

Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Gestão de ativos e análise de risco: um caso de estudo na central termoelétrica de Mortágua

João Filipe Gonçalves Da Costa

Dissertação de mestrado

Professores Orientadores:

Prof. Eng.^o Daniel Augusto Estácio Marques Mendes Gaspar

Prof Eng.^a Maria Odete Monteiro Lopes

Outubro de 2021



Resumo

Os ativos físicos são o essencial de uma empresa industrial. Para manter esses equipamentos em bom estado tem de ser feita uma gestão rigorosa e planeada, ou seja, é preciso conhecer bem esses ativos, a sua importância e criticidade na operação da fábrica e ter uma manutenção preventiva atualizada e eficaz

O presente projeto de tese, no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial (MEMGI) teve como objetivos a aplicação de uma análise de risco e o processo RCM (Manutenção centrada na fiabilidade) numa Central Termoelétrica de Biomassa.

Em primeiro lugar, foi feita uma listagem e organização dos ativos em sectores/áreas para, seguidamente, fazer uma análise de risco usando os métodos da entrevista estruturada e das tabelas de risco. Com esta análise de risco foi obtida a informação sobre os equipamentos e quais os ativos mais críticos e com prioridade no estudo da fiabilidade e manutenção.

A etapa seguinte foi a aplicação do processo de manutenção centrada na fiabilidade (RCM) ao equipamento que, do estudo anterior, foi considerado mais crítico para a central de Biomassa. Este é um processo muito eficaz e rigoroso na definição de planos e tarefas de manutenção de equipamentos críticos e de grande valor.

Os resultados da aplicação do processo RCM permitiram, por um lado, propor à empresa a aplicação de um novo plano de manutenção (que será mais eficaz e que permitirá evitar paragens não programadas, maior fiabilidade e conseqüentemente maior disponibilidade) e, por outro lado, permitiram também ter um histórico mais rigoroso e conseqüentemente mais conhecimento sobre o equipamento.

Palavras-chave

Ativo, gestão, análise de risco, matriz de risco, manutenção, manutenção centrada na fiabilidade (RCM), plano de manutenção

Abstract

Physical assets are the essentials of an industrial company. In order to keep this equipment in good condition, strict and planned management must be carried out, that is, it is necessary to know these assets well, their importance and criticality in the factory's operation and have an up-to-date and effective preventive maintenance

This thesis project, within the scope of the MSc in EMGI, aimed to apply a risk analysis and the RCM process (Reliability Centered Maintenance) in a biomass power plant.

Firstly, a listing of the organization of assets into sectors/areas was made, followed by a risk analysis using the methods of structured interview and risk tables. With this risk analysis, information was obtained about the equipment and which active assets are most mandatory and with priority in the study of reliability and maintenance.

The next step was the application of the Reliability Centered Maintenance (RCM) process without equipment, which from the previous study, was considered more critical for the Biomass plant. This is a very effective and rigorous method, good at defining plans and maintenance tasks for high-value and mandatory equipment.

The results of the application of the process allowed, on the one hand, to propose to the company the application of a new maintenance plan, which will be more effective and will allow to avoid unscheduled stops, greater reliability, and consequently greater availability and, on the other hand, they also allowed, a more rigorous history and, consequently, more knowledge about the equipment.

Key-words

Asset, management, risk analysis, risk matrix, maintenance, reliability centered maintenance (RCM), maintenance plan

Agradecimentos

Ao meu orientador, o Professor Daniel Augusto Estácio Marques Mendes Gaspar pela sua disponibilidade, pela ajuda na realização da dissertação, por indicar os melhores métodos a aplicar nesta dissertação e por estar sempre presente.

À minha orientadora Maria Odete Monteiro Lopes por ajudar e dar dicas como desenvolver melhor a dissertação.

Aos meus orientadores de estágio, o engenheiro Élon Grilo e ao Pedro Lopes pelo acompanhamento regular do estágio, por estarem sempre disponíveis para fornecer qualquer tipo de informação que necessitasse para desenvolver a tese e por dar indicações, com base na sua experiência, que são uma mais-valia.

À minha família por todo o apoio incondicional e pela motivação que me deram sempre.

Aos meus amigos por estarem sempre presentes e pela motivação.

“Nunca foi, nunca é, nunca será um projeto só meu. É nosso, dedicado aos meus irmãos. “

Índice

Resumo.....	iii
Palavras-chave	v
Abstract.....	vii
Key-words.....	ix
Agradecimentos.....	xi
Índice de Figuras	xv
Índice de tabelas.....	xvi
Capítulo I - Introdução	1
1.2 Motivação.....	2
1.3 Metodologias e ferramentas.....	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	5
Capítulo II - Estado de arte – gestão de ativos, manutenção e RCM.....	7
2.1 Gestão de ativos físicos.....	7
2.1.1 Princípios fundamentais da gestão de ativos.....	8
2.2 Gestão do risco e análise	8
2.2.1 Princípios da gestão de risco.....	10
2.2.2 O Processo da gestão de risco	11
2.2.3 Seleção das técnicas de análise de risco.....	13
2.2.3.1 O método Entrevista estruturada ou semiestruturada.....	14
2.2.3.2 Matriz de consequência/probabilidade	15
2.3 A Manutenção e os tipos de manutenção.....	16
2.4 A Gestão da Manutenção.....	18
2.4.1 Plano de manutenção	19
2.5 Manutenção centrada na fiabilidade (RCM).....	19
2.5.1 RCM: as sete questões básicas do modo de aplicação.....	20
2.6 Diagrama de decisão RCM	24
Capítulo III - Caracterização da empresa e do processo industrial.....	27
3.1 Apresentação da empresa	27
3.1.1 Grupo Altri.....	27
3.1.2 Greenvolt – Central termoelétrica de Mortágua.....	28
3.2 Apresentação da matéria-prima e do processo industrial	28
Capítulo IV - Estudo de caso – parte I – análise de risco	33
4.1 Elaboração da lista dos ativos críticos	33
4.2 Identificação dos equipamentos – KKS.....	41

4.3 Método de análise de risco - Entrevistas	43
4.4 Cálculo do MTBF (Tempo médio entre falhas)	48
4.5 Elaboração dos posters informativos.....	50
4.6 A O método da Matriz de risco	55
Capítulo V - Aplicação do RCM (Manutenção centrada na fiabilidade).....	59
5.1 Funções do equipamento	59
5.2 Falhas funcionais	60
5.3 Os modos de falha.....	62
5.4 Efeitos do modo de falha	63
5.5 Aplicação do diagrama de decisão RCM.....	65
5.5.1 Ficha técnica RCM – Resolução da ficha de acordo com o diagrama de decisão RCM.....	66
5.5.2 Legenda e descrição da ficha técnica RCM.....	67
5.6 Tarefas manutenção	69
5.7 Descrição das tarefas de manutenção para modos de falha	70
5.8 Plano de manutenção	75
Capítulo VI - Conclusões e trabalhos futuros	79
6.1 Conclusões	79
6.2 Proposta de trabalhos futuros.....	81
Referências bibliográficas	82
ANEXOS	83
Anexo A - listagem dos ativos críticos, KKS e quantidade	84
Anexo B – Questionários e tabelas aplicadas nas entrevistas	86
Anexo C – Planos de manutenção	110
Anexo D – Nível de outsourcing e nível de peças em stock	118
Anexo E – Cálculo do MTBF	120
Anexo F – Posters informativos	123
Anexo H - Manual técnico do sistema de vibração de grelha da caldeira.....	136

Índice de Figuras

Figura 1- Metodologia do trabalho prático.....	4
Figura 2 - Princípios da gestão de risco	10
Figura 3 - Processo da gestão de risco -	12
Figura 4 - Exemplo de uma matriz de risco.....	15
Figura 5 - Tipos de manutenção	16
Figura 6 -Os 7 passos do RCM.....	21
Figura 7 - Diagrama de decisão RCM	25
Figura 8- Logotipo do grupo altri	27
Figura 9 – Logótipo da GreenVolt.....	28
Figura 10 – Central Termoelétrica De Mortágua	28
Figura 11 - Exemplo da biomassa que alimenta a central.....	29
Figura 12 - Tipos de biomassa.....	29
Figura 13 - Representação esquemática da central	30
Figura 14 - Transformador de potência	35
Figura 15- Disjuntor MT do alternador	36
Figura 16 - Bombas de água de alimentação.....	36
Figura 17 - Bombas de extração de condensados	37
Figura 18 - Bombas de recirculação à torre.....	38
Figura 19 - Bombas de captação de água	38
Figura 20 - Ventilador de ar primário.....	39
Figura 21 - Ventilador de ar secundário.....	39
Figura 22 - Ventilador de tiragem induzida	40
Figura 23 - Sistema de vibração de grelha	40
Figura 24 - Redler.....	41
Figura 25 - Exemplo do KKS no equipamento.....	43
Figura 26 - Exemplar de um poster informativo.....	51
Figura 27 - B.I do equipamento.....	52
Figura 28 - Caracterização do sistema de vibração	52
Figura 29 - Descrição atual do estado do equipamento.....	53
Figura 30 - Classificação do nível de manutenção	54
Figura 31 - Função do equipamento e da área	54
Figura 32 - Causas de falha.....	55
Figura 33 - Localização do sistema de vibração de grelha	59

Índice de tabelas

Tabela 1-Lista de ativos críticos.....	34
Tabela 2- Identificação dos KKS dos ativos críticos	42
Tabela 3 - Análise do equipamento em termos de severidade na operação da central.....	45
Tabela 4 - Análise do equipamento em termos de segurança.....	46
Tabela 5 - Análise do equipamento em termos de tempo de falha.....	47
Tabela 6 - Análise em termos de probabilidade de ocorrência.....	48
Tabela 7 - Resultados do cálculo do MTBF	49
Tabela 8 - Matriz de risco e respetiva escala utilizada no estudo	55
Tabela 9 - Resultado do cálculo do risco de cada ativo.....	56
Tabela 11 - Funções do sistema de vibração de grelha	60
Tabela 12 - Falhas funcionais do sistema de vibração de grelha.....	61
Tabela 13 - Modos de falha do sistema de vibração de grelha	62
Tabela 14 - Efeitos dos modos de falha no sistema de vibração de grelha.....	64
Tabela 15 - Ficha técnica RCM.....	66
Tabela 16 - Apresentação das técnicas de manutenção obtidas através do diagrama de decisão	69
Tabela 17 - Descrição das tarefas de manutenção para a função 1 e falhas funcionais A	71
Tabela 18 - Descrição das tarefas de manutenção para a função 1 - falhas funcionais B.....	72
Tabela 19 - Descrição das tarefas de manutenção para a função 1 - falhas funcionais C.....	72
Tabela 20 - Descrição das tarefas de manutenção para a função 2 - falhas funcionais A	73
Tabela 21 - Descrição das tarefas de manutenção para a função 3 - falhas funcionais A e B.....	74
Tabela 22 - Descrição das tarefas de manutenção para a função 4 - falhas funcionais A.....	74
Tabela 24 - Plano de manutenção existente.....	75
Tabela 25 - Novo plano de manutenção de acordo com o RCM.....	76

Capítulo I - Introdução

A gestão de ativos físicos tem uma grande influência nas organizações industriais, mas nos últimos anos tem-se dado uma importância maior, porque as empresas querem ter maiores lucros e, para isso, precisam reduzir os custos com os equipamentos e com o pessoal. Na gestão de ativos físicos a manutenção tem um grande peso nos custos, por isso as melhores aplicações e metodologias de manutenção são fundamentais para a organização, de forma a aumentar a competitividade das empresas e para o desenvolvimento tecnológico que também é fundamental.

Para se ter uma boa gestão de ativos físicos, é necessário aplicar vários métodos para determinar o estado do equipamento. Assim, uma análise de risco é um dos melhores métodos para se poder avaliar os ativos e determinar estratégias de atuação relativamente à sua operação e manutenção.

Por outro lado, a manutenção dos ativos físicos também é fundamental para manter a fiabilidade e segurança do equipamento e também para a produção, daí que a aplicação de métodos de manutenção eficazes é importante, tal como a metodologia de manutenção centrada na fiabilidade, conhecida por RCM – *Reliability Centered Maintenance*.

1.1 Objetivos do projeto/estágio

A gestão de ativos físicos nos dias de hoje é fundamental para o bom estado de conservação e funcionamento dos equipamentos, para evitar acidentes e para a redução de custos na manutenção dos ativos.

A manutenção é uma atividade que ocupa muito tempo às empresas, e que por vezes também tem elevados custos para as organizações, logo um bom plano de manutenção e uma boa gestão dos seus ativos é uma mais-valia para a redução dos custos.

Os principais objetivos do estágio foram:

1. Fazer uma listagem dos ativos críticos com a ajuda da equipa de manutenção, pois são eles as principais pessoas que percebem do seu funcionamento, das suas características e que, pela sua experiência, conseguem fazer a avaliação do estado atual do equipamento.
2. Realizar uma análise de risco através de entrevistas aos funcionários sobre o funcionamento dos equipamentos, preenchimento de tabelas e por fim a realização e análise de uma matriz de risco com a qual se identificam os equipamentos mais críticos. Através da realização e análise da matriz de risco obtém-se o equipamento crítico para a aplicação do processo RCM (manutenção centrada na fiabilidade).

Por último, aplicar diretamente o processo de manutenção RCM, no qual se estuda as principais falhas do equipamento, os seus modos de falha, os efeitos de falha após o que, através do diagrama de RCM, obtém-se os planos de manutenção atualizados para cada modo de falha. Depois da aplicação do processo RCM ao equipamento crítico vai-se verificar se é necessário um plano de manutenção novo para o ativo ou se é necessário um investimento para aquisição de um novo equipamento.

1.2 Motivação

O interesse por áreas da gestão industrial e pela área da manutenção foi fundamental para o desenvolvimento deste projeto de estágio, pois são áreas muito interessantes e que têm uma importância e impacto muito grande nas organizações.

A vontade por aprender e aplicar novas ferramentas no âmbito da gestão industrial e da manutenção em particular foi também determinante, pois tem de haver uma procura prévia de informação sobre as áreas de estudo, ou seja, um desenvolvimento teórico inicial e depois aplicá-lo na prática de preferência em ambiente industrial.

Quando foi proposto este projeto aceitei-o com a maior vontade de aprender e estar no terreno. Durante o estágio também foi grande a disponibilidade que a empresa demonstrou desde a primeira hora para me apoiar e dar todas as condições para trabalhar, o que foi, sem dúvida, uma mais-valia para mim.

Por fim, a análise de risco e aplicação do processo RCM são a combinação perfeita entre a gestão e a manutenção, pois estão interligadas e esse facto dá uma motivação enorme de trabalhar nestes dois temas e puder aplicá-los na realidade de uma empresa industrial.

1.3 Metodologias e ferramentas

Para a realização de qualquer estágio é necessário definir a melhor metodologia para fazer um bom trabalho e que seja eficaz para obter os resultados que pretendemos. Também é necessário determinar desde o início do trabalho/projeto quais as ferramentas a utilizar e até os próprios métodos que vamos utilizar.

A metodologia utilizada para a aplicação da análise de risco e do processo RCM no meio laboral, mais precisamente na Central Termoelétrica Biomassa De Mortágua foi a seguinte:

- No início do estágio existe uma fase preliminar que passa pelo estudo de artigos científicos, normas e métodos associados de forma a definir as melhores metodologias e ferramentas a usar no estudo de caso. Após esse trabalho, foi elaborada uma metodologia específica que se apresenta na figura 1 onde se pode observar as etapas e a sua sequência.



Figura 1- Metodologia do trabalho prático

- Na primeira fase do projeto, com a ajuda dos especialistas e colaboradores, fez-se uma listagem de equipamentos, necessária para depois poder determinar os equipamentos mais críticos. Uma vez que é uma organização que contém uma grande quantidade de equipamentos, têm-se de agrupar os ativos em setores ou em divisões.
- Depois desta listagem e divisão por setores fez-se uma análise crítica utilizando vários métodos, mas, principalmente o método de entrevista estruturada ou semiestruturada, pois estes são métodos que estão descritos e explicados na norma ISO 30010 e que ajudam a tirar conclusões dos ativos críticos. Para além destes métodos utilizou-se as tabelas de análise de risco para depois obter o risco de acordo com a matriz de risco. No final com a informação recolhida e tratada, escolheu-se o ativo crítico para a análise e aplicação do processo de manutenção RCM no estágio.

- Na segunda parte do estágio pôs-se em prática um processo de manutenção centrada na fiabilidade que é mais conhecido por RCM. É um processo muito eficaz e ao mesmo tempo muito trabalhoso, onde tem de se seguir vários passos até encontrar as opções mais corretas do ponto de vista da operação, fiabilidade e segurança.
- Por fim, depois de uma análise detalhada do método RCM e tiradas todas as conclusões necessárias, existem duas situações totalmente opostas que podem ser escolhidas; por um lado, optar por um novo equipamento (caso o ativo atual esteja muito danificado e não compense o seu arranjo) e por consequência um novo investimento. Por outro lado, e caso o ativo funcione corretamente, aplicar um novo e atualizado plano de manutenção preventivo que seja eficaz e rentável de forma a evitar custos para a empresa, aplicando a melhoria continua. O objetivo principal é sempre evitar custos e manter o equipamento na melhor forma e seguro e ser mais eficazes.

1.4 Estrutura da dissertação

No capítulo um são apresentados os objetivos gerais e específicos deste trabalho. É também descrita a motivação para a realização deste trabalho e por fim as metodologias e ferramentas utilizadas para o seu desenvolvimento.

O capítulo dois aborda conceitos de gestão de ativos, análise de risco, manutenção, tipos de manutenção, e o método RCM.

No capítulo três é apresentada e caracterizada a empresa onde foi realizado o estágio, bem como o grupo empresarial onde aquela está inserida. É descrito ainda o tipo de biomassa que se utiliza e é feita a descrição do funcionamento geral de uma central termoelétrica.

De seguida, no capítulo quatro explica-se a metodologia de análise de risco que se vai usar, ou como foi realizada e os métodos adotados para a sua realização. Por fim, é descrito o levantamento feito aos equipamentos e as suas características principais de operação e de manutenção.

No capítulo cinco é feita a descrição da aplicação do método de manutenção RCM, desde o estudo das falhas, dos modos de falha e os efeitos da falha, de forma a analisar e definir as tarefas de manutenção a aplicar (basicamente é aplicação direta do método a um equipamento crítico).

No capítulo seis são apresentadas as conclusões tiradas e quais os trabalhos futuros que se podem realizar.

Capítulo II - Estado de arte – gestão de ativos, manutenção e RCM

A gestão de ativos físicos nos dias de hoje é fundamental para o bom estado de conservação e funcionamento dos equipamentos, para evitar acidentes e para a redução de custos na manutenção dos ativos. Assim, uma manutenção planejada e organizada permite obter um bom estado dos ativos, bem como ter um conhecimento do seu funcionamento e do seu estado, pois só assim se consegue ter sempre os equipamentos no seu máximo rendimento.

O processo RCM é um tipo de manutenção que tem demonstrado grandes resultados ao longo do tempo em termos de fiabilidade dos equipamentos, pois mostra que com a sua aplicação a probabilidade de ocorrer uma falha é menor, ou se uma falha ocorrer já temos informação suficiente para tentar corrigir essa falha.

2.1 Gestão de ativos físicos

A definição de um ativo, segundo a norma NP ISO 55000: (2016), “é um bem, uma coisa ou uma entidade, que tem um valor potencial ou real para uma organização. O valor variará conforme as diferentes organizações e partes interessadas, e pode ser tangível ou intangível, financeiro ou não financeiro” (IPQ, 2016a).

Segundo a mesma norma, a gestão de ativos permite a uma organização a perceção e a produção do valor a partir dos ativos ao atingir os objetivos da organização. O que constitui valor dependerá dos objetivos, da natureza e do propósito da organização e das necessidades e expectativas das partes interessadas. A gestão de ativos sustenta a perceção e a produção de valor, ao equilibrar os custos financeiros, ambientais e sociais, o risco, a qualidade de serviço e o desempenho associados aos ativos.

2.1.1 Princípios fundamentais da gestão de ativos

A gestão de ativos baseia-se em quatro princípios, são eles: o valor, alinhamento, liderança e garantia. Só desta forma é possível conseguir gerir os ativos da melhor forma seguindo uma orientação correta, eficaz e que reduza custos (IPQ, 2016a).

No valor, “os ativos existem para fornecer valor à organização e às partes interessadas” (IPQ, 2016a), ou seja, um ativo deve ser útil para a empresa e deve ser bem aproveitado e se necessário deve fornecer valor a terceiros.

