ecologia.* São Paulo: Fama
- [11]. REIS, Igor. *Revisão de um plano de manutenção preventiva para minimização de intervenções corretivas emergenciais no setor de utilidades de uma siderúrgica de grande porte.* UFOP. 2021
- [12]. TELES, Jhonata (2019). *Bíblica do RCM: O guia completo e definitivo da manutenção centrada na confiabilidade na indústria 4.0.* EngTeles Editora. Brasília.
- [13]. VIANA, Herbert Ricardo Garcia (2014). *PCM, Planejamento e Controle da Manutenção.* Rio de Janeiro: Qualitymark Editora

ANEXOS

O documento em anexo é o desenho de conjunto da caldeira, ilustrado no manual de fabricante da mesma.