O segundo princípio, o alinhamento, “caracteriza-se por mostrar quais são as decisões técnicas e financeiras, os planos e atividades que se deve definir ou que se quer implementar para cumprir os objetivos definidos” (IPQ, 2016a). Este princípio implementa processos e atividades e é a interação entre todos os departamentos de uma empresa.

A liderança “e a cultura empresariais são determinantes para a perceção e produção de valor” (IPQ, 2016a). Neste caso, a liderança, que é o terceiro princípio da gestão de ativos, é fundamental para que as técnicas e ideias que devem ser implementadas sejam levadas a cabo, pois um bom líder caracteriza-se por cumprir os objetivos a que foi proposto, mas capaz de motivar os outros de forma a cumprir os objetivos.

Por fim, com o quarto princípio, a “gestão de ativos constitui a garantia de que os ativos assegurarão a sua função” (IPQ, 2016a). A garantia resume-se ao desempenho e à fiabilidade dos ativos, ou seja, à sua capacidade de funcionamento ou de cumprir a função para a qual estão destinados.

2.2 Gestão do risco e análise

A definição de risco consiste, segundo a norma NP ISO 31000, (2018), como o efeito da incerteza nos objetivos, ou seja, é necessário ter cenários de imprevisibilidade para cumprir os nossos objetivos, só assim vamos obter a melhor solução (IPQ, 2016b).

O risco define-se como “uma função da probabilidade de falha e sua consequência, visto que é um fator integrante e importante na preservação e manutenção dos equipamentos, pois são normalmente ativos de enorme investimento para a indústria e que devem ter uma vida útil rentável para a empresa” (Khuntia et al., 2016).

Gestão de risco, segunda a norma “são atividades coordenadas para dirigir e controlar uma organização no que respeita ao risco. A gestão de risco também cria e protege valor, melhora o desempenho, inspira para a nova tecnologia e suporta a conquista dos objetivos”(IPQ, 2018).

O risco pode ser interpretado de diferentes formas, ou seja, há variados tipos de risco. Os tipos de risco são: financeiro, operacional e tecnológico, modelo, conformidade, risco de conformidade regulatória e risco de reputação, risco estratégico e de negócios, entre outros.

De acordo com os diferentes tipos de risco, é fundamental especificar cada um deles para se ter uma noção da diferença de cada risco.

Risco financeiro: no cálculo deste risco destacam-se os diferentes tipos de mercados que intervêm na atividade das organizações, por exemplo taxas de câmbio de risco, taxas de risco de juro entre outros. Este domínio inclui risco estrutural onde deriva de um balanço da empresa (Coca et al., 2014).

Risco operacional e da tecnologia é o risco de perda resultante de inadequação dos processos, das pessoas e de sistemas tecnológicos (Coca et al., 2014).

Risco do *design* ou modelo: é o potencial risco das consequências das decisões, as quais resultam dos erros ou uso indevido de modelos conceptuais. Este erro pode despoletar simplificações erradas, aproximações imprecisas ou um processo de *design* incorreto (Coca et al., 2014).

Risco de conformidade regulatória e risco de reputação: deve-se a possíveis impactos do não cumprimento da normalização/legislação e regulamentos da empresa (Coca et al., 2014).

Risco estratégico e de negócios: são riscos relacionados com o ambiente de negócios mais amplo, ou seja, a situação atual no país em que a

empresa opera e as condições específicas da indústria ou setor particular, do mercado e da concorrência e, a médio e longo prazo a tomada de decisão que pode impactar na continuidade e rentabilidade dos negócios (Coca et al., 2014).

2.2.1 Princípios da gestão de risco

A gestão de risco fundamenta-se nos seguintes princípios apresentados na figura 2. O principal objetivo da gestão de risco é a criação de valor e proteção de bens e pessoas. A gestão de risco melhora o desempenho dos processos, aplicando as novas tecnologias de modo a cumprir os seus objetivos (IPQ, 2018).



Figura 2 - Princípios da gestão de risco – Fonte: Norma ISO 31000, (2018)

Para a gestão de risco ser eficaz é necessário aplicar os seus princípios e respeitá-los, de modo a obter uma análise de gestão de risco simples, muito completa e de fácil entendimento para todos. Pois se se realizar uma gestão de risco que não cumpra com os seus princípios não se terá uma melhor visão da gestão de risco, e que por vezes, pode tornar-se muito complexa. A Norma NP ISO 31000, (2018) explicita as seguintes definições dos princípios da gestão de risco:

Integrada – “A gestão de risco é parte integrante de todas as atividades da organização” (IPQ, 2018).

Estruturada e abrangente – “Uma abordagem estruturada e abrangente da gestão de risco contribui para resultados consistentes e comparáveis” (IPQ, 2018).

Personalizada – “A estrutura e os processos da gestão do risco são personalizados e proporcionados aos contextos externo e interno da organização assim como os seus objetivos” (IPQ, 2018).

Inclusiva – “O envolvimento apropriado e oportuno das partes integradas permite que o seu conhecimento, pontos de vista e percepções sejam considerados. Isto resulta de uma gestão de risco mais consciencializada e informada” (IPQ, 2018).

Dinâmica – “Os riscos podem surgir, mudar ou desaparecer como resultado das mudanças nos contextos externo e interno de uma organização. A gestão de risco antecipa, deteta, reconhece e responde a essas mudanças e eventos de modo apropriado e oportuno” (IPQ, 2018).

Melhor informação disponível – “As entradas para a gestão de risco baseiam-se na informação histórica e anual, assim como as expectativas futuras. A gestão de risco tem em linha de conta explicitamente quaisquer limitações e incertezas a essa informação e expectativa. A informação deve ser oportuna, clara e estar disponível às partes interessadas relevantes” (IPQ, 2018).

Fatores humanos e culturais – “O comportamento humano e a cultura influenciam significativamente todos os aspetos da gestão de risco em cada nível e fase” (IPQ, 2018).

Melhoria contínua – “A gestão de risco é melhorada continuamente com a aprendizagem e a experiência” (IPQ, 2018).

2.2.2 O Processo da gestão de risco

O processo de gestão de risco define-se, segundo a norma NP ISO 31000, (2018) como “a aplicação sistemática de políticas, procedimentos e praticas nas atividades de comunicação e consulta, estabelecimento do contexto e na apreciação, tratamento, monitorização, revisão e reporte do risco”. (IPQ, 2018)

Este processo pode ser visto na figura abaixo:

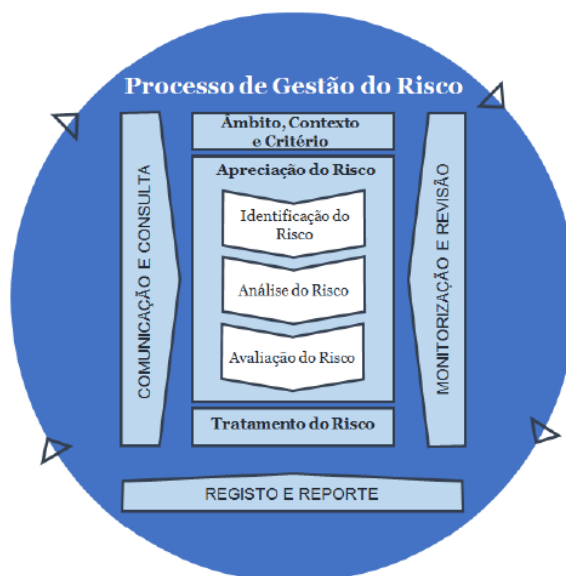


Figura 3 - Processo da gestão de risco - Fonte: Norma NP ISO 31000, (2018)

No processo de gestão de risco, segundo a norma NP ISO 31000, (IPQ 2018), deve-se seguir os seguintes passos: enquadrar o risco no meio em que se pretende analisar, identificar o risco, analisar o risco em causa, obter as conclusões da análise do risco e para terminar a procura de uma solução do risco ou do problema em causa.

O processo de gestão de risco tem um peso determinante na tomada de decisão e tem um papel decisivo na estrutura, nas operações e nos processos de organização. Este processo tem várias aplicações no mundo industrial, desde a parte estratégica até a projetos. Este processo adapta-se a cada organização visto que depende da natureza humana, ou seja, cada ser humano tem o seu modo de pensar e a sua própria cultura, logo isso pode influenciar o modo de agir e proceder ao realizar um processo de gestão de risco (IPQ, 2018).

Depois da identificação do risco é preciso fazer a análise de risco, que segundo a norma NP ISO 31000: (2018), define-se por “compreender a natureza do risco e as suas características incluindo, quando apropriado, o nível de risco” A análise de risco envolve a consideração detalhada das incertezas, fontes do risco, consequências, verossimilhança, eventos, cenários, controlos e eficácia. Um evento pode ter múltiplas causas e consequências e pode afetar múltiplos objetivos.

A análise de risco deve considerar os seguintes fatores: verossimilhança dos eventos e consequências, natureza e magnitude das consequências, complexidade e conectividade, fatores temporais e volatilidade, eficácia dos controlos existentes e sensibilidade e níveis de confiança (IPQ, 2018).

A análise de risco pode ser influenciada (visto que não há um método definido), pela divergência de opiniões, preconceitos, percepções do risco e juízos. Logo, a análise de risco deve utilizar a informação mais detalhada possível de modo a conseguir obter uma análise de risco séria e com o maior detalhe, e por consequência obter os melhores resultados para essa análise de risco, para se conseguir obter as melhores conclusões.

Após a análise de risco, a próxima etapa é a avaliação de risco que se caracteriza por comparar níveis estimados de risco com critérios pré-definidos no início da avaliação, o que permite determinar a importância do risco e o seu nível e tipo de risco (IPQ, 2018).

A avaliação de risco serve para tomar decisões futuras, com base nas análises realizadas ao risco, depois de este ter sido percebido, bem como as suas consequências. A avaliação de risco tem considerações éticas, legais, financeiras, entre outras, que podem influenciar a tomada de decisão, visto que é tomada por seres humanos (IPQ, 2016b).

A tomada de decisão neste tipo de avaliações é fundamental, porque as decisões podem incluir: se um risco precisa de tratamento, prioridades de tratamento, se uma atividade deve ser realizada e por fim qual dos caminhos deverá ser seguido. A inclusão destas dúvidas na avaliação de risco demonstra que não é nada simples tomar uma decisão na avaliação de risco, pois estão sempre riscos ou dúvidas associados.

2.2.3 Seleção das técnicas de análise de risco

A seleção das técnicas de análise de risco não devem ser tomadas de ânimo leve, porque é o que vai determinar a qualidade e o detalhe da nossa análise de risco.

A seleção das melhores técnicas de análise de risco devem ter em conta os seguintes critérios:

- Deverão ser justificáveis e apropriadas para a situação ou para a organização considerada;
- Deverão fornecer resultados de uma forma que melhore a compreensão da natureza do risco e do modo como pode ser tratado;
- Deverão poder ser utilizadas de uma forma que seja rastreável, repetível e verificável; (IPQ, 2016b).

Na escolha das técnicas de análise de risco deverá ser justificado o porquê da escolha, pois é importante que as técnicas se adequem à análise do risco da melhor forma.

2.2.3.1 O método Entrevista estruturada ou semiestruturada

A norma NP ISO 31010: (2018) tem uma grande lista de métodos para a análise de risco. A entrevista estruturada ou semi estruturada é um dos métodos mais utilizados na análise de risco, pois é um método de aplicação direta e ao qual se consegue obter bons resultados de forma simples e eficaz.

Os entrevistados são inquiridos através de um questionário preparado a partir de uma lista de perguntas, de modo a fazer com que os entrevistados pensem de modo diferente ou reflitam sobre os problemas e que possam identificar os riscos (IPQ, 2016b).

As entrevistas devem ter uma definição clara dos objetivos que se pretendem alcançar, devem ser escolhidos os entrevistados que estejam dispostos a ajudar, a encarar a entrevista com responsabilidade e as perguntas a realizar devem ser claras e simples de modo a não causar dúvida no entrevistado (IPQ, 2016b).

As vantagens das entrevistas estruturadas ou semiestruturadas são:

- Possibilitar aos entrevistados terem tempo para refletir sobre um assunto;

- A comunicação frente a frente poderá permitir aos entrevistados considerações mais aprofundadas sobre os assuntos;

As limitações são as seguintes:

- O facilitador consome muito tempo para obter várias opiniões;
- A parcialidade é tolerada não sendo eliminada através da discussão de grupo;
- O estimular da imaginação pode não ser conseguido (IPQ, 2016b).

Para concluir em relação à entrevista estrutura ou semiestruturada as entrevistas devem ser diretas, devem servir para tirar conclusões e ao realizá-las deve-se usar uma linguagem clara, de forma a que o entrevistado perceba para não nos dar informações erradas sobre o assunto que pretendemos explorar.

2.2.3.2 Matriz de consequência/probabilidade

O outro método usado no projecto e também referido na norma NP ISO 31000, (2018) é o método Matriz de consequência/probabilidade.

A matriz consequência/probabilidade é um meio de combinar a classificação qualitativa ou semi-quantitativa da consequência para definir um nível do risco ou uma classificação de risco.

Classificação das probabilidades	E	IV	III	II	I	I	I
	D	IV	III	III	II	I	I
	C	V	IV	III	III	II	I
	B	V	IV	III	III	II	I
	A	V	V	IV	III	II	II
		1	2	3	4	5	6
		Classificação das consequências					

Figura 4 - Exemplo de uma matriz de risco - Fonte: Norma NP ISO 31010, 2016- Gestão de risco

O formato da matriz e as definições que se lhe aplicam dependem do contexto no qual é utilizada e é importante que seja utilizada uma conceção apropriada para as circunstâncias.

As matrizes, sendo muito variáveis, permitem que se opte pela que nos é mais favorável e a que nos permite obter os melhores resultados.

2.3 A Manutenção e os tipos de manutenção

Segundo a norma europeia *NP EN 13306* (2021) a definição de manutenção é “a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida”.

“A manutenção também corresponde em manter o estado de conservação de um equipamento ou bem na sua melhor forma, ou seja, utilizar técnicas de gestão que permitam manter o equipamento em bom estado e que possa desempenhar a sua tarefa da melhor forma” (IPQ, 2021).

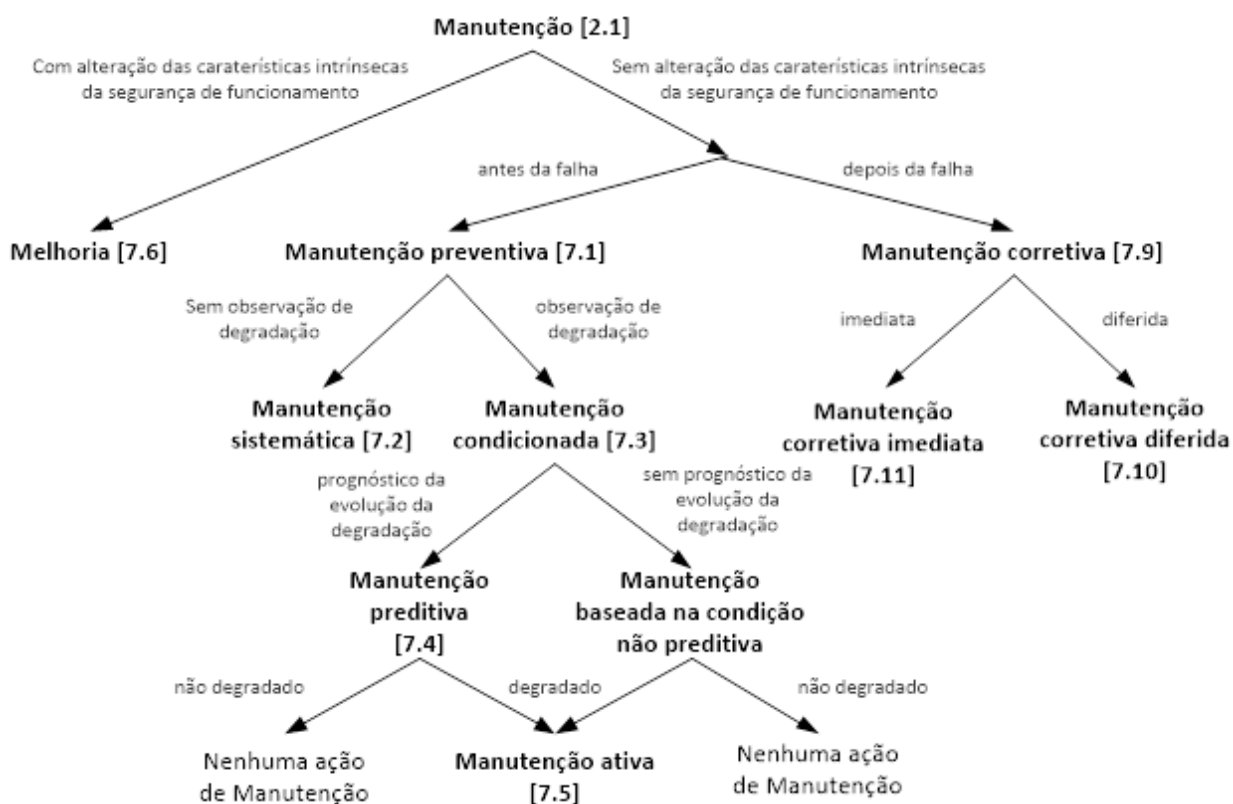


Figura 5 - Tipos de manutenção – Fonte: Norma NP EN 13306, (2021)

A **Manutenção preventiva** é aquela manutenção efetuada com a finalidade de avaliar e/ou mitigar a degradação e reduzir a probabilidade de falha de um bem (IPQ, 2021).

Este tipo de manutenção permite identificar problemas que existam com os equipamentos e fazer com que se evite uma paragem repentina ou inesperada, pois este tipo de manutenção tem por norma um plano associado, que prevê as paragens necessárias, mas que já estão programadas.

Manutenção preventiva sistemática é quando a oportunidade da intervenção é determinada a partir de intervalos pré-definidos de tempo no calendário, número de horas ou outras unidades convenientes (Saraiva Cabral, 2016).

Manutenção preventiva condicionada é quando a oportunidade da intervenção é determinada a partir de sintomas apreendidos em inspeção ou controlo de funcionamento antes de ter ocorrido perda de função (Saraiva Cabral, 2016).

A **manutenção preditiva** corresponde à manutenção baseada na condição efetuada de acordo com as previsões extrapoladas de análises repetidas ou características conhecidas e avaliação de parâmetros significativos da degradação do bem (IPQ, 2021).

A **Manutenção corretiva** é efetuada após deteção de avaria e é destinada a repor um bem num estado em que pode realizar uma função requerida (IPQ, 2021).

Este tipo de manutenção caracteriza-se por recuperar as características iniciais do ativo, ou seja, as suas capacidades de realizar as funções em perfeitas condições.

A **manutenção corretiva** divide-se em duas categorias:

- I. **Manutenção corretiva diferida** manutenção corretiva que não é efetuada imediatamente após deteção de avaria, mas que é adiada de acordo com regras estabelecidas (IPQ, 2021).

- II. **Manutenção corretiva imediata** é a manutenção corretiva que é efetuada sem atraso após deteção de uma avaria, de forma a evitar consequências inaceitáveis (IPQ, 2021).

A **Manutenção ativa** caracteriza-se por realizar ações que são diretamente efetuadas num bem a fim de o manter ou de o restabelecer para um estado onde possa realizar a função requerida (IPQ, 2021).

Este tipo de manutenção subdivide-se em dois tipos que são:

- I. **Manutenção preventiva ativa** é a parte da manutenção preventiva onde são realizadas ações para restabelecer um bem diretamente ou após degradação observada através da monitorização da condição, inspeção ou teste (IPQ, 2021).
- II. **Manutenção corretiva ativa** é a parte da manutenção corretiva onde são realizadas ações para restabelecer um bem (IPQ, 2021).

A manutenção programada pode trazer benefícios a longo prazo e pode evitar problemas graves nos equipamentos. Apesar destas vantagens também apresenta desvantagens, principalmente a nível de custos, visto que por vezes, no âmbito de uma manutenção programada, estamos a substituir uma peça que ainda teria mais tempo útil de funcionamento.

2.4 A Gestão da Manutenção

Segundo a norma *NP EN 13306 (2021)*, a gestão da manutenção pode ser definida como “todas as atividades de gestão que determinam os requisitos de manutenção, objetivos, estratégias e responsabilidades, e a implementação destas por diversos meios tais como o planeamento, o controlo e a melhoria das atividades de manutenção e aspetos económicos” (IPQ, 2021).

A gestão da manutenção é essencial nas organizações, pois permite ter os equipamentos num bom estado de funcionamento e conservação, ainda permite redução de custos nas indústrias, e por fim permite fazer uma gestão de stock de peças no caso de uma manutenção. Logo um gestão de manutenção organizada e pensada de modo a evitar problemas serve para evitar custos e os outros fatores.

2.4.1 Plano de manutenção

Plano de manutenção é “conjunto estruturado e documentado de tarefas que compreendem as atividades, procedimentos, recursos e a duração necessária para executar a manutenção” (IPQ, 2021).

Nos dias de hoje, qualquer empresa deve ter um plano de manutenção para os seus equipamentos, pois permite um conhecimento mais profundo dos seus ativos, permite evitar paragens devido a desgaste de peças que devem ser substituídas com determinada periodicidade, permite fazer uma revisão geral do equipamento em intervalos de tempo definidos e, por fim, permite evitar falhas graves nos equipamentos.

2.5 Manutenção centrada na fiabilidade (RCM)

A manutenção centrada na fiabilidade caracteriza-se, segundo Moubray (1991), por um processo que determina os requisitos de manutenção de qualquer ativo físico no seu contexto operacional.

A manutenção centrada na fiabilidade, segundo Rausand (1998) é uma consideração sistemática das funções do sistema, a forma como os equipamentos podem falhar nas suas funções, e um controlo baseado na prioridade e consideração da segurança e da economia que identifica tarefas de manutenção preventiva aplicáveis e eficazes.

Segundo a norma *NP EN 13306* (2021), a fiabilidade é a capacidade de um bem para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo.

Segundo Rausand (1998), o principal objetivo do RCM é reduzir os custos da manutenção, focando-se nas funções mais importantes do sistema, ou seja, o RCM determina as falhas dos equipamentos e elabora um plano de manutenção de acordo com aquele sistema de forma a evitar maiores custos. Este método pretende fazer um plano de ação da manutenção de modo a remover as ações de manutenção que não são estritamente necessárias, de forma simples e com custos reduzidos para resolver um problema. Se já existir

um plano de manutenção preventiva tenta-se melhorar com uma análise RCM que servirá para eliminar tarefas de manutenção preventiva ineficientes (Rausand, 1998).

O RCM é muito mais que um plano de manutenção porque ao aplicar este método vamos ter um conhecimento mais profundo dos equipamentos, vamos descobrir novos procedimentos operacionais do ativo, vamos ter um plano de manutenção sempre atualizado e evitar perdas de tempo e custos, dado que o novo plano é muito pormenorizado e otimizado (Rausand, 1998).

2.5.1 RCM: as sete questões básicas do modo de aplicação

O RCM concentra-se em responder a sete questões que devem ser feitas para a sua aplicação ser correta e viável. As sete questões, de acordo com John Moubrey (1991) são:

1. Quais são as funções e correspondentes níveis de desempenho do ativo no seu contexto operacional atual?
2. De que forma o ativo falha no cumprimento das suas funções?
3. O que causa cada falha funcional?
4. O que acontece quando cada falha ocorre?
5. Qual a importância de cada falha?
6. O que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha?
7. O que deve ser feito se uma tarefa proativa não for encontrada?

A aplicação deste método centra-se na resposta às questões acima referidas, começando então pela descrição das funções do equipamento em operação, depois enumeram-se as falhas funcionais do equipamento, e a determinação das causas de falha da função, e por fim nesta fase também definimos os modos de falha dessas funções.

De forma a perceber melhor o método e de um modo mais simplificado, apresenta-se na figura 6 uma representação esquemática do método.

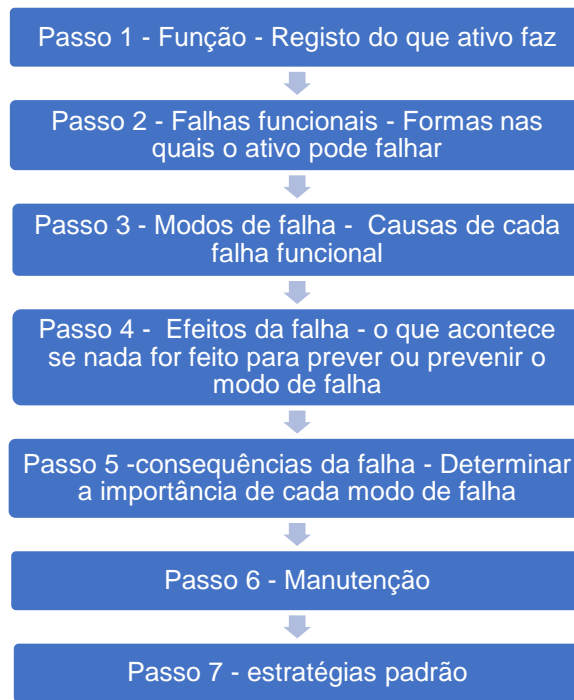


Figura 6 -Os 7 passos do RCM - Fonte: Apontamentos José Sobral

Na segunda parte do método, de acordo com os critérios de fiabilidade, custos de manutenção, e das consequências dos modos de falha, são determinadas as técnicas de manutenção proativas e/ou reativas que devem ser aplicadas a cada um dos modos de falha do equipamento. (Moubray, 1991).

Passo 1 - Funções

A primeira etapa do processo RCM é a descrição das funções dos equipamentos quando estão em funcionamento. Os objetivos de manutenção em relação a qualquer ativo são definidos pelas suas funções e pelos padrões de desempenho desejados para o seu funcionamento (Moubray, 1991).

Passo 2 - Falhas funcionais

As falhas funcionais caracterizam-se pela incapacidade de cumprir a função, por norma um equipamento que esteja em funcionamento só deixa de funcionar se ocorrer uma falha ou então por uma ordem de ação do operador, caso pretenda parar o funcionamento do equipamento.

É necessário o registo de todas as falhas que podem ocorrer no equipamento, para se poder reparar de imediato a falha, ou então prever quando vão ocorrer essas falhas. Mas de acordo com o processo RCM as falhas funcionais podem-se dividir em dois níveis, ou seja, o primeiro nível pergunta

como o ativo pode deixar de cumprir suas funções e no segundo nível faz referência ao que pode causar perdas de funcionamento (Moubray, 1991).

As formas pelas quais um item pode deixar de cumprir as funções pretendidas são conhecidas como falhas funcionais, que são definidas como a incapacidade de um ativo de atender a um padrão de desempenho desejado. É claro que as falhas funcionais só podem ser identificadas após as funções e os padrões de desempenho do ativo terem sido definidos (Moubray, 1991).

Passo 3 - Modos de falha

Determinado o processo de registo das falhas funcionais, entra-se no passo 3 que é a identificação dos modos de falha e que consiste em tentar identificar quais os modos de falha mais recorrentes e que provoca a paragem do equipamento ou fazem com que não tenha a eficiência pretendida. Esta etapa exige que se faça um estudo para combater esses modos de falha, ou seja, procurar soluções para essas falhas (Moubray, 1991).

Neste passo é importante identificar a causa de cada falha com detalhes suficientes para garantir que não são desperdiçados tempo e esforço tentando tratar os sintomas em vez das causas.

Passo 4 - Efeitos de falha

Os efeitos de falha surgem depois do registo dos modos de falha, uma vez que existe uma relação direta entre eles.

Nos efeitos de falha ocorre a descrição detalhada do que aconteceria se o modo de falha ocorresse, por exemplo, o tempo de inatividade, efeitos na qualidade do produto, evidência de que a falha ocorreu, ação corretiva provável e ameaças à segurança ou ao meio ambiente (Moubray, 1991).

O processo de identificação de falhas de funções, modos de falha e efeitos de falha produz oportunidades surpreendentes e muitas vezes interessantes para melhorar o desempenho e a segurança, e também para eliminar desperdícios (Moubray, 1991).

Passo 5 - Consequências das falhas

A principal diferença da utilização do método RCM em relação aos outros métodos de manutenção é que depois de determinadas as falhas funcionais e as suas principais causas temos que descrever as consequências das falhas, ou seja, neste passo descreve-se as possíveis implicações que podem ocorrer em caso de falha (Moubray, 1991).

Este método de manutenção, na verdade, reconhece que a única razão para fazer qualquer tipo de manutenção preventiva não é prevenir falhas em si, mas para evitar ou pelo menos diminuir as consequências das falhas (Moubray, 1991).

As consequências das falhas é que são o grande problema da ocorrência, ou seja, se acontecer uma falha os maiores problemas associados são as consequências de determinado equipamento parar. Para precaver que não ocorram falhas deve-se ter um plano de manutenção para poder evitar essas falhas ou então tentar minimizá-las.

O processo RCM não apenas reconhece a importância das consequências da falha na tomada de decisão de manutenção - mas também classifica essas consequências em quatro grupos, descritas como se segue:

Consequências das falhas ocultas: As falhas ocultas por si só não causam grande impacto, mas podem-nos dar informações sobre outros tipos de falhas que podem ter consequências mais graves para a organização e podem ser muito mais perigosas (Moubray, 1991).

Consequências de segurança e meio ambiente: um tipo de falha de segurança é aquela que, quando ocorre, pode causar ferimentos ou morte de uma pessoa.

No caso do meio ambiente tem consequências se forem violadas as normas ambientais em vigor (Moubray, 1991).

Este tipo de falhas deve ser evitado ao máximo e, se surgirem, devem-se tentar eliminá-las de imediato, pois colocam em risco a vida humana e a natureza, que são um bem muito precioso.

Consequências operacionais: decorrem de falhas que acontecem ao nível da produção (falhas que atrasem a saída do produto final, falhas que ocorram com os clientes, entre outras). Essas consequências custam dinheiro, logo é preferível gastar o dinheiro para as evitar a todo o custo do que depois gastar quantias elevadas para resolver a falha (Moubray, 1991).

Consequências não operacionais: resultam de falhas que só envolvem os custos diretos na reparação da falha e não afetam a segurança das pessoas nem o meio ambiente (Moubray, 1991).

2.6 Diagrama de decisão RCM

O diagrama de decisão RCM é um algoritmo usado para classificar os modos de falha como evidentes ou não, ou seja, se a falha é detetável para a equipa de manutenção ou não (Moubray, 1991).

Por outro lado, permite avaliar as consequências das falhas, pois é importante saber quais as consequências das falhas de um ativo. Permite ainda uma manutenção proativa e também serve para determinar uma estratégia padrão, o que é importante para gerir o modo de falha.

Na página seguinte é possível ver um exemplo de um modelo de um diagrama de decisão, e que vai ser aplicado no trabalho prático do projecto.

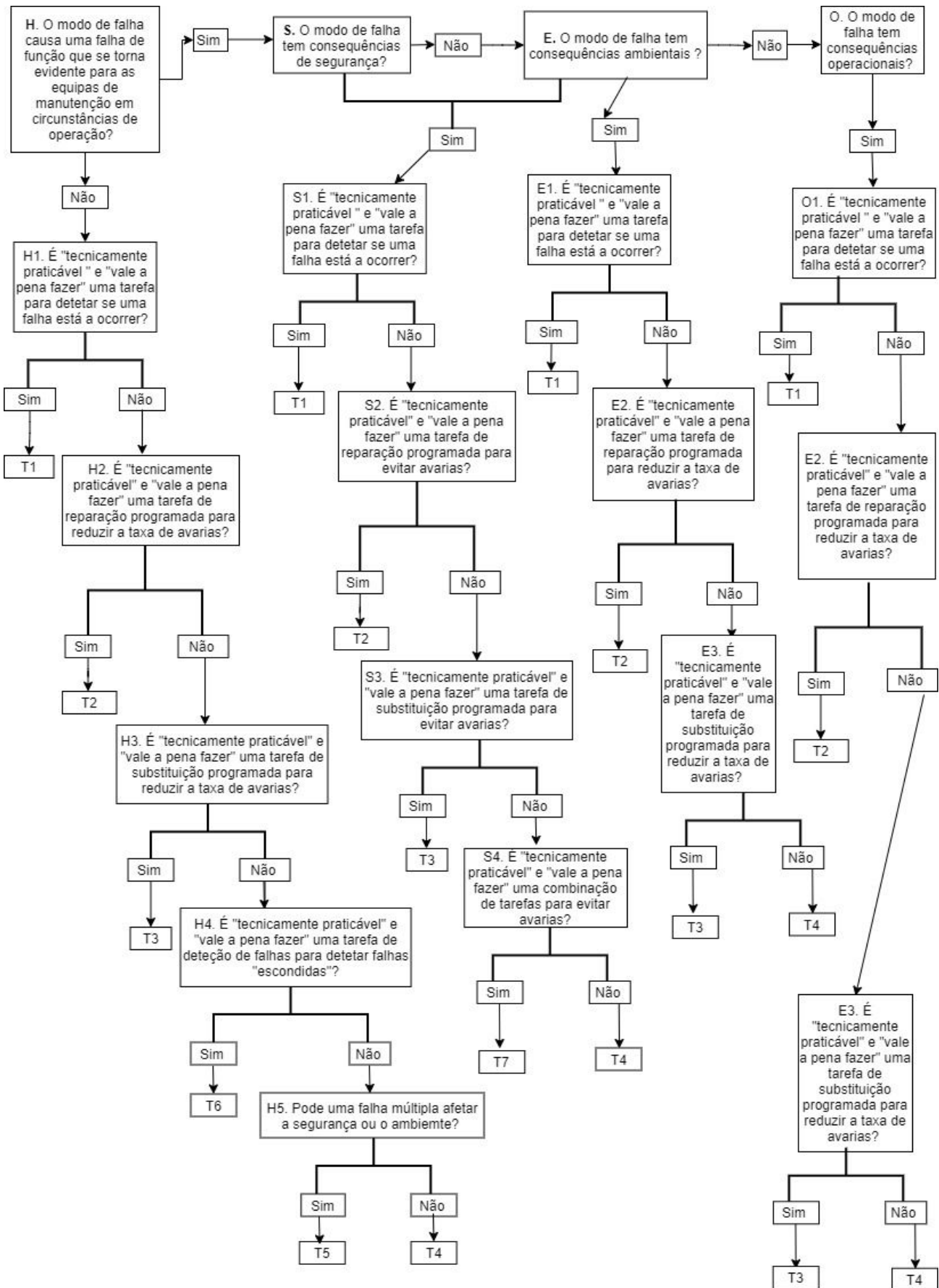


Figura 7 - Diagrama de decisão RCM – Fonte: RCM II – Reliability-centred Maintenance “, John Moubray

Capítulo III - Caracterização da empresa e do processo industrial

3.1 Apresentação da empresa

3.1.1 Grupo Altri

“O grupo Altri é uma referência europeia na produção de papel e na gestão florestal sustentável. É um grupo cotado na bolsa de valores de Lisboa, onde integra o seu principal índice, PSI-20” (Altri, 2020).



Figura 8- Logotipo do grupo altri

O grupo Altri é constituído por três fábricas de produção de pasta de papel; são elas: Celbi, Caima e Celtejo. O outro setor onde o grupo Altri atua é produção de energia elétrica a partir de biomassa florestal, onde tem a sua subsidiária Greenvolt que é constituída por cinco centrais, situadas em: Mortágua, Rodão, Constância, e duas na Figueira da Foz.

“A estratégia da Altri assenta na maximização das capacidades das fábricas que constituem o seu portfólio. Assim, na Celbi e na Celtejo, que produzem pasta do tipo Bleaching Eucalyptus Kraft Pulp (BEKP), a estratégia assenta na maximização da eficiência produtiva através de pequenos projetos de expansão sustentada”(Altri, 2020).

“No caso da Caima, tendo em conta as especificidades desta unidade industrial, a estratégia assentou na identificação de oportunidades de crescimento num sector mais específico e de maior valor acrescentado, a pasta solúvel (DWP)” (Altri, 2020).

O grupo Altri é um dos principais responsáveis pela produção de papel, sendo uma referência a nível europeu, o que o significa que a sua pasta de papel é reconhecida como tendo qualidade de excelência.

Quanto ao ramo da produção de energia elétrica o grupo Altri nos últimos anos tem-se destacado na aposta nas energias renováveis, tendo centrais termoelétricas de produção de energia elétrica através de biomassa ou então a produção de energia através de painéis fotovoltaicos.

3.1.2 Greenvolt – Central termoelétrica de Mortágua

O estágio curricular foi realizado na central termoelétrica de Mortágua. Esta central, pertencente ao grupo Altri, foi inaugurada no ano de 1999, localiza-se no lugar do Freixo, junto à barragem da Agueira, tendo sido a primeira central do país a produzir energia elétrica a partir de biomassa florestal.



Figura 9 – Logótipo da GreenVolt



Figura 10 – Central Termoelétrica De Mortágua

3.2 Apresentação da matéria-prima e do processo industrial

A biomassa utilizada nesta central é biomassa florestal residual, que são as sobras ou restos florestais das limpezas florestais.



Figura 11 - Exemplo da biomassa que alimenta a central

A biomassa para alimentar a central provém de vários tipos de biomassa. A central termoeletrica de Mortágua utiliza maioritariamente biomassa de euclypto, mas por vezes são utilizados outros tipos de biomassa, dependendo das descargas dos fornecedores.



Figura 12 - Tipos de biomassa

O objetivo desta central é a produção de energia elétrica através do resíduo florestal, logo pode afirmar-se que a central produz uma energia “limpa”, uma vez que o balanço carbónico é nulo.

Um esquema representativo da central termoelétrica de Mortágua é apresentado na figura 13, na qual se pode observar os seus principais constituintes em termos de equipamentos, bem como a representação do ciclo que a biomassa atravessa até à produção de energia.

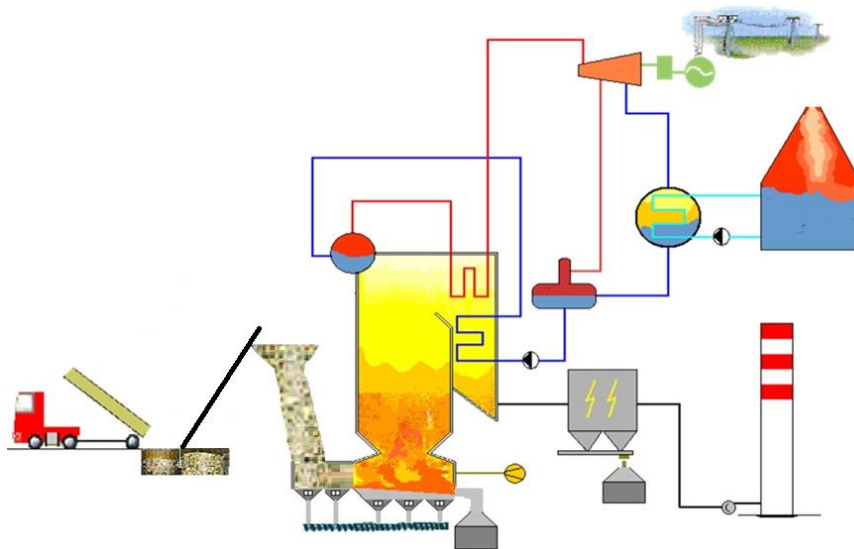


Figura 13 - Representação esquemática da central

Este esquema representa o funcionamento normal da central desde a descarga de biomassa no parque até à injeção de energia elétrica na rede. Na figura também é possível ver os principais equipamentos de uma central termoelétrica de biomassa. Alguns desses equipamentos principais são: o sistema de transporte da biomassa, a caldeira (em conjunto com os sobreaquecedores, os economizadores, e evaporadores); também se mostra o ciclo de refrigeração e por fim o turbo-alternador onde a energia elétrica é gerada.

A descrição do processo industrial começa pela receção da matéria-prima, armazenagem e o transporte da biomassa para a caldeira. Nesta etapa há o transporte da matéria-prima para a central e o armazenamento no parque. Por fim, quando a biomassa está preparada é colocada no transportador que a leva até à caldeira.

Na segunda etapa encontra-se a caldeira, o local onde se desencadeia o processo de transformação de energia química, em energia térmica, pois é onde ocorre a queima da biomassa e assim começa todo o processo. Do processo de combustão da biomassa, é produzido calor que é utilizado para vaporizar a água dos circuitos da caldeira e produzir vapor sobreaquecido. Os gases de exatão são limpos através de um electrofiltro – tem a função de remover as partículas.

Na terceira etapa, têm-se o turbogerador e subestação que representa a rede de vapor e a parte de injeção da energia elétrica na rede. O vapor sobreaquecido, é injetado numa turbina de condensação, que se encontra acoplada ao alternador elétrico. O movimento desta turbina faz acionar o alternador elétrico de forma a produzir eletricidade e injetá-la na rede de distribuição elétrica.

Após a etapa de produção de trabalho, o vapor entra no condensador para voltar ao estado líquido – permutador de calor água-água – retomar ao ciclo térmico. Esta água (desmineralizada) volta a ser introduzida no tanque de água de alimentação e injetada novamente na caldeira para vaporizar. É um ciclo fechado, onde as perdas de água são desprezáveis.

Capítulo IV - Estudo de caso – parte I – análise de risco

Neste capítulo, vai ser feita a análise de risco, de acordo com os métodos que foram selecionados. Segue-se uma descrição genérica do procedimento adotado.

Inicialmente, fez-se um levantamento dos ativos críticos, após o que foram definidas as tabelas de análise dos equipamentos, de forma a ser possível efetuar as entrevistas estruturadas à equipa de manutenção para obter informação detalhada dos equipamentos.

Com a informação recolhida das tabelas e das entrevistas, elaboraram-se uns *posters* para os equipamentos críticos definidos. Estes *posters* foram o ponto de partida para a aplicação do processo RCM, os *posters* realizados podem ser vistos no anexo F – posters informativos. Cada poster resume a informação essencial sobre cada equipamento crítico, para todos os trabalhadores poderem ficar familiarizados com os equipamentos.

Por fim, a realização da matriz de risco que é construída por análise das tabelas que foram aplicadas aos operários, aos quais se pretendia saber a severidade de falha (em termos de operação e segurança) e os tempos de paragem de falha (em termos de logística e manutenção) e a probabilidade de ocorrência da falha. Depois de preenchidas e analisadas as tabelas é efetuado o cálculo através de uma fórmula.

Depois de realizada e analisada a matriz de risco foi feita a escolha do ativo crítico de forma consciente e de acordo com os valores de criticidade escolhidos. Realizou-se depois a segunda parte do trabalho: - a aplicação do processo RCM.

4.1 Elaboração da lista dos ativos críticos

O registo dos ativos críticos foi realizado com a ajuda da equipa de manutenção, pois são os que melhor conhecem os equipamentos e têm o

conhecimento necessário para saber o que causa ou não a sua paragem e, eventualmente, da central.

Depois de uma explicação global e de um conhecimento geral da central que a equipa de manutenção fez questão de realizar, começou-se então por examinar os equipamentos, de acordo com os seguintes critérios:

- os equipamentos com maior frequência de falhas;
- os que provocavam paragens da central com maior tempo de indisponibilidade;
- os que tinham maiores tempos de intervenção a nível de manutenção e, por último,
- os equipamentos com o maior tempo médio de espera de peças.

Os ativos críticos foram definidos e divididos em grupos após a análise de risco feita com os parâmetros atrás referidos. Os equipamentos definidos como críticos para a central foram os seguintes, como se pode ver na tabela 1.

Tabela 1-Lista de ativos críticos

Grupo	Ativo crítico
Auxiliares elétricos	Transformador de potência
	Disjuntor de MT do alternador
Ciclo térmico	Bombas de água de alimentação
	Bombas de extração de condensados
	Bombas de recirculação à torre de refrigeração
	Bombas de captação de água
Ar – fumos	Ventilador de ar primário
	Ventilador de ar secundário
	Ventilador de tiragem induzida
Gerador de vapor	Sistema de vibração de grelha
Circuito de cinzas e escória	Redler 1
	Redler 2

Apresenta-se de seguida uma explicação sumária para a integração dos equipamentos constantes da tabela 1 na lista de ativos críticos.

No grupo dos auxiliares elétricos temos o transformador de potência que tem como função na central transformar (baixar ou aumentar) a tensão da corrente elétrica. Funciona como transformador elevador quando a Central está a “injetar” energia elétrica na rede, e como transformador redutor quando está a consumir energia da rede elétrica – isto apenas em períodos de paragens para manutenção.



Figura 14 - Transformador de potência

Este ativo foi escolhido porque sem ele a central não funciona, e se ocorrer uma falha neste equipamento a central tem de parar obrigatoriamente. É muito raro haver falhas neste equipamento, mas a manutenção preventiva é fundamental, consiste em o controlo de nível e controlo de qualidade do óleo isolante, tal como efetuar um conjunto de testes elétricos que são os ensaios regulares preventivos que devem ser realizados.

No segundo equipamento deste grupo existe o disjuntor de Média Tensão (MT) do alternador que se caracteriza por funcionar no caso de ocorrências de anomalias no REE (regime especial de exploração) - fora da central - ou anomalias internas (dentro da central). O disjuntor interrompe o circuito de forma a garantir o isolamento do alternador. É um equipamento MT (cela) com disjuntor extraível e possui peças substituição.



Figura 15- Disjuntor MT do alternador

A razão deste equipamento pertencer à lista de ativos críticos deve-se ao facto de a central não conseguir operar em segurança se este ativo não estiver funcional. Por outras palavras, se ocorrer uma falha no ativo ou se este parar, a central não consegue produzir energia elétrica.

No segundo grupo temos as bombas de água de alimentação (duas unidades) que realizam o abastecimento de água à caldeira mantendo a alimentação e a pressão constante. A bomba de alimentação tem redundância pois está sempre uma em funcionamento e a outra parada, e em caso de falha, a que está parada entra em funcionamento.

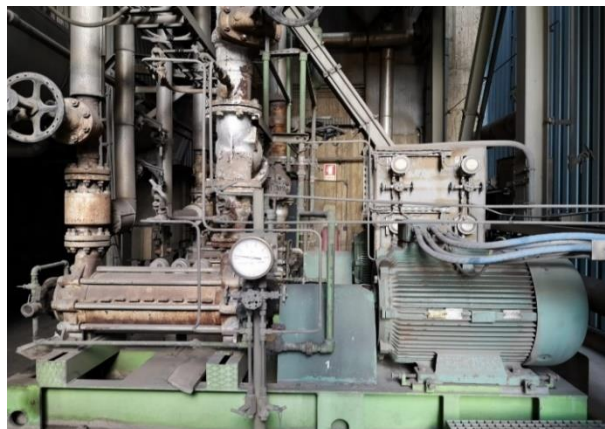


Figura 16 - Bombas de água de alimentação

A entrada deste equipamento na lista deve-se ao facto da alimentação à caldeira com água, uma falha na alimentação de água à caldeira provoca um *shutdown* da central, caso o sistema continue em funcionamento existe o risco de um grave acidente industrial.

No caso das bombas de extração de condensados (duas unidades) que têm como finalidade a extração da água condensada do condensador e o seu bombeamento através do sistema de condensado e dos aquecedores de baixa pressão para o desgaseificador do tanque de água de alimentação.



Figura 17 - Bombas de extração de condensados

Estas bombas pertencem à lista porque também estão incluídas numa fase crítica do processo de funcionamento da central; caso não desempenhem a sua função, obrigam a central a parar ou, no caso de ser possível a central continuar a trabalhar, a produção de energia é afetada.

A bomba de recirculação à torre de refrigeração (duas unidades) tem como principal função a circulação de água de refrigeração ao condensador. É um equipamento com redundância e que não costuma apresentar falhas.



Figura 18 - Bombas de recirculação à torre

Esta bomba pertence à lista de ativos críticos pelo mesmo motivo das anteriores, ou seja, pode provocar paragens na central. Quando ocorrem falhas na bomba de recirculação, estas podem ser de difícil deteção e podem demorar algum tempo até serem resolvidas.

Por fim, neste grupo temos as bombas de captação de água (duas unidades) que captam a água na barragem para a alimentação da central termoelétrica. Se as bombas de captação falharem não há água na central e por consequência a central não funciona, daí ser um equipamento fundamental e crítico.



Figura 19 - Bombas de captação de água

No grupo ar-fumos têm-se o ventilador de ar primário cuja função é inserir ar – comburente – na fornalha da caldeira, e ar na grelha de alimentação de biomassa que permite fazer uma pré-secagem da biomassa.



Figura 20 - Ventilador de ar primário

Este ativo é fundamental e entra na lista de ativos críticos, pois se este equipamento falhar provoca um *shutdown* da central, o que provoca grandes constrangimentos na central.

Outro equipamento considerado crítico é o ventilador do ar secundário, cuja função é formar, através dos jatos de ar, uma “cortina de ar” para evitar o arrastamento de combustível não queimado para as áreas onde a troca térmica ocorre por convecção e promover a queima total do combustível introduzido na fornalha.



Figura 21 - Ventilador de ar secundário

Neste caso, uma falha do ventilador implica uma grande perda de rendimento da caldeira e embora a central não pare, fica muito limitada, logo é um ativo que tem um grau de importância elevado no processo de produção de energia da central.

Para terminar este grupo, existe o ventilador de tiragem induzida que serve para remover os gases de exaustão da caldeira. Sem este equipamento não é possível ter a central a funcionar, visto que há acumulação dos gases que não permitem a combustão na caldeira.



Figura 22 - Ventilador de tiragem induzida

No grupo gerador de vapor (caldeira) encontra-se o ativo do sistema de vibração de grelha. A queima da biomassa realiza-se sobre a grelha vibratória, e a função de vibração existe para permitir um sistema de queima regularizada e a remoção das escórias.



Figura 23 - Sistema de vibração de grelha

Este equipamento é muito importante para a central pois se este equipamento falhar por algum motivo, não há outra solução se não parar por causa da acumulação da escória na fornalha da caldeira, causando danos com elevadas consequências.

Por fim e no último grupo, o circuito de cinzas e escórias que é constituído por *redler* 1 e 2 que têm como principal função transportar e acumular as cinzas e/ou as escórias que são expelidas pelas aberturas de descarga da fornalha.



Figura 24 - Redler

Se ocorrer uma falha nos *redlers* há uma acumulação de escórias, o que torna muito difícil a sua remoção, enquanto os redlers estão parados, por isso, é muito crítico se ocorrer uma falha nestes equipamentos.

Com a criação da lista de ativos críticos e a explicação da função dos equipamentos, concluiu-se o primeiro passo que é fundamental para desenvolver os próximos passos deste trabalho.

4.2 Identificação dos equipamentos – KKS

A designação que a empresa utiliza para os equipamentos críticos são os KKS, que é um sistema normalmente utilizado na identificação de todos os componentes de uma central de energia. Este sistema é baseado num documento internacional da Siemens, designado por “KKS - Kraftwerk-Kennzeichen-System (Siemens, 1995). Os equipamentos têm um código que permite que todas as pessoas que trabalham na e para a central consigam identificar o equipamento.

Com os ativos críticos definidos é importante saber as suas designações e codificações, visto que os trabalhadores da central reconhecem melhor os

ativos pelos seus KKS, do que pelo nome dos equipamentos. Na tabela 2 é possível ver os nomes dos equipamentos críticos e os respectivos códigos KKS.

Tabela 2- Identificação dos KKS dos ativos críticos

Nome do equipamento	KKS
Transformador de potência	BAT01
Disjuntor MT alternador	BBB02GS001
Bombas de água de alimentação	LAC01AP001/LAC02AP001
Bombas de extração de condensados	LCB01AP001/LCB02AP001
Bombas de recirculação à torre de refrigeração	PAC01AP001/PAC02AP001
Bombas de captação de água	GAF01AP001/GAF02AP001
Ventilador de ar primário	HLB10AN001
Ventilador de ar secundário	HLB20AN001
Ventilador de tiragem induzida	HNB60AN001
Sistema de vibração de grelha	HHC10AF001/HHC10AF002
Redler 1	ETG10AF001
Redler 2	ETG10AF002

Esta identificação está inscrita no equipamento ou então o equipamento tem uma tag (chapa de identificação) a fazer referência a essa codificação. Por exemplo, no ventilador de ar primário o KKS está escrito no ativo como podemos ver na imagem.



Figura 25 - Exemplo do KKS no equipamento

Por fim, a utilização dos KKS é uma mais-valia para a empresa e para o as centrais de energia em geral que adotem esta codificação, porque utiliza uma linguagem universal das centrais de energia. Com este sistema de codificação todas as pessoas que trabalham neste ramo conseguem, pelo código, identificar o equipamento.

4.3 Método de análise de risco - Entrevistas

A análise de risco começa pela listagem dos ativos críticos, depois é necessário obter mais informação sobre esses equipamentos. Para isso, utilizam-se as entrevistas estruturadas ou semiestruturadas e definem-se alguns parâmetros e tabelas de forma a obter mais conhecimento sobre o ativo e conseguir os dados para a realização da matriz e avaliação do risco.

A entrevista estruturada que foi aplicada aos funcionários consistiu num questionário simples, direto e com uma linguagem perceptível de forma a não haver dúvida daquilo que se queria perguntar. O objetivo deste questionário era obter respostas diretas e simples para que depois o método de manutenção centrada na fiabilidade fosse o mais preciso e eficaz possível.

O questionário aplicado tinha como principais objetivos:

- Identificar quais as principais causas de falhas do equipamento;

- Identificar qual a principal falha ou a falha mais recorrente no equipamento;
- Saber em média, os tempos de paragem para manutenção ou reparação da falha;
- Perceber o que se deve fazer em primeiro lugar quando surge uma falha para tentar evitar mais problemas;
- Identificar quais os cuidados a ter com os equipamentos diariamente.

As tabelas que foram aplicadas são as tabelas 3,4,5 e 6 que podem ser vistas abaixo com a sua respetiva escala, onde são apresentados quatro tipos de tabelas com variáveis diferentes, ou seja, em termos de severidade de falha, tempo de paragem e probabilidade de ocorrência.

Nas tabelas utilizou-se uma escala de 1 a 5 com diferentes atribuições, de forma a quantificar os diferentes tipos de risco, desde o risco mais baixo (1) até ao risco mais elevado (5).

As tabelas apresentadas representam uma média das respostas obtidas e, através delas, é que vai ser possível calcular o nível de risco de cada equipamento.

A primeira tabela aplicada foi a da severidade a nível operacional da central, onde se pretende saber qual o impacto na paragem ou não da central, quando ocorrer uma falha.

A escala utilizada na primeira tabela é:

1. Sem paragem nem alterações no rendimento da central;
2. Sem paragem, mas com algumas alterações no rendimento da central;
3. Sem paragem, mas com alterações drásticas no rendimento da central;
4. Sem paragem da central, mas com pouco ou nenhum rendimento;
5. Paragem total da central

Tabela 3 - Análise do equipamento em termos de severidade na operação da central

Ativo crítico	Severidade da falha
	Em termos operação da central
	1 - 5
Transformador de potência	5
Disjuntor de MT do alternador	5
Bombas de água de alimentação	3
Bombas de extração de condensados	1
Bombas de recirculação à torre de refrigeração	1
Bombas de captação de água	1
Ventilador de ar primário	5
Ventilador de ar secundário	5
Ventilador de tiragem induzida	5
Sistema de vibração da grelha	3
Redler 1 (escória)	5
Redler 2 (escória)	5

A segunda tabela diz respeito à severidade a nível de segurança, ou seja, se ocorrer uma falha quais os danos que provoca na instalação e às pessoas, mesmo sendo essa falha leve (derrame de óleo no operador) ou muito grave (explosão ou assim).

Em relação à escala desta tabela, também é de 1 a 5, onde:

1. Sem danos nos humanos e sem danos materiais
2. Danos leves nos humanos e materiais
3. Danos graves nos humanos e nos materiais
4. Danos muito graves nos humanos e materiais
5. Morte de humanos e danos destrutivos materiais

Tabela 4 - Análise do equipamento em termos de segurança

Ativo crítico	Severidade da falha
	Em termos de segurança
	1 - 5
Transformador de potência	3
Disjuntor de MT do alternador	3
Bombas de água de alimentação	3
Bombas de extração de condensados	3
Bombas de recirculação à torre de refrigeração	2
Bombas de captação de água	2
Ventilador de ar primário	2
Ventilador de ar secundário	2
Ventilador de tiragem induzida	3
Sistema de vibração da grelha	3
Redler 1 (escória)	2
Redler 2 (escória)	3

Na terceira tabela, temos o tempo de paragem de falha que é constituído por duas variáveis: o tempo médio de manutenção dos equipamentos e o tempo logístico de espera das peças para os ativos.

No caso do tempo de manutenção, a escala da tabela corresponde:

1. Tempo mínimo de manutenção (apenas minutos);
2. Pouco tempo de manutenção (no máximo duas horas de reparação)
3. Algum tempo de manutenção (de duas horas a um dia de reparação)
4. Demasiado tempo de manutenção (de um dia a três dias de reparação)
5. Tempo muito elevado de reparação (acima de três dias de reparação)

No tempo logístico a escala é:

1. Em stock e tempo de espera das peças (minutos)
2. Pouco tempo de espera das peças (2 horas a 4 horas)
3. Algum tempo de espera das peças (2 horas a três dias)
4. Demasiado tempo de espera das peças (3 dias a 2 semanas)
5. tempo de espera das peças muito elevado (acima de duas semanas)

Tabela 5 - Análise do equipamento em termos de tempo de falha

Ativo crítico	Tempo de paragem de falha	
	Tempo de manutenção	Tempo logístico (tempo de espera das peças)
	1 - 5	1 - 5
Transformador de potência	4	5
Disjuntor de MT do alternador	3	4
Bombas de água de alimentação	4	4
Bombas de extração de condensados	4	3
Bombas de recirculação á torre de refrigeração	4	3
Bombas de captação de água	4	4
Ventilador de ar primário	3	3
Ventilador de ar secundário	3	3
Ventilador de tiragem induzida	3	3
Sistema de vibração da grelha	3	3
Redler 1 (escória)	3	3
Redler 2 (escória)	3	3

Por fim, a última tabela e a mais importante de todas, visto que serve para calcular o risco é a probabilidade de ocorrência, em que se pretende saber a probabilidade de ocorrer uma falha no equipamento.

A probabilidade de ocorrência está classificada segundo a seguinte escala:

1. Nunca ocorre uma falha;
2. Ocorre ocasionalmente uma falha;

3. Algumas vezes ao longo do ano uma falha;
4. Ocorre regularmente ao longo do ano uma falha;
5. Ocorrência de muitas falhas ao longo do ano;

Tabela 6 - Análise em termos de probabilidade de ocorrência

Ativo crítico	Probabilidade de ocorrência de falha
	1 - 5
Transformador de potência	2
Disjuntor de MT do alternador	2
Bombas de água de alimentação	2
Bombas de extração de condensados	2
Bombas de recirculação á torre de refrigeração	2
Bombas de captação de água	2
Ventilador de ar primário	3
Ventilador de ar secundário	3
Ventilador de tiragem induzida	2
Sistema de vibração da grelha	3
Redler 1 (escória)	3
Redler 2 (escória)	3

Em suma, com as entrevistas e com a elaboração e preenchimento das tabelas foi possível recolher muita informação sobre os ativos da central. Com toda a informação recolhida foram elaborados posters de informação acerca equipamentos que é uma forma muito gráfica de comunicar e mostrar o estado atual dos ativos críticos da Central de Biomassa. A recolha de informação também permitiu o cálculo do nível de risco de cada equipamento, usando a matriz de risco, que também dá uma orientação e indicação preciosa para se poder aplicar o método de manutenção RCM a um equipamento crítico.

4.4 Cálculo do MTBF (Mean Time Between Failures)

O cálculo do MTBF dos equipamentos é essencial na elaboração dos planos de manutenção que são aplicados nos ativos das organizações, pois este indicador permite definir, com o nível de segurança desejado, o intervalo das ações de manutenção preventiva.

O cálculo do MTBF é obtido através da seguinte expressão:

$$MTBF = \frac{\text{tempo total de funcionamento}}{N^{\circ} \text{ total de falhas}}$$

Através das expressões anteriores e com a recolha dos dados baseados no histórico de cada equipamento da central de biomassa, obteve-se a seguinte tabela com a correspondência da MTBF associado a cada ativo crítico da central.

Tabela 7 - Resultados do cálculo do MTBF

Ativo crítico	MTBF total (horas) Referente ano 2020	MTBF total desde o início de funcionamento da central (horas)
Transformador de potência	8760*	39094
Disjuntor de MT do alternador	8130*	78188
Bombas de água de alimentação	4124*	15638
Bombas de extração de condensados	4089	15638
Bombas de recirculação á torre de refrigeração	4089*	26063
Bombas de captação de água	2744	13031
Ventilador de ar primário	8248*	52125
Ventilador de ar primário	8248	15638
Ventilador de tiragem induzida	8248	31275
Sistema de vibração de grelha	2749	5585
Redler 1	8248	11170
Redler 2	2749	13031

* Nestes equipamentos como não ocorreu nenhuma falha durante o ano 2020, considera-se o número de horas total referente a esse ano.

No cálculo do **MTBF total**, desde o início da central até ano 2020, teve de se considerar o número de horas de funcionamento igual para todos os equipamentos, devido à falta de histórico, mas o número de horas de

funcionamento desde o início da central até 2020 foi obtido através do número de horas de funcionamento da caldeira, pois os equipamentos considerados só funcionam se a caldeira estiver a funcionar.

4.5 Elaboração dos *posters* informativos

O método de análise de risco de entrevista estruturada e as respetivas tabelas são elementos essenciais para a realização deste trabalho de projeto. No entanto, com tanta informação que foi recolhida através desses recursos e também com a ajuda da equipa da manutenção, foi possível obter muita informação que se verificou ser de grande interesse condensar para cada equipamento em *posters*. Os *posters* foram impressos e afixados num local visível da empresa, dando assim mais visibilidade ao trabalho de investigação e realçando a parceria da indústria com o mundo académico.

A elaboração dos *posters* permitiu a junção de muita informação útil sobre o equipamento. O principal objetivo da elaboração dos *posters* foi comunicar a todos os colaboradores da organização como é o funcionamento dos equipamentos críticos, as suas principais causas de falhas, as características técnicas de cada equipamento, a descrição do estado atual do equipamento e por fim a classificação do nível de manutenção.

O trabalho para a elaboração dos *posters* permitiu a recolha de mais informação dos equipamentos, como por exemplo os planos de manutenção que são aplicados aos ativos. Também permitiu a recolha de dados sobre o nível de *outsourcing* e dos níveis de peças em *stock* e uma avaliação global sobre o estado atual do equipamento.

Cada equipamento crítico tem um poster próprio (podem ser vistos no anexo F – *Posters* informativos), ou seja, da lista de ativos críticos foi realizado um *poster* para cada equipamento com toda a informação recolhida, de modo a ser mais uma ferramenta de comunicação/conhecimento do equipamento.

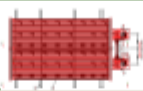
Todos os *posters* têm um *design* gráfico tipo (vulgarmente designado como *template*), sendo as imagens, o texto e os valores específicos adaptados a cada equipamento.

A título de exemplo pode-se ver a disposição de toda a informação, no caso do sistema de vibração da grelha na figura 25 e a seguir vamos usar esse mesmo equipamento para explicar o resto do conteúdo do Poster. Os outros pósteres elaborados estão no anexo F- Posters informativos.

Sistema de vibração da grelha

B.I do equipamento

- Ano de instalação: 1999
- Identificação KKS: HH10AF001HH10AF002
- Quantidade de equipamentos: 2 Unidades
- Tipo de manutenção: Preventiva



Classificação do nível de manutenção

> Plano de manutenção atualizado

Assunto	Atual	Revisão
Manutenção Preventiva	01/2020	01/2020
Manutenção Corretiva	01/2020	01/2020

> Tempo de funcionamento total (estimativa): 2749 horas (referente ao ano 2020)

> MTBF total (tempo médio entre falhas): 6603 horas (referente ao ano 2020)

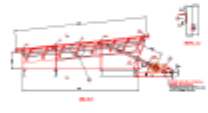

> Nível de outsourcing: 2
(0- nenhum; 1- pouco; 2- algum; 3- total)

> Nível de peças em stock: 1
(1- sem; 2- algum; 3 com stock)

Caracterização do sistema de vibração

- Potência do motor elétrico: 11 MW

Descrição atual do estado do equipamento

- > Sistema importante para alimentação da caldeira.
- > Falhas recentes neste sistema
- > Falhas oficiais de detetar
- > Manutenção preventiva deve ser sempre realizada

Principais falhas identificadas por os funcionários ao longo do tempo ou patologias do equipamento (problemas crónicos)


- > Pirões de acumulação de inertes
- > Pirões mecânicos
- > Falha de veias
- > Chumacilhas
- > Acoplamentos
- > Falhas elétricas nas gavetas de alimentação de energia
- > Falhas no sistema de comunicação na ordem DCS
- > Sistema ligação mecânica (braço e cavilhas fixas)

Função do equipamento e da área

Função do equipamento: A queima de biomassa realiza-se sobre a grelha vibratória, a função de vibração existe para permitir a remoção das escórias.

Área/ação: Grupo de gerador de vapor



Localização:



Localização do equipamento: na central

Causas de falha

- > Diáfragma
- > Correas
- > Rolamentos do motor
- > Desgaste nas cavilhas e rotas de transmissão

2020/2021

Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Realizado por: João Costa

Figura 26 - Exemplar de um poster informativo

O primeiro quadro de texto (ou moldura) do poster tem o título de “B.I do equipamento” que tem a informação do ano de instalação de cada equipamento, a sua identificação e codificação em KKS, o número de série do equipamento e o tipo de manutenção.

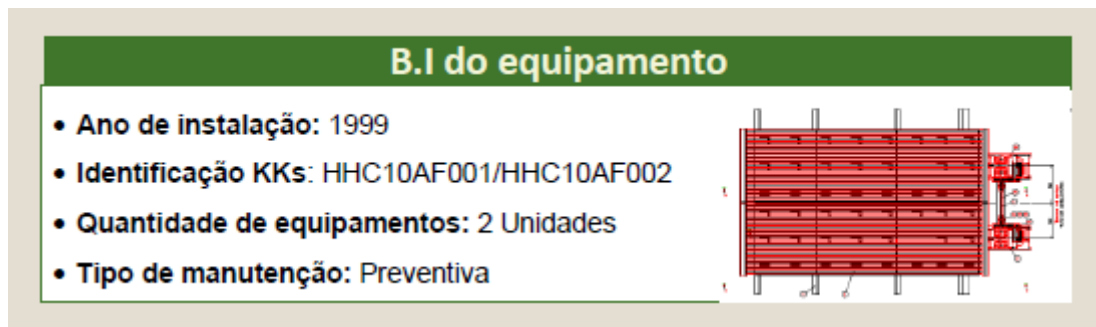


Figura 27 - B.I do equipamento

No quadro de caracterização do equipamento temos a informação sobre as características técnicas do equipamento e o que deve ser relevante em termos mecânicos ou elétricos, ou seja, a potência do motor, caudais máximos, que tipo de equipamento é, dentro da sua gama, frequências, níveis de ruído entre outros.

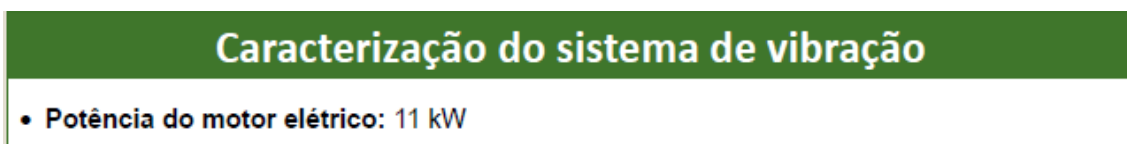
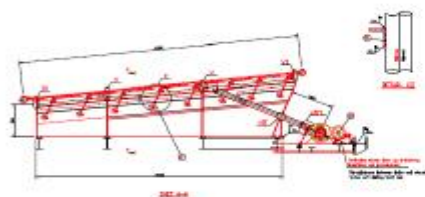


Figura 28 - Caracterização do sistema de vibração

A descrição atual do estado do equipamento corresponde a uma avaliação, por parte da equipa técnica de manutenção e engenharia, do estado atual do equipamento, quais são as suas falhas ou as suas patologias e também descreve as principais falhas desse equipamento.

Descrição atual do estado do equipamento



- Sistema importante para alimentação da caldeira.
- Falhas recorrentes neste sistema
- Falhas difíceis de detetar
- Manutenção preventiva deve ser sempre realizada

Principais falhas identificadas por os funcionários ao longo do tempo ou patologias do equipamento (problemas crónicos)

- Prisões de acumulação de inertes
- Prisões mecânicas
- Falha de veios
- Chumaceiras
- Acoplamentos
- Falhas elétricas nas gavetas de alimentação de energia
- Falhas no sistema de comunicação na ordem DCS
- Sistema ligação mecânica (braço e cavilhas folgas)

Figura 29 - Descrição atual do estado do equipamento

A informação da classificação do nível de manutenção: este parâmetro refere-se a tudo o que envolva a manutenção, ou seja, desde planos de manutenção, níveis de peças em *stock*, número de horas de utilização do equipamento e o indicador MTBF.

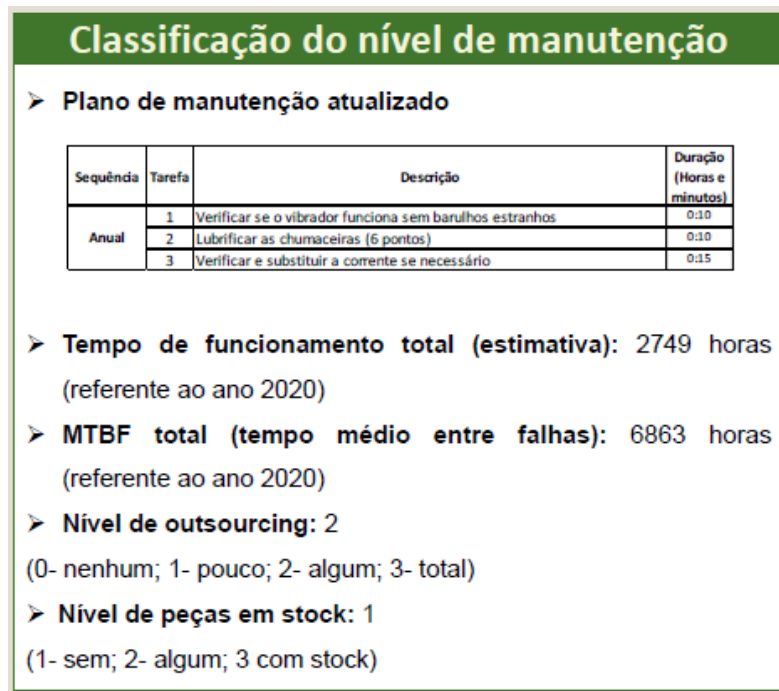


Figura 30 - Classificação do nível de manutenção

O quadro da função do equipamento, como o nome indica, descreve a função do equipamento na central e é exposta a localização do equipamento que está a ser estudado, utilizando para o efeito uma planta da central.



Figura 31 - Função do equipamento e da área

Para complementar toda a informação do *poster*, no último quadro temos as principais causas de falhas de cada equipamento, o que é uma mais-valia para todos, pois se ocorrer uma falha provavelmente será uma das descritas e

torna-se mais fácil resolver o problema. Esta informação geral das falhas serve para familiarizar todos os colaboradores da empresa e tem um papel importante para análise histórica das causas de falhas dos equipamentos.

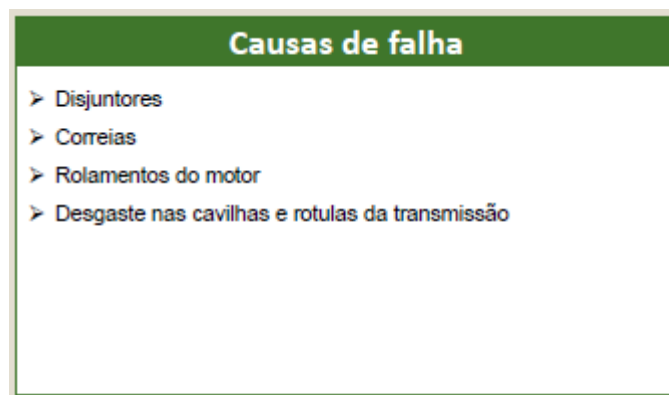


Figura 32 - Causas de falha

Para concluir, a elaboração dos *posters* foi muito importante, pois permitiu uma recolha de informação sobre cada ativo crítico que serviu para, como investigador, ter um conhecimento mais aprofundado de cada equipamento. Por outro lado, a realização dos *posters* serve como base, ou ponto de partida, para o processo RCM.

4.6 O método da Matriz de risco

O uso do método da matriz de risco considerado neste estudo é uma matriz com uma escala de um a vinte cinco a qual está dividida em três patamares: baixo risco (1 a 7), médio risco (8 a 15) e por último o risco alto (16 a 25).

Tabela 8 - Matriz de risco e respetiva escala utilizada no estudo

Probabilidade de falha	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	12	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
Severidade/Tempo de paragem						

Escala de risco:	
1 até ≤ 8	Baixo
> 8 até ≤ 16	Médio
>16 até 25	Alto

Com esta matriz determinam-se os equipamentos que devem ser estudados em primeiro lugar e necessitam da aplicação do método RCM. Desta forma, se o equipamento não vai ser substituído, será feita uma atualização do plano de manutenção baseado no histórico e na fiabilidade dos equipamentos. Na tabela 8 podemos observar a matriz e a sua escala.

O cálculo do nível de risco de acordo com a matriz de risco, é feito com a multiplicação das tabelas da *severidade da falha (1)* e do tempo de paragem de falha (2) pela probabilidade de ocorrência de falha (3), onde depois fazemos a divisão (como é uma média temos de dividir por as tabelas de severidade da falha e tempo de paragem de falha, ou seja, por (4)).

A respetiva fórmula do cálculo é a seguinte:

Variáveis:

(1a) - Severidade da falha em termos operação da central

(1b) - Severidade da falha em termos de segurança

(2a) – Tempo de paragem de falha em termos de tempo de manutenção

(2b) – Tempo de paragem de falha em termos de tempo logístico

(p) – Probabilidade de ocorrência de falha

$$\text{Nível de risco} = \frac{(1a*p)+(1b*p)+(2a*p)+(2b*p)}{4}$$

Depois de elaborados os cálculos obtemos a tabela 9 à qual apresenta o nível de risco de cada equipamento.

Tabela 9 - Resultado do cálculo do risco de cada ativo

Ativo critico	Pontuação do nível de risco	Nível da matriz de risco
	1 A 25	
Transformador de potência	7,88	Baixo
Disjuntor de MT do alternador	6,69	Baixo
Bombas de água de alimentação	6,75	Baixo
Bombas de extração de condensados	5,50	Baixo
Bombas de recirculação à torre de refrigeração	5,00	Baixo

Bombas de captação de água	5,50	Baixo
Ventilador de ar primário	9,13	Médio
Ventilador de ar secundário	9,13	Médio
Ventilador de tiragem induzida	7,00	Baixo
Sistema de vibração da grelha	8,63	Médio
Redler 1 (escória)	8,81	Médio
Redler 2 (escória)	9,56	Médio

A tabela 9 é o resultado do cálculo do risco para os equipamentos críticos, e da sua análise conclui-se que não se destaca nenhum equipamento que esteja no risco alto, e como se pode ver existem cinco equipamentos no risco médio, o que torna esta tarefa mais complexa e de difícil escolha para realizar o passo seguinte. Mas de acordo com os cálculos feitos e os resultados obtidos vimos que os ventiladores estão no nível médio de risco, no entanto, como tem um plano de substituição na próxima intervenção da central, não é rentável e produtivo fazer um plano de manutenção centrado na fiabilidade para um ativo que poderá ser substituído por um novo e que por norma já traz os seus planos de manutenção.

Os *redlers* apresentam um resultado que os caracteriza com um nível de risco médio, mas como são ativos muito complexos em termos de estudo e mesmo mecanicamente, logo para a aplicação do processo RCM também é muito complexa. O seu número de falhas comparado com o sistema de vibração de grelha é menor.

O ativo que tem maior número de falhas no ano de 2020 é o sistema de vibração de grelha o que o põe em boa posição para ser estudado. Outro fator relevante é que o sistema de vibração de grelha é o ativo com o maior número de falhas desde 2001 até 2020, o que significa que é um equipamento que causa grande preocupação à central e que provoca grandes transtornos à produção de energia da central.

Em suma, para a aplicação do processo RCM, a escolha, em conjunto com todas as pessoas envolvidas neste projeto, foi que o melhor seria estudar e refazer o plano de manutenção para o sistema de vibração de grelha, visto que a sua elaboração apresenta maiores vantagens, nomeadamente para evitar ou reduzir as paragens e/ou melhorar os tempos de reparação.

Capítulo V - Aplicação do processo RCM (Manutenção Centrada na Fiabilidade)

Neste trabalho de projeto, O processo RCM vai ser aplicado no sistema de vibração de grelha da central, tendo sido uma escolha consensual, por ser o ativo que no cálculo do nível de risco teve um dos valores mais altos, e por ser um equipamento que tem muitas falhas e que causa muitas preocupações à central termoelétrica.



Figura 33 - Localização do sistema de vibração de grelha

5.1 Funções do equipamento

O processo RCM começa por dividir o equipamento em dois tipos de funções: as funções primárias, que são as mais importantes no funcionamento do ativo e as funções secundárias que não menos importantes, mas que ajudam no funcionamento do equipamento.

No sistema de vibração de grelha as funções principais que foram determinadas por todos intervenientes neste processo são: a queima da biomassa que se realiza sobre a grelha vibratória, e a função de vibração que existe para permitir a remoção das escórias. A vibração da grelha, por norma em intervalos de tempo (por exemplo 3 em 3 minutos), é definida por vários parâmetros, como a qualidade da biomassa que influencia muito o intervalo de

tempo a que a grelha deve vibrar. A última função primária do sistema de vibração de grelha é o seu papel fundamental na entrada de ar primário (comburente) para a combustão.

A função secundária identificada é a de manter a temperatura de combustão estável que serve como indicador se a caldeira está a funcionar corretamente, e esse valor da temperatura deve rondar os 800°C.

Tabela 10 - Funções do sistema de vibração de grelha

		Função
1	Função primária	Queima da biomassa realiza-se sobre a grelha vibratória, e a função de vibração existe para permitir a remoção das escórias
2	Função primária	A grelha por norma vibra em intervalos de tempo (por exemplo 3 em 3 minutos)
3	Função primária	Permite a entrada de ar primário (comburente)
4	Função secundária	Temperatura de combustão estável

Para o bom desempenho do equipamento a nível operacional é necessário que a função de vibração nunca pare de ser feita, que os intervalos de vibração sejam sempre realizados de acordo com os parâmetros operacionais, que a entrada de ar primário ocorra para permitir a combustão e, por fim, que a temperatura de combustão se mantenha estável.

Em suma, a determinação da função é importante para ter uma noção de como o equipamento deve funcionar e, no caso do papel da manutenção, para ter conhecimento dos padrões de desempenho que são desejados e assim definir as ações de manutenção necessárias para manter o seu bom funcionamento.

5.2 Falhas funcionais

O registo das falhas funcionais serve para identificar os problemas que os equipamentos podem ter. Um registo prévio, se existir, permite uma solução mais rápida do problema, evita maiores tempos de paragem na resolução e evita

que o equipamento se danifique; como corolário, reduz os custos devido ao facto da intervenção ser mais rápida.

No caso do sistema de vibração de grelha, as principais falhas que foram determinadas são as que constam na tabela 11. Estas falhas foram assinaladas pela equipa de manutenção como sendo falhas recorrentes.

Tabela 11 - Falhas funcionais do sistema de vibração de grelha

F – Função	FF - Falha funcional	
1	A	Não ocorre vibração da grelha
	B	Acumulação de escórias na grelha de vibração
	C	Obstrução das saídas de ar primário
2	A	Não ocorre vibração de grelha
3	A	Obstrução das saídas do ar primário
	B	Falta de injeção do ar primário para provocar a combustão na caldeira
4	A	Temperatura média de combustão (cerca 800°C) não atingida

Para cada função principal e secundária foram caracterizadas as falhas registadas na tabela 11. Para a primeira função a queima da biomassa realiza-se sobre a grelha vibratória, e a função de vibração existe para permitir a remoção das escórias. Nesta função podem ocorrer as seguintes falhas: não ocorre a vibração da grelha, ocorre acumulação de escórias na grelha de vibração e há obstrução das saídas de ar primário.

Na segunda função, em que a grelha por norma vibra em intervalos de tempo regulares, ocorre a falha de não vibração de grelha, logo não exerce a sua função e isto é muito grave.

A terceira função é permitir a entrada de ar primário (comburente) e as principais falhas que podem ocorrer são: obstrução das saídas de ar primário e a falta de injeção do ar primário para provocar a combustão.

Na função secundária, que é manutenção da temperatura de combustão estável, a sua principal falha é não atingir essa temperatura de combustão; se isso acontecer, não há funcionamento da central.

5.3 Os modos de falha

Os modos de falha resultam do tipo de falha, portanto de acordo com as falhas funcionais que apontámos anteriormente, vamos indicar os modos de falha.

Os modos de falha são geralmente obtidos através do registo do histórico das avarias, mas o estudo pode exigir uma análise mais profunda. Do estudo dos modos de falha podemos elaborar mais facilmente a forma de resolver ou evitar as falhas.

No caso do sistema de vibração de grelha os modos de falha apontados podem ser vistos na seguinte tabela.

Tabela 12 - Modos de falha do sistema de vibração de grelha

Função	Falhas funcionais		Modos de falhas	
1	A	Não ocorre vibração da grelha	1	Sistema de ligação mecânico com folgas
			2	Avaria no motor elétrico
			3	Prisão mecânica no sistema da grelha
			4	Falha de alimentação do motor elétrico
	B	Acumulação de escórias na grelha de vibração	1	Não ocorre a vibração da grelha
			2	Muitos inertes na biomassa
C	Obstrução das saídas de ar primário	1	Acumulação das cinzas e dos resíduos nas saídas do ar primário	
		2	Falta de injeção do ar primário para provocar a combustão na caldeira	
2	A	Não ocorre vibração da grelha	1	Sistema ligação mecânico com folgas (braço e cavilhas folgas)
			2	Falha no DCS ao nível elétrico
			3	Falha no DCS ao nível da programação
3	A	Obstrução das saídas do ar primário, no	1	Paragem ou falha do ventilador do ar primário

		sistema de vibração de grelha		
	B	Falta de injeção do ar primário para provocar a combustão na caldeira	1	Falha nos atuadores elétricos na entrada do ar primário
4	A	Temperatura média de combustão (cerca de 800°C) não atingida	1	Grande humidade da biomassa
			2	Má qualidade da biomassa

Todos estes modos de falha são recorrentes na central, logo é importante fazer um estudo, e neste caso faz todo o sentido a aplicação deste método, pois vai ajudar a reduzir custos, a ter novos planos de manutenção e na resolução de problemas em menor tempo em termos logísticos e de manutenção.

5.4 Efeitos do modo de falha

Os efeitos do modo de falha servem para mostrar o que acontece caso ocorram as falhas funcionais. Neste caso, os problemas que afetam este equipamento provocam grandes prejuízos para a organização.

De acordo com as falhas funcionais referidas, que são muito recorrentes no sistema de vibração de grelha, a equipa foi ao encontro dos efeitos que as falhas causavam à central, e esses efeitos podem ser de uma paragem mínima de minutos até paragem de dias, o que causa sempre transtorno a quem gere a central.

Os efeitos do modo de falha registados pela equipa podem ser vistos na tabela abaixo.

F	FF	MF	Efeitos dos modos de falha
1	A	1	A grelha não se movimentava, ou seja, as placas não se movimentavam em sentidos opostos.
		2	Acumulação de inertes sobre a grelha e não ocorre a entrada de ar primário.
		3	Não ocorre a separação do combustível com os inertes.

		4	Não se consegue por o motor a trabalhar e por consequência não se dá a vibração da grelha.
	B	1	Obriga à paragem da caldeira.
		2	Dá origem a paragem da central devido à elevada formação de escória na grelha.
	C	1	Não ocorre a insuflação do ar primário.
		2	Não ocorre a insuflação do ar primário.
2	A	1	A grelha não se movimenta, ou seja, as placas não se movimentam em sentidos opostos.
		2	Não ocorre a movimentação da grelha e ocorre a acumulação de inertes na grelha.
		3	Não ocorre movimentação da grelha e ocorre a acumulação de inertes na grelha.
3	A	1	Obriga a paragem da central termoelétrica.
	B	1	Como não há entrada de ar primário, dá origem à paragem devido a não existir ar para ajudar na combustão.
4	A	1	Maior dificuldade em atingir os níveis de produtividade, acumulação de escória na grelha, pode causar problemas nos equipamentos da central.
		2	Maior dificuldade em atingir os níveis de produtividade, grande acumulação de escória na grelha, pode causar problemas nos equipamentos da central.

Tabela 13 - Efeitos dos modos de falha no sistema de vibração de grelha

Esta descrição dos efeitos de modo de falha vai ser muito importante, porque quando ocorre a falha, como já estão descritos os efeitos da falha que ocorreu, assim já sabemos o seu efeito e permite evitar que se cometam erros desnecessários ou mesmo perdas de tempo a ver o que a falha causou o que assim permite agir de forma diferente.

5.5 Aplicação do diagrama de decisão RCM

O diagrama de decisão RCM, que está na figura 7, no subcapítulo 2.6, permite encontrar qual a técnica de manutenção mais eficaz a cada modo de falha de um dado equipamento.

Este diagrama é aplicado a cada modo de falha, ou seja, vai-se respondendo às questões do diagrama e vão-se registando as respostas até chegar à técnica de manutenção que mais se adequa para evitar a falha do modo de falha em análise.

Os resultados da aplicação do diagrama de decisão RCM podem ser vistos na ficha técnica RCM, na tabela abaixo, pois esta tabela é a conclusão das respostas que foram dadas ao longo do diagrama de decisão RCM

5.5.1 Ficha técnica RCM – Resolução da ficha de acordo com o diagrama de decisão RCM

Sistema: Sistema de vibração de grelha														
Grupo: Grupo gerador de vapor														
Informação			Avaliação da consequência				H1	H2	H3	Tarefas padrão			Tarefa Proposta	
							S1	S2	S3					
							O1	O2	O3					
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4		
1	A	1	N	-	-	-	N	N	N	-	-	-	T3	
		2	N	-	-	-	N	N	N	-	-	-	T3	
		3	N	-	-	-	S	N	N	-	-	-	T1	
		4	N	-	-	-	S	N	N	-	-	-	T1	
	B	1	N	-	-	-	S	N	N	-	-	-	T1	
		2	N	-	-	-	S	N	N	-	-	-	T1	
	C	1	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	T1	
2		N	-	-	-	S	N	N	-	-	-	T1		
2	A	1	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	T4	
		2	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	T1	
		3	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	T1	
3	A	1	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	T1	
	B	1	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	T1	
4	A	1	N	-	-	-	S	N	N	-	-	-	T1	
		2	N	-	-	-	S	N	N	-	-	-	T1	

Tabela 14 - Ficha técnica RCM

5.5.2 Legenda e descrição da ficha técnica RCM

Legenda:

N – Não

S – Sim

F – Função

FF – Falha funcional

MF – Modo de falha

Avaliação:

H – Quando as falhas são ocultas

S – Consequências para a segurança

E – Consequências para o ambiente

O – Consequências operacionais

H1/S1/O1/N1

Esta coluna serve para registar se uma tarefa de controlo da condição adequada pode ser encontrada para antecipar o modo de falha a tempo de evitar as consequências.

H2/S2/O2/N2

Esta coluna serve para registar se uma tarefa de restauração programada adequada pode ser encontrada para evitar as falhas.

H3/S3/O3/N3

Esta coluna serve para registar se uma tarefa de descarte programada (substituição) adequada pode ser encontrada para evitar as falhas.

Tarefas padrão:

H4 - Vale a pena fazer uma tarefa de deteção de falhas (*fails finding*) tecnicamente viável?

Se registrar sim se é possível fazer a tarefa e é prático fazê-la na frequência exigida e reduz o risco de falha múltipla a um nível aceitável.

H5 - A falha múltipla pode afetar a segurança ou o ambiente?

Esta pergunta só é feita se a resposta à pergunta H4 for não.

Se a resposta for sim, o reprojeto é obrigatório.

Se a resposta for não, a ação padrão é nenhuma manutenção programada, mas o reprojeto pode ser desejável.

S4 – É uma combinação de tarefas tecnicamente viável e vale a pena fazer?

Sim, se uma combinação de duas ou mais tarefas preventivas reduzirá o risco de falha a um nível aceitável (esta é uma taxa muito elevada).

Se a resposta for não, o reprojeto é obrigatório.

Tarefa proposta

Este parâmetro de acordo com o diagrama decisão RCM, serve para saber qual o tipo de manutenção a utilizar dentro das que o método tem definido, ou seja, sete tipos de manutenção que podem ser aplicados; são eles:

T1 – Técnica preventiva condicionada

T2 – Técnica preventiva sistemática (reparação)

T3 – técnica preventiva sistemática (substituição)

T4 – Técnica corretiva

T5 – Técnica de redesenho

T6 – Técnica de detecção de falhas

T7 – Combinação de técnicas

Esta ficha técnica resulta da análise de um diagrama decisão RCM, onde se vão seguindo os passos desse diagrama, ou seja, respondendo às questões que são colocadas pelo método e obtendo as respostas que estão acima na tabela. Depois de realizado o método ele dá-nos o tipo de manutenção que se deve utilizar para o modo de falha que se está a analisar.

5.6 Tarefas manutenção

As tarefas de manutenção que vão ser apresentadas na tabela 15, correspondem às manutenções que foram identificadas através da aplicação do diagrama decisão de RCM.

Estas tarefas permitem elaborar depois, para cada modo de falha, um plano de manutenção de acordo com o tipo de manutenção que deve ser realizado e que foi obtida através do diagrama de decisão de RCM.

Tabela 15 - Apresentação das técnicas de manutenção obtidas através do diagrama de decisão

F	FF	MF	Técnica de manutenção
1	A	1	T3 - Técnica preventiva sistemática (substituição)
		2	T3 - Técnica preventiva sistemática (substituição)
		3	T1 - Técnica preventiva condicionada
		4	T1 - Técnica preventiva condicionada
	B	1	T1 - Técnica preventiva condicionada
		2	T1 - Técnica preventiva condicionada
	C	1	T1 - Técnica preventiva condicionada
		2	T1 - Técnica preventiva condicionada
2	A	1	T4 - Técnica corretiva
		2	T1 - Técnica preventiva condicionada
		3	T1 - Técnica preventiva condicionada
3	A	1	T1 - Técnica preventiva condicionada
	B	1	T1 - Técnica preventiva condicionada
4	A	1	T1 - Técnica preventiva condicionada
		2	T1 - Técnica preventiva condicionada

As técnicas obtidas de acordo com o diagrama decisão RCM foram principalmente estas três: técnica preventiva sistemática, técnica preventiva condicionada e técnica corretiva.

Na técnica de manutenção preventiva sistemática, a intervenção é determinada através de tempos pré-definidos de calendário ou outra unidade conveniente (horas, quilómetros, ciclos, etc.), como se poderá verificar mais à frente nos planos de manutenção que vão ser realizados.

A técnica de manutenção preventiva condicionada, a mais utilizada de acordo com o diagrama de decisão RCM nestes modos de falha, permite a intervenção quando ocorrem sintomas obtidos nas inspeções ou no controlo de funcionamento antes de ter ocorrido perda de função.

Por fim, na técnica de manutenção corretiva aplica-se a manutenção corretiva, ou seja, o equipamento perde totalmente a função, e os tempos de reparação são imprevisíveis, pois é uma técnica que não é programável.

5.7 Descrição das tarefas de manutenção para modos de falha

A técnicas de manutenção obtidas para cada modo de falha permitiu desenvolver um plano de manutenção para cada modo de falha. Desta forma, evita-se que o equipamento falhe muitas vezes, pois quando falha provoca grandes prejuízos à central. Com a aplicação deste método elabora-se um plano de manutenção adequado ao equipamento de acordo com os seus modos de falha.

Nas tabelas das páginas seguintes está a descrição pormenorizada do plano de manutenção para cada modo de falha de acordo com a técnica obtida através do diagrama de decisão RCM.

Tabela 16 - Descrição das tarefas de manutenção para a função 1 e falhas funcionais A

Função	Falhas funcionais	Modos de falha	Descrição das tarefas de manutenção para os modos de falha
1	A	1	O tipo de manutenção é preventiva sistemática (substituição) , onde se deve fazer a verificação de folgas através de medições ou então pelo contacto visual da grelha. Também tem de se fazer a lubrificação das chumaceiras e rótulas, e por fim, caso necessário, a substituição do sistema de ligação mecânico, mais propriamente os braços e as cavilhas.
		2	O tipo de manutenção aplicado é sistemática preventiva ; quanto à sua substituição, ela é baseada no número de horas de funcionamento (de acordo com o histórico) dos rolamentos, chumaceiras e outros componentes dos motores elétricos.
		3	Para este caso tem-se a manutenção preventiva condicionada , onde se tem de verificar o acionamento, verificar os componentes mecânicos da grelha e verificar a estrutura da grelha. Se alguns destes elementos apresentar alguma anomalia será necessário a substituição dos componentes.
		4	Aplica-se uma manutenção preventiva condicionada , com um método de verificação do estado do cabo de alimentação através de um megaohmímetro e verifica-se a gaveta elétrica da alimentação; depois das verificações caso se encontre algum problema nesta zona é necessário solucioná-lo.

Tabela 17 - Descrição das tarefas de manutenção para a função 1 - falhas funcionais B

Função	Falhas funcionais	Modos de falha	Descrição das tarefas de manutenção para modo de falha
1	B	1	A <u>manutenção a realizar é preventiva condicionada, durante a qual</u> devemos remover a escória de cima da grelha (manualmente, ou seja, através dos operadores da central) e efetuar regularmente ensaios de vibração de forma a perceber se a grelha está ou não a vibrar de forma correta.
		2	Aplica-se <u>a manutenção preventiva condicionada</u> , onde deve ser efetuado o controlo visual diário da biomassa, fazendo a recolha de amostras de biomassa para realizar análises de forma a perceber se a biomassa tem qualidade. A forma como deve ser controlado é através do rácio kilo de biomassa por megawatt produzido, pois só assim é que se pode ter uma noção se a biomassa tem qualidade e se é boa para a produção de energia ou não.

Tabela 18 - Descrição das tarefas de manutenção para a função 1 - falhas funcionais C

Função	Falhas funcionais	Modos de falha	Descrição das tarefas de manutenção para modo de falha
1	C	1	Para este caso utiliza-se a <u>manutenção preventiva condicionada</u> , durante a qual se deve verificar o estado dos atuadores pneumáticos das entradas de ar primário da grelha, deve-se fazer a limpeza manual da grelha e também a desobstrução dos orifícios de entrada de ar primário da grelha.

		2	Aplica-se a <u>manutenção preventiva condicionada</u> , durante a qual se deve verificar o estado dos atuadores pneumáticos das entradas de ar primário da grelha, fazer a limpeza manual da grelha e também a desobstrução dos orifícios de entrada de ar primário da grelha.
--	--	---	---

Tabela 19 - Descrição das tarefas de manutenção para a função 2 - falhas funcionais A

Função	Falhas funcionais	Modos de falha	Descrição das tarefas de manutenção para o modo de falha
2	A	1	Aplica-se um tipo de <u>manutenção corretiva</u> : só há manutenção quando falha, ou seja, fazer a substituição do sistema de ligação mecânico, substituição dos braços e cavilhas.
		2	<u>Manutenção preventiva sistemática</u> e as tarefas de manutenção a aplicar são: verificar o estado dos atuadores.
		3	É aplicado um método de <u>manutenção preventiva condicionada</u> , onde é preciso fazer a verificação do estado da carta de saída, nomeadamente se não há desprogramação da carta de saída, e caso necessário e se o programa não estiver a funcionar é necessário reinstalar o programa de modo a combater os erros que estavam a dar.

Tabela 20 - Descrição das tarefas de manutenção para a função 3 - falhas funcionais A e B

Função	Falhas funcionais	Modo de falha	Descrição das tarefas de manutenção para o modo de falha
3	A	1	Aplicar um plano de manutenção preventiva condicionada , e as tarefas a realizar são: verificar alimentação elétrica, verificar o variador de velocidade, verificar o estado do motor do ventilador, verificar o estado do rotor do ventilador
	B	1	Aplicar um plano de manutenção preventiva condicionada : neste caso é necessário fazer a verificação dos atuadores e verificar se há ar comprimido de regulação.

Tabela 21 - Descrição das tarefas de manutenção para a função 4 - falhas funcionais A

Função	Falhas funcionais	Modos de falha	Descrição das tarefas de manutenção para o modo de falha
4	A	1	Aplicar a manutenção preventiva condicionada , e neste caso as tarefas definidas são: controlo diário da taxa de humidade da biomassa e recolha de amostras e análise da biomassa em laboratório, onde são analisados os parâmetros necessários ao controlo da biomassa tais como: a taxa de humidade, o poder colorífico, a quantidade de inertes que está presente na biomassa, entre outros.
		2	Aplicar a manutenção preventiva condicionada , para a qual as tarefas definidas são: recolha de amostras de biomassa e análises da biomassa em laboratório.

5.8 Plano de manutenção

Atualmente na empresa existe um plano de manutenção que é aplicado anualmente no sistema de vibração de grelha.

Este plano de manutenção foi elaborado pela empresa, e constitui a base para a realização das revisões anuais, seguindo a ordem que está no plano. Este plano ao ser seguido pretende detetar problemas que a grelha vibratória possa ter e que ainda não tinham sido reportados ou não tenham acontecido.

Com base na experiência dos seus funcionários, mesmo cumprindo sempre o plano de manutenção preventiva, existem falhas que não são detetadas nessa paragem para manutenção. Os técnicos detetam por vezes falhas, com a perceção de alguns sintomas que o equipamento vai dando ou por alteração de valores-padrão, que determinam a existência de problemas no sistema.

O plano de manutenção que existe é o seguinte:

Tabela 22 - Plano de manutenção existente

Sequência	Tarefa	Descrição
Anual	1	Verificar se o vibrador funciona sem barulhos estranhos
	2	Lubrificar as chumaceiras (6 pontos)
	3	Verificar e substituir as correias, se necessário

Conjugando o plano de manutenção preventiva com o plano resultante do processo RCM (manutenção centrada na fiabilidade) pode-se otimizar e melhorar o plano de manutenção, tornando-o mais eficiente.

O plano de manutenção foi melhorado através da aplicação do processo RCM, visto que o processo veio trazer novas tarefas de manutenção que se devem realizar.

Depois de aplicado o processo RCM, com o resultado que se pode ver nas tabelas feitas anteriormente para cada modo de falha foi elaborado um novo plano geral de manutenção que se pode ver na tabela 23.

Tabela 23 - Novo plano de manutenção de acordo com o RCM

Sequência	Tarefa	Descrição
Anual	1	Verificar se o vibrador funciona sem barulhos estranhos
	2	Lubrificar as chumaceiras (6 pontos)
	3	Verificar e substituir as correias, se necessário
	4	Fazer a verificação de folgas e caso necessário fazer a substituição das chumaceiras e rótulas.
	5	Troca dos rolamentos, chumaceiras e outros componentes dos motores eléctricos, baseada no número de horas de funcionamento (de acordo com o histórico).
	6	Verificar o acionamento
	7	Verificar os componentes mecânicos da grelha
	8	Verificar a estrutura da grelha
	9	Verificar o estado do cabo de alimentação
	10	Verificar a gaveta eléctrica da alimentação
Diária	11	Inspeção visual da biomassa
	12	Controlo da taxa de humidade

O plano de manutenção atual não difere muito do novo plano de manutenção, obtido pelo processo de manutenção centrada na fiabilidade, com a exceção das tarefas diárias e das tabelas da manutenção para os modos de falha que o plano inicial não tinha. Mas a grande diferença é que, neste novo plano de manutenção, estão identificadas as principais falhas que podem ocorrer, o que antes não se tinha. Neste momento os principais modos de falha estão definidos, o que é uma grande vantagem, pois sabe-se o que está a ocorrer naquela falha e também os efeitos da falha, assim se uma falha ocorrer no equipamento, já se sabe o seu efeito.

O novo plano de manutenção realizado é uma mais-valia porque tem muito mais informação sobre o equipamento do que o que existia antes, e já se tem uma forma mais rápida de reconhecer as falhas que acontecem, os seus modos de falha e os seus efeitos para a central.

Em suma, o novo plano de manutenção baseado no método RCM serviu para ter mais conhecimento sobre o equipamento, estudar as suas falhas e permitir ter um plano de manutenção para cada falha que ocorra, de forma a resolver o problema em curto espaço de tempo e de forma eficaz.

Capítulo VI - Conclusões e trabalhos futuros

Neste capítulo são abordadas as conclusões do estágio realizado e quais poderão ser os projetos a realizar num futuro próximo. No que se refere às conclusões pretende-se saber se os objetivos foram cumpridos, quais são os principais focos deste trabalho. No caso dos trabalhos futuros pretende-se dar sugestões de vários tipos de projetos que podem dar continuidade a este projeto realizado.

6.1 Conclusões

A gestão de ativos físicos nos dias de hoje é fundamental para o bom estado de conservação e funcionamento dos equipamentos, para evitar acidentes e para a redução de custos na manutenção dos ativos.

A realização deste trabalho permitiu tirar várias conclusões sobre a análise de risco que foi desenvolvida e sobre a aplicação do método RCM. Com este estudo a empresa ficou com mais conhecimento sobre os seus equipamentos, e com um método para identificar as falhas funcionais principais e a seleção do tipo de manutenção para as evitar.

O trabalho inicial de levantamento dos equipamentos permitiu saber quais os ativos mais críticos da central de biomassa, ou seja, aqueles que se tiverem uma falha poderiam provocar grandes problemas à central, tal como paragens prolongadas ou perda total da sua atividade.

Depois da elaboração da lista dos equipamentos críticos, foi possível ter um conhecimento mais profundo acerca dos equipamentos, como por exemplo, a sua função no ciclo de produção de energia, as principais falhas, o estado atual do equipamento e dos planos de manutenção, entre outros.

Para a análise de risco foram elaboradas as tabelas que permitiram analisar a severidade a nível operacional e de segurança, o tempo de paragem de falha (no qual se contabiliza o tempo logístico de entrega de peças e o tempo de intervenção da manutenção) e, por fim, a estimativa da probabilidade de ocorrência de falha.

O cálculo do nível de risco para os equipamentos críticos foi feito através dos valores obtidos nas tabelas desenvolvidas para o método de entrevista estruturada. A classificação do nível de risco foi obtida usando a matriz de risco adaptada à situação específica da fábrica.

A recolha de informação sobre os ativos permitiu elaborar uns posters que contém muita informação sobre cada equipamento. Os posters servem para, de uma forma gráfica, divulgar a toda a comunidade da empresa a informação da gestão da manutenção de cada equipamento crítico.

A segunda parte do trabalho de projeto foi a aplicação direta do método RCM a um equipamento crítico da central. Neste estudo, o equipamento selecionado, por várias razões apontadas neste trabalho, foi o sistema de vibração de grelha.

O método RCM começa por identificar e estudar as falhas do equipamento, os seus modos de falha e os seus efeitos de falha; só com estudo a empresa fica mais bem preparada para atuar quando ocorrem as falhas identificadas e descritas.

Do método RCM obtêm-se os tipos e tarefas de manutenção (em geral preventiva sistemática ou condicionada). Para cada falha, modo de falha e efeito da falha existe uma tarefa de manutenção associada, que posteriormente são agrupadas na elaboração do plano de manutenção final.

De acordo com a tarefa associada tem de se aplicar o tipo de manutenção que foi obtido através do diagrama de decisão RCM.

Neste projeto com a aplicação do método RCM, o plano de manutenção do sistema de grelha vibratório foi bastante alterado, porque no plano atual só havia manutenção preventiva anual, enquanto no novo plano, além das inspeções visuais diárias de algumas componentes, também se vai utilizar a inspeção da biomassa como indicador para a manutenção.

Por fim, com o método RCM obteve-se um novo plano para a manutenção do sistema de vibração de grelha, e que permitirá que ocorram menos falhas e se mantenha o equipamento sempre na melhor *performance* possível.

6.2 Proposta de trabalhos futuros

A área da energia e da gestão de ativos é muito dinâmica e está em grande crescimento, por isso muito trabalhos poderiam ser sugeridos.

A proposta de trabalhos futuros começa por alargar o levantamento e o registo de todos os equipamentos da central, de forma a obter um conhecimento mais profundo de todos os equipamentos pertencentes à central, visto que, o levantamento do trabalho focou-se nos ativos críticos do ponto de vista operacional para o grupo Altri, excluindo os subcontratados (Caldeira, alimentação e parque de Biomassa, etc...).

Outra proposta muito interessante é aplicar o processo RCM para todos os ativos críticos da central, visto que se fivava com um histórico e conhecimento das falhas dos equipamentos.

No decorrer do estágio, surgiram mais algumas propostas de trabalhos futuros ou para próximos projetos, nomeadamente:

- Plano de Análise de Condição Customizada de Equipamentos Críticos;
- Análise de condição – grupo turbina (dados recolhidos da *Bently Nevada®*, mas sem software análise);
- Adaptação do Plano de Lubrificação dos equipamentos;
- Elaboração de um Plano de Gestão do stock de armazém, melhoria do processo, codificação de peças e análise ABC;
- Aplicação de ferramentas de melhoria contínua na área da manutenção/produção da CTBF Mortágua;
- Plano de análise de condição customizada de equipamentos críticos;

Para terminar, foi um grande desafio fazer este projeto, é uma área muito interessante e em constante desenvolvimento, mas também o estágio foi muito importante para o desenvolvimento deste projeto, pois é aplicação prática em conjunto com a teórica e assim resulta um bom trabalho que serve para organização e para o meu desenvolvimento da dissertação.

Referências bibliográficas

Altri. (2020). <http://www.altri.pt/pt/about/overview>

Coca, D., García de Blas, R., Gallejones, C., Moral, R., Calvo, J., Álvarez, J., & Del Canto, Á. (2014). *Operational risk management in the energy industry*. 52.

IPQ. (2016a). *NP ISO 5500, Norma Portuguesa—Gestão ativos, Visão Geral, princípios e terminologia*. 31.

IPQ. (2016b). *Norma Portuguesa-Gestão de risco. Técnicas de apreciação(ISO/IEC 31010:2009)*. 99.

IPQ. (2018). *NP ISO 31000, Norma Portuguesa—Gestão de Risco, Linhas de orientação*.21

IPQ. (2021). *NP EN 13306, Manutenção*. Instituto Português da Qualidade

Khuntia, S. R., Rueda, J. L., Bouwman, S., & van der Meijden, M. A. M. M. (2016). A literature survey on asset management in electrical power [transmission and distribution] system: A Review. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 26(10), 2123–2133.

<https://doi.org/10.1002/etep.2193>

Moubray, J. (1991). *Reliability-centred Maintenance*. Butterworth Heinemann.

Rausand, M. (1998). *Reliability centered maintenance*. 12.

Saraiva Cabral, J. (2016). Guia Prático de Gestão da Manutenção de Edifícios. *Setembro 2016*.

Siemens. (1995). *KKS - Kraftwerk- Kennzeichen- System* (1995.^a ed.).

ANEXOS

Anexo A - listagem dos ativos críticos, KKS e quantidade

DESIGNAÇÃO EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	KKS
Transformador de Potência	1	BAT01
Disjuntor de MT do Alternador	1	BBB02GS001
Bombas de água de alimentação	2	LAC01AP001/LAC02AP001
Bombas de extração de condensados	2	LCB01AP001/LCB02AP001
Bombas recirculação à Torre de Refrigeração	2	PAC01AP001/PAC02AP001
Bombas de captação de água	2	GAF01AP001/GAF02AP001
Ventilador ar primário	1	HLB10AN001
Ventilador ar secundário	1	HLB20AN001
Ventiladora tiragem induzida	1	HNB60AN001
Sistema vibração da grelha	2	HHC10AF001/HHC10AF002
Redler 1 (escória)	1	ETG10AF001
Redler 2 (escória)	1	ETG10AF002

Anexo B – Questionários e tabelas aplicadas nas entrevistas

Questionário modelo

Questionário de identificação das principais causas de falha ou paragem (para todos os ativos críticos)

- 1. De forma geral, quais são as principais causas de falha ou paragem deste equipamento?**
- 2. Com base na sua experiência e dentro das causas que apontou, qual a causa que ocorre mais vezes ao longo do tempo?**
- 3. Quanto tempo em média tem uma paragem para a reparação de uma falha, sabendo que depende da falha, mas qual é a causa que provoca maior tempo de paragem?**
- 4. Quando ocorre uma falha qual a primeira coisa a fazer para não danificar ainda mais o equipamento?**
- 5. No funcionamento do equipamento, utiliza alguns cuidados para evitar as causas que enumerou anteriormente?**

Questionário ao Perito De Manutenção 1

Transformador de potência

Questionário de identificação das principais causas de falha ou paragem

- 1. De forma geral, quais são as principais causas de falha ou paragem deste equipamento?**

Não temos grande histórico de avarias neste equipamento porque nunca teve uma falha.

Mas normalmente as principais falhas são a falta de óleo no transformador, aqueles que são a óleo, as sobretensões, deteriorações dos materiais isolantes.

- 2. Com base na sua experiência e dentro das causas que apontou, qual a causa que ocorre mais vezes ao longo do tempo?**

Falta de óleo no transformador.

- 3. Quanto tempo em média tem uma paragem para a reparação de uma falha, sabendo que depende da falha, mas qual é a causa que provoca maior tempo de paragem?**

Como não temos histórico é difícil prever, mas demoraria muito tempo e como é um equipamento importante para o funcionamento da central, a central teria de parar por longos períodos de tempo.

- 4. Quando ocorre uma falha qual a primeira coisa a fazer para não danificar ainda mais o equipamento?**

Parar o funcionamento da central

- 5. No funcionamento do equipamento, utiliza alguns cuidados para evitar as causas que enumerou anteriormente?**

Ter sempre a manutenção realizada, ou seja, realizar a manutenção preditiva e a manutenção preventiva é a melhor forma de prevenir falhas, mas mesmo assim com isso em dia é necessário cumprir sempre com os métodos estabelecidos e cumprir as regras.

Disjuntor MT do alternador

Questionário de identificação das principais causas de falha ou paragem

- 1. De forma geral, quais são as principais causas de falha ou paragem deste equipamento?**

Disjuntor à terra (falha ou reparação) – quando em manobras de consignação se coloca o equipamento em modo seguro para intervir → disjuntor aberto e circuito colocado à terra.

Substituição dos polos

Problemas relacionados com as gavetas

- 2. Com base na sua experiência e dentro das causas que apontou, qual a causa que ocorre mais vezes ao longo do tempo?**

Aqui em termos de histórico não há muitas falhas, mas talvez os disjuntores terra. Mas aqui não costuma de haver grandes falhas.

- 3. Quanto tempo em média tem uma paragem para a reparação de uma avaria, sabendo que depende da falha, mas qual é a causa que provoca maior tempo de paragem?**

Depende das falhas, há avarias que demoram muito tempo, há outras que podem demorar minutos ou algumas horas que são fáceis de resolver, por isso é muito relativo depende da avaria, não é fácil precisar uma.

Mas por vezes nem é o problema da falha em si que demora muito tempo para ser resolvida, é encontrar a falha, isso sim demora muito tempo e por vezes não é fácil.

- 4. Quando ocorre uma falha qual a primeira coisa a fazer para não danificar ainda mais o equipamento?**

Neste caso é necessário parar toda a central, não dá para funcionar sem o disjuntor de MT do alternador

- 5. No funcionamento do equipamento, utiliza alguns cuidados para evitar as causas que enumerou anteriormente?**

Ter sempre a manutenção realizada, ou seja, realizar a manutenção preditiva e a manutenção preventiva é a melhor forma de prevenir falhas, mas mesmo assim com isso em dia é necessário cumprir sempre com os métodos estabelecidos e cumprir as regras.

Bombas de água de alimentação

Questionário de identificação das principais causas de falha ou paragem

1. De forma geral, quais são as principais causas de falha ou paragem deste equipamento?

- Fugas (entradas de ar no circuito)
- Falhas de empanques
- Falhas de rolamentos
- Falhas nas chumaceiras
- Danos de cavitação

2. Com base na sua experiência e dentro das causas que apontou, qual a causa que ocorre mais vezes ao longo do tempo?

- Fugas
- Desgaste dos rolamentos
- Falhas de empanque

3. Quanto tempo em média tem uma paragem para a reparação de uma falha, sabendo que depende da falha, mas qual é a causa que provoca maior tempo de paragem?

Depende das falhas, mas demorariam pouco tempo, a não ser se tivéssemos à espera de peças que não tenhamos em stock. Se existir em stock as peças para a falha, a falha é corrigida rapidamente.

4. Quando ocorre uma falha qual a primeira coisa a fazer para não danificar ainda mais o equipamento?

Como temos redundância podemos parar uma bomba e arrancar com outra. Logo não causa grande impacto, mas se ocorre avaria ou falha deve ser logo corrigida para ter sempre essas bombas operacionais.

5. No funcionamento do equipamento, utiliza alguns cuidados para evitar as causas que enumerou anteriormente?

Ter sempre a manutenção realizada, ou seja, realizar a manutenção preditiva e a manutenção preventiva é a melhor forma de prevenir avarias, mas mesmo assim com isso em dia é necessário cumprir sempre com os métodos estabelecidos e cumprir as regras.

Bombas de extração de condensados

Questionário de identificação das principais causas de falha ou paragem

1. De forma geral, quais são as principais causas de falha ou paragem deste equipamento?

- Fugas
- Danos de cavitação
- Falha de empanques
- Falhas de rolamentos
- Falhas de chumaceiras

2. Com base na sua experiência e dentro das causas que apontou, qual a causa que ocorre mais vezes ao longo do tempo?

- Falhas de rolamentos
- Falhas de empanques

3. Quanto tempo em média tem uma paragem para a reparação de uma falha, sabendo que depende da falha, mas qual é a causa que provoca maior tempo de paragem?

Depende da falha, mas demorariam pouco tempo, a não ser se tivéssemos à espera de peças que não tenhamos em stock. Se existir em stock as peças para falhas, a falha é corrigida rapidamente.

4. Quando ocorre uma falha qual a primeira coisa a fazer para não danificar ainda mais o equipamento?

Como temos redundância podemos parar uma bomba e arrancar com outra. Logo não causa grande impacto, mas se ocorre avaria ou falha deve ser logo corrigida para ter sempre essas bombas operacionais.

5. No funcionamento do equipamento, utiliza alguns cuidados para evitar as causas que enumerou anteriormente?

Ter sempre a manutenção realizada, ou seja, realizar a manutenção preditiva e a manutenção preventiva é a melhor forma de prevenir falhas, mas mesmo assim com isso em dia é necessário cumprir sempre com os métodos estabelecidos e cumprir as regras.

Bombas de recirculação á torre de refrigeração

Questionário de identificação das principais causas de falha ou paragem

1. De forma geral, quais são as principais causas de falha ou paragem deste equipamento?

- Fugas (entradas de ar no circuito)
- Falhas de empanques
- Falhas de rolamentos
- Falhas nas chumaceiras
- Danos de cavitação

2. Com base na sua experiência e dentro das causas que apontou, qual a causa que ocorre mais vezes ao longo do tempo?

- Falhas de empanques
- Falhas de rolamentos

3. Quanto tempo em média tem uma paragem para a reparação de uma avaria, sabendo que depende da falha, mas qual é a causa que provoca maior tempo de paragem?

Depende da falha, mas demorariam pouco tempo, a não ser se tivéssemos à espera de peças que não tenhamos em stock. Se existir em stock as peças a falha para as falhas, a falha é corrigida rapidamente.

4. Quando ocorre uma falha qual a primeira coisa a fazer para não danificar ainda mais o equipamento?

Como temos redundância podemos parar uma bomba e arrancar com outra. Logo não causa grande impacto, mas se ocorre avaria ou falha deve ser logo corrigida para ter sempre essas bombas operacionais.

5. No funcionamento do equipamento, utiliza alguns cuidados para evitar as causas que enumerou anteriormente?

Ter sempre a manutenção realizada, ou seja, realizar a manutenção preditiva e a manutenção preventiva é a melhor forma de prevenir avarias, mas mesmo assim com isso em dia é necessário cumprir sempre com os métodos estabelecidos e cumprir as regras.

Bombas de captação de água

Questionário de identificação das principais causas de falha ou paragem

1. De forma geral, quais são as principais causas de falha ou paragem deste equipamento?

- Danos de corrosão
- Fugas
- Deterioração do interior das tubagens que pode provocar alterações nas curvas hidráulicas de funcionamento do equipamento
- Falha de empanques

2. Com base na sua experiência e dentro das causas que apontou, qual a causa que ocorre mais vezes ao longo do tempo?

- Fugas
- Danos de corrosão

3. Quanto tempo em média tem uma paragem para a reparação de uma falha, sabendo que depende da falha, mas qual é a causa que provoca maior tempo de paragem?

Depende das avarias há avarias que demoram muito tempo, há outras podem demorar minutos ou algumas horas que são fáceis de resolver, por isso é muito relativo depende da avaria, não é fácil precisar uma.

4. Quando ocorre uma falha qual a primeira coisa a fazer para não danificar ainda mais o equipamento?

- Depende da falha, se falha não necessitar de parar a instalação continua-se a operar e faz-se a reparação.
- Por outro lado, se falha for grave à necessidade de parar a instalação.
- Como há duas bombas basicamente não há necessidade de parar, por uma trabalha e outra está parada e vice-versa.

5. No funcionamento do equipamento, utiliza alguns cuidados para evitar as causas que enumerou anteriormente?

Ter sempre a manutenção realizada, ou seja, realizar a manutenção preditiva e a manutenção preventiva é a melhor forma de prevenir avarias, mas mesmo assim com isso em dia é necessário cumprir sempre com os métodos estabelecidos e cumprir as regras.

Ventilador de ar primário

Questionário de identificação das principais causas de falha ou paragem

1. De forma geral, quais são as principais causas de falha ou paragem deste equipamento?

- Desgaste dos rolamentos
- Relé desregulado
- Correia gasta ou partida
- Turbina suja

2. Com base na sua experiência e dentro das causas que apontou, qual a causa que ocorre mais vezes ao longo do tempo?

Desgaste dos rolamentos

3. Quanto tempo em média tem uma paragem para a reparação de uma falha, sabendo que depende da falha, mas qual é a causa que provoca maior tempo de paragem?

Depende das falhas, há falhas que demoram muito tempo, há outras que podem demorar minutos ou algumas horas que são fáceis de resolver, por isso é muito relativo depende da falha, não é fácil precisar uma.

Mas por vezes nem é o problema da falha em si que demora muito tempo para ser resolvida, é encontrar a falha, isso sim demora muito tempo e por vezes não é fácil.

4. Quando ocorre uma falha qual a primeira coisa a fazer para não danificar ainda mais o equipamento?

Parar o funcionamento da central visto que é um equipamento que fulcral e extremamente importante para o funcionamento da central.

5. No funcionamento do equipamento, utiliza alguns cuidados para evitar as causas que enumerou anteriormente?

Ter sempre a manutenção realizada, ou seja, realizar a manutenção preditiva e a manutenção preventiva é a melhor forma de prevenir falhas, mas mesmo assim com isso em dia é necessário cumprir sempre com os métodos estabelecidos e cumprir as regras.

Ventilador de ar secundário

Questionário de identificação das principais causas de falha ou paragem

1. De forma geral, quais são as principais causas de falha ou paragem deste equipamento?

- Desgaste dos rolamentos
- Relé desregulado
- Correia gasta ou partida
- Turbina suja

2. Com base na sua experiência e dentro das causas que apontou, qual a causa que ocorre mais vezes ao longo do tempo?

Desgaste dos rolamentos

3. Quanto tempo em média tem uma paragem para a reparação de uma falha, sabendo que depende da falha, mas qual é a causa que provoca maior tempo de paragem?

Depende das falhas, há falhas que demoram muito tempo, há outras que podem demorar minutos ou algumas horas que são fáceis de resolver, por isso é muito relativo depende da falha, não é fácil precisar uma.

Mas por vezes nem é o problema da avaria em si que demora muito tempo para ser resolvida, é encontrar a falha, isso sim demora muito tempo e por vezes não é fácil.

4. Quando ocorre uma falha qual a primeira coisa a fazer para não danificar ainda mais o equipamento?

Parar o funcionamento da central visto que é um equipamento que fulcral e extremamente importante para o funcionamento da central.

5. No funcionamento do equipamento, utiliza alguns cuidados para evitar as causas que enumerou anteriormente?

Ter sempre a manutenção realizada, ou seja, realizar a manutenção preditiva e a manutenção preventiva é a melhor forma de prevenir falhas, mas mesmo assim com isso em dia é necessário cumprir sempre com os métodos estabelecidos e cumprir as regras.

Ventilador de tiragem induzida

Questionário de identificação das principais causas de falha ou paragem

1. De forma geral, quais são as principais causas de falha ou paragem deste equipamento?

- Desgaste dos rolamentos
- Relé desregulado
- Correia gasta ou partida
- Turbina suja

2. Com base na sua experiência e dentro das causas que apontou, qual a causa que ocorre mais vezes ao longo do tempo?

Desgaste dos rolamentos

3. Quanto tempo em média tem uma paragem para a reparação de uma falha, sabendo que depende da falha, mas qual é a causa que provoca maior tempo de paragem?

Depende das falhas, há falhas que demoram muito tempo, há outras que podem demorar minutos ou algumas horas que são fáceis de resolver, por isso é muito relativo depende da falha, não é fácil precisar uma.

Mas por vezes nem é o problema da falha em si que demora muito tempo para ser resolvida, é encontrar a falha, isso sim demora muito tempo e por vezes não é fácil.

4. Quando ocorre uma falha qual a primeira coisa a fazer para não danificar ainda mais o equipamento?

Parar o funcionamento da central visto que é um equipamento que fulcral e extremamente importante para o funcionamento da central.

5. No funcionamento do equipamento, utiliza alguns cuidados para evitar as causas que enumerou anteriormente?

Ter sempre a manutenção realizada, ou seja, realizar a manutenção preditiva e a manutenção preventiva é a melhor forma de prevenir falhas, mas mesmo assim com isso em dia é necessário cumprir sempre com os métodos estabelecidos e cumprir as regras.

Sistema de vibração de grelha

Questionário de identificação das principais causas de falha ou paragem

1. De forma geral, quais são as principais causas de falha ou paragem deste equipamento?

- Prisões de acumulação de inertes
- Prisões mecânicas
- Falha de veios
- Chumaceiras
- Acoplamentos
- Avarias elétricas nas gavetas de alimentação de energia
- Avaria no sistema de comunicação na ordem DCS (serve para todas)

2. Com base na sua experiência e dentro das causas que apontou, qual a causa que ocorre mais vezes ao longo do tempo?

Prisões mecânicas

Prisões de acumulação de inertes

3. Quanto tempo em média tem uma paragem para a reparação de uma falha, sabendo que depende da falha, mas qual é a causa que provoca maior tempo de paragem?

Depende das falhas, há falhas que demoram muito tempo, há outras podem demorar minutos ou algumas horas que são fáceis de resolver, por isso é muito relativo depende da falha, não é fácil precisar uma.

4. Quando ocorre uma falha qual a primeira coisa a fazer para não danificar ainda mais o equipamento?

Depende da falha, se falha não necessitar de parar a instalação continua-se a operar e faz se a reparação.

Por outro lado, se falha for grave à necessidade de parar a instalação.

5. No funcionamento do equipamento, utiliza alguns cuidados para evitar as causas que enumerou anteriormente?

Ter sempre a manutenção realizada, ou seja, realizar a manutenção preditiva e a manutenção preventiva é a melhor forma de prevenir falhas, mas mesmo assim com isso em dia é necessário cumprir sempre com os métodos estabelecidos e cumprir as regras.

Redler 1

Questionário de identificação das principais causas de falha ou paragem

1. De forma geral, quais são as principais causas de falha ou paragem deste equipamento?

- Sensor do nível de água da caldeira (importante)
- Sensor degolado
- Cabo do sensor partido
- Corrente de transporte com folga
- Corrente de transporte com desgaste excessivo
- Avarias elétricas nas gavetas de alimentação de energia
- Avaria no sistema de comunicação na ordem DCS (*Distributed Control System*).

2. Com base na sua experiência e dentro das causas que apontou, qual a causa que ocorre mais vezes ao longo do tempo?

- Sensor do nível de água da caldeira
- Sensor degolado (ocorre várias vezes)
- Avaria no sistema de comunicação na ordem DCS

3. Quanto tempo em média tem uma paragem para a reparação de uma falha, sabendo que depende da falha, mas qual é a causa que provoca maior tempo de paragem?

Depende da falha, mas normalmente são falhas que demoram muito tempo o que leva a grandes paragens, logo por vezes é necessário tentar corrigir problema de uma forma de desenrasque e depois arranjá-lo corretamente.

4. Quando ocorre uma falha qual a primeira coisa a fazer para não danificar ainda mais o equipamento?

Parar a central, visto que este equipamento é fulcral para o funcionamento da central.

5. No funcionamento do equipamento, utiliza alguns cuidados para evitar as causas que enumerou anteriormente?

Ter sempre a manutenção realizada, ou seja, realizar a manutenção preditiva e a manutenção preventiva é a melhor forma de prevenir falhas, mas mesmo assim com isso em dia é necessário cumprir sempre com os métodos estabelecidos e cumprir as regras.

Redler 2

Questionário de identificação das principais causas de falha ou paragem

1. De forma geral, quais são as principais causas de falha ou paragem deste equipamento?

- Sensor degolado
- Cabo do sensor partido
- Corrente de transporte com folga
- Corrente de transporte com desgaste excessivo
- Avarias elétricas nas gavetas de alimentação de energia
- Avaria no sistema de comunicação na ordem DCS

2. Com base na sua experiência e dentro das causas que apontou, qual a causa que ocorre mais vezes ao longo do tempo?

- Sensor degolado (ocorre várias vezes)
- Avaria no sistema de comunicação na ordem DCS

3. Quanto tempo em média tem uma paragem para a reparação de uma falha, sabendo que depende da falha, mas qual é a causa que provoca maior tempo de paragem?

Depende da falha, mas normalmente são falhas que demoram muito tempo, o que leva a grandes paragens, logo por vezes é necessário tentar corrigir problema de uma forma de desenrasque e depois arranja lo corretamente.

4. Quando ocorre uma falha qual a primeira coisa a fazer para não danificar ainda mais o equipamento?

Parar a central, visto que este equipamento é fulcral para o funcionamento da central.

5. No funcionamento do equipamento, utiliza alguns cuidados para evitar as causas que enumerou anteriormente?

Ter sempre a manutenção realizada, ou seja, realizar a manutenção preditiva e a manutenção preventiva é a melhor forma de prevenir avarias, mas mesmo assim com isso em dia é necessário cumprir sempre com os métodos estabelecidos e cumprir as regras.

Tabelas aplicadas ao funcionário 1

Ativo critico	Severidade da falha
	Em termos operação da central
	1 - 5
Transformador de potência	5
Disjuntor de MT do alternador	5
Bombas de água de alimentação	1
Bombas de extração de condensados	1
Bombas de recirculação á torre de refrigeração	1
Bombas de captação de água	1
Ventilador de ar primário	5
Ventilador de ar secundário	5
Ventilador de tiragem induzida	5
Sistema de vibração da grelha	4
Redler 1 (escória)	5
Redler 2 (escória)	5

Ativo critico	Severidade da falha
	Em termos de segurança
	1 - 5
Transformador de potência	2
Disjuntor de MT do alternador	2
Bombas de água de alimentação	2
Bombas de extração de condensados	2
Bombas de recirculação á torre de refrigeração	2
Bombas de captação de água	2
Ventilador de ar primário	3
Ventilador de ar secundário	3
Ventilador de tiragem induzida	2
Sistema de vibração da grelha	3
Redler 1 (escória)	3
Redler 2 (escória)	3

Ativo critico	Tempo de paragem de falha	
	Tempo de manutenção	Tempo logístico (tempo de espera das peças)
	1 - 5	1 - 5
Transformador de potência	5	5
Disjuntor de MT do alternador	3	4
Bombas de água de alimentação	3	5
Bombas de extração de condensados	3	3
Bombas de recirculação á torre de refrigeração	2	3
Bombas de captação de água	3	5
Ventilador de ar primário	2	2
Ventilador de ar secundário	2	2
Ventilador de tiragem induzida	2	3
Sistema de vibração da grelha	3	4
Redler 1 (escória)	3	4
Redler 2 (escória)	3	4

Ativo critico	Probabilidade de ocorrência de falha
	1 - 5
Transformador de potência	2
Disjuntor de MT do alternador	2
Bombas de água de alimentação	2
Bombas de extração de condensados	2
Bombas de recirculação á torre de refrigeração	2
Bombas de captação de água	2
Ventilador de ar primário	3
Ventilador de ar secundário	3
Ventilador de tiragem induzida	2
Sistema de vibração da grelha	3
Redler 1 (escória)	3
Redler 2 (escória)	3

Questionário ao Perito De Manutenção 2

Questionário de identificação das principais causas de falha ou paragem

- 1. De forma geral, quais são as principais causas de falha ou paragem deste equipamento?**

Não temos grande histórico de avarias neste equipamento porque nunca teve uma falha.

- 2. Com base na sua experiência e dentro das causas que apontou, qual a causa que ocorre mais vezes ao longo do tempo?**

Devido a não existir falha não sei precisar

- 3. Quanto tempo em média tem uma paragem para a reparação de uma falha, sabendo que depende da falha, mas qual é a causa que provoca maior tempo de paragem?**

Como não temos histórico é difícil prever. Mas talvez demore muito tempo, ou seja, necessário a troca do equipamento.

- 4. Quando ocorre uma falha qual a primeira coisa a fazer para não danificar ainda mais o equipamento?**

Desligar e consignar

- 5. No funcionamento do equipamento, utiliza alguns cuidados para evitar as causas que enumerou anteriormente?**

Manutenção preventiva

Disjuntor MT do alternador

Questionário de identificação das principais causas de falha ou paragem

1. **De forma geral, quais são as principais causas de falha ou paragem deste equipamento?**

Falha mecânica nos mecanismos
Componentes de controlo e comando elétricos
Falha TI e TT

2. **Com base na sua experiência e dentro das causas que apontou, qual a causa que ocorre mais vezes ao longo do tempo?**

Falha TI e TT (comando e controlo)

3. **Quanto tempo em média tem uma paragem para a reparação de uma falha, sabendo que depende da falha, mas qual é a causa que provoca maior tempo de paragem?**

Falha TI e TT

4. **Quando ocorre uma falha qual a primeira coisa a fazer para não danificar ainda mais o equipamento?**

Desligar

5. **No funcionamento do equipamento, utiliza alguns cuidados para evitar as causas que enumerou anteriormente?**

Manutenção preventiva

Bombas de água de alimentação, Bombas de água de captação, Bombas de extração de condensados e Bombas de recirculação á torre

Questionário de identificação das principais causas de falha ou paragem

- 1. De forma geral, quais são as principais causas de falha ou paragem deste equipamento?**

Rolamentos/ chumaceiras

Falha de rolamentos

Desgaste das turbinas

Empanques

- 2. Com base na sua experiência e dentro das causas que apontou, qual a causa de falha que ocorre mais vezes ao longo do tempo?**

Rolamentos e empanques

- 3. Quanto tempo em média tem uma paragem para a reparação de uma falha, sabendo que depende da falha, mas qual é a causa que provoca maior tempo de paragem?**

Falha de o motor elétrico rebobinar ou substituir (2 a três dias de indisponibilidade)

Dano grave na turbina da bomba.

- 4. Quando ocorre uma falha qual a primeira coisa a fazer para não danificar ainda mais o equipamento?**

Desligar as bombas em funcionamento

- 5. No funcionamento do equipamento, utiliza alguns cuidados para evitar as causas que enumerou anteriormente?**

Realização da manutenção preventiva

***considera o mesmo questionário igual para todas as bombas.**

**Ventilador de ar primário; Ventilador de ar secundário;
Ventilador de tiragem induzida**

Questionário de identificação das principais causas de falha ou paragem

- 1. De forma geral, quais são as principais causas de falha ou paragem deste equipamento?**

Falha de rolamentos
Correias

- 2. Com base na sua experiência e dentro das causas que apontou, qual a causa que ocorre mais vezes ao longo do tempo?**

Rolamentos

- 3. Quanto tempo em média tem uma paragem para a reparação de uma falha, sabendo que depende da falha, mas qual é a causa que provoca maior tempo de paragem?**

Problemas graves no motor elétrico (1 dia)
Falha na turbina do ventilador

- 4. Quando ocorre uma falha qual a primeira coisa a fazer para não danificar ainda mais o equipamento?**

Desligar e consignar

- 5. No funcionamento do equipamento, utiliza alguns cuidados para evitar as causas que enumerou anteriormente?**

Manutenção preventiva

***considera o mesmo questionário igual para todos os ventiladores.**

Sistema de vibração de grelha

Questionário de identificação das principais causas de falha ou paragem

- 1. De forma geral, quais são as principais causas de falha ou paragem deste equipamento?**

Falha do motor elétrico
Sistema ligação mecânico (braço e cavilhas folgas)
Correias de transmissão
Alimentação elétrica (gavetas no quadro elétrico)

- 2. Com base na sua experiência e dentro das causas que apontou, qual a causa que ocorre mais vezes ao longo do tempo?**

Sistema ligação mecânico (braço e cavilhas folgas)

- 3. Quanto tempo em média tem uma paragem para a reparação de uma falha, sabendo que depende da falha, mas qual é a causa que provoca maior tempo de paragem?**

3 Horas de paragem

- 4. Quando ocorre uma falha qual a primeira coisa a fazer para não danificar ainda mais o equipamento?**

Desligar

- 5. No funcionamento do equipamento, utiliza alguns cuidados para evitar as causas que enumerou anteriormente?**

Manutenção preventiva

Redler 1 e 2

Questionário de identificação das principais causas de falha ou paragem

- 1. De forma geral, quais são as principais causas de falha ou paragem deste equipamento?**

Falha no motor elétrico

Encravamentos (pedras que caem entra em sobre esforço e queima os fusíveis)

Rolamento do veio do redler 2

- 2. Com base na sua experiência e dentro das causas que apontou, qual a causa que ocorre mais vezes ao longo do tempo?**

Rolamento do veio

- 3. Quanto tempo em média tem uma paragem para a reparação de uma falha, sabendo que depende da falha, mas qual é a causa que provoca maior tempo de paragem?**

Depende da falha.

- 4. Quando ocorre uma falha qual a primeira coisa a fazer para não danificar ainda mais o equipamento?**

Desligar

- 5. No funcionamento do equipamento, utiliza alguns cuidados para evitar as causas que enumerou anteriormente?**

Manutenção preventiva

considera o mesmo questionário igual os dois redlers

Tabelas aplicadas ao funcionário 2

Ativo critico	Severidade da falha
	Em termos operação da central
	1 - 5
Transformador de potência	5
Disjuntor de MT do alternador	4
Bombas de água de alimentação	4
Bombas de extração de condensados	1
Bombas de recirculação á torre de refrigeração	1
Bombas de captação de água	1
Ventilador de ar primário	5
Ventilador de ar secundário	5
Ventilador de tiragem induzida	5
Sistema de vibração da grelha	2
Redler 1 (escória)	4
Redler 2 (escória)	4

Ativo critico	Severidade da falha
	Em termos de segurança
	1 - 5
Transformador de potência	2
Disjuntor de MT do alternador	2
Bombas de água de alimentação	2
Bombas de extração de condensados	2
Bombas de recirculação á torre de refrigeração	2
Bombas de captação de água	2
Ventilador de ar primário	2
Ventilador de ar secundário	2
Ventilador de tiragem induzida	3
Sistema de vibração da grelha	3
Redler 1 (escória)	2
Redler 2 (escória)	3

Ativo critico	Tempo de paragem de falha	
	Tempo de manutenção	Tempo logístico (tempo de espera das peças)
	1 - 5	1 - 5
Transformador de potência	3	5
Disjuntor de MT do alternador	3	4
Bombas de água de alimentação	5	3
Bombas de extração de condensados	5	3
Bombas de recirculação á torre de refrigeração	5	3
Bombas de captação de água	5	3
Ventilador de ar primário	4	3
Ventilador de ar secundário	4	3
Ventilador de tiragem induzida	4	3
Sistema de vibração da grelha	3	2
Redler 1 (escória)	3	2
Redler 2 (escória)	3	2

Ativo critico	Probabilidade de ocorrência de falha
	1 - 5
Transformador de potência	1
Disjuntor de MT do alternador	1
Bombas de água de alimentação	2
Bombas de extração de condensados	2
Bombas de recirculação á torre de refrigeração	2
Bombas de captação de água	2
Ventilador de ar primário	2
Ventilador de ar secundário	2
Ventilador de tiragem induzida	2
Sistema de vibração da grelha	2
Redler 1 (escória)	2
Redler 2 (escória)	2

Anexo C – Planos de manutenção

Transformador de potência

Sequência	Tarefa	Descrição	Duração (Horas e minutos)
10 anos	1	Descubagem do corpo inserível	0:20
	2	Lavagem da câmara e do corpo inserível	0:20
	3	Verificar o estado da superfície dos contactos	0:10
	4	Substituir o óleo	0:20
	5	Verificar Existência Fugas Óleo Incluindo Válvulas	0:30
	6	Se necessário desmontar ruptor inspeccionar o estado contactos e tranças ligação	0:00
5 anos	1	Descubagem do corpo inserível	0:20
	2	Lavagem da câmara e do corpo inserível	0:20
	3	Verificar o estado da superfície dos contactos	0:10
	4	Substituir o óleo	0:20
3 anos	1	Verificar o estado do sílica-gel do secador de ar	0:30
	2	Verificar se indicador óptico válvula descompressão se encontra posição repouso	0:05
	3	Limpar os terminais	0:25
	4	Verificar o estado dos termómetros e aparelhos afins e valores indicados	0:30
	5	Verificar os níveis do óleo	0:10
	6	Detectar fugas de óleo, eliminá-las e manter todas as juntas apertadas	0:20
	7	Verificar as caixas de comando dos comutadores e as caixas de dispersão	0:30
	8	Inspeccionar o circuito de arrefecimento	0:30
	9	Verificação das proteções	0:30
	10	Verificar a acidez e a tensão interfacial do óleo	0:30
	11	Limpeza e pintura do transformador	1:00
2 anos	1	Verificar o estado do sílica-gel do secador de ar	0:30
	2	Verificar se indicador óptico válvula descompressão se encontra posição repouso	0:05
	3	Limpar os terminais	0:25
	4	Verificar o estado dos termómetros e aparelhos afins e valores indicados	0:30
	5	Verificar os níveis do óleo	0:10
	6	Detectar fugas de óleo, eliminá-las e manter todas as juntas apertadas	0:20
	7	Verificar as caixas de comando dos comutadores e as caixas de dispersão	0:30
	8	Inspeccionar o circuito de arrefecimento	0:30
	9	Verificação das proteções	0:30
	10	Verificar a rigidez dieléctrica do óleo (min. 150 kV/cm)	0:30
	11	Limpeza e pintura do transformador	1:00
1 ano	1	Verificar o estado do sílica-gel do secador de ar	0:30
	2	Verificar se indicador óptico válvula descompressão se encontra posição repouso	0:05
	3	Limpar os terminais	0:25
	4	Verificar o estado dos termómetros e aparelhos afins e valores indicados	0:30
	5	Analisar e verificar o nível do óleo	0:30
	6	Detectar fugas de óleo, eliminá-las e manter todas as juntas apertadas	0:20
	7	Verificar as caixas de comando dos comutadores e as caixas de dispersão	0:30
	8	Inspeccionar o circuito de arrefecimento	0:30
	9	Verificação das proteções	0:20
	10	Limpeza e pintura do transformador	3:00

	11	Verificar Nº Manobras Comutador Tomadas	0:03
	12	Verificar Nº Manobras Descargas Atmosféricas	0:02

Disjuntor MT do alternador

Sequência	Tarefa	Descrição	Duração (Horas e minutos)
1 ano	1	Levar o disjuntor à posição de aberto com as molas de fecho frouxas	0:50
	2	Retirar o disjuntor da cela	0:10
	3	Inspeccionar visualmente disjuntor identificando qualquer sinal dano ou corrosão	0:15
	4	Limpar o exterior do disjuntor	0:20
	5	Retirar o painel frontal	0:05
	6	Inspeccionar o comando, verificando se alguma peça apresenta sinais de desgaste	0:15
	7	Verificar o estado das lubrificações no comando	0:20

Bombas de água de alimentação

Sequência	Tarefa	Descrição	Duração (horas e minutos)	
2 anos	1	Substituição dos rolamentos	1:00	bomba de água
	2	Substituição dos rolamentos do motor	1:00	
1 ano	1	Verificar o alinhamento do acoplamento entre a bomba e o motor	0:10	
	2	Verificar o desgaste das cavilhas e mangas do acoplamento, e necessário substituir	0:30	
	3	Verificar o estado dos retentores e se necessário substituir	0:20	
	4	Verificar o estado empanque mecânico	0:20	
	5	Limpar o filtro	0:20	
	6	Limpar e substituir a massa lubrificante nas chumaceiras da bomba	0:20	
1500 h	1	Lubrificar as chumaceiras da bomba	0:20	
	2	Verificar o nível e o estado de limpeza do óleo	0:10	
diário	1	Verificar visualmente se existem fugas	0:10	
	2	Verificar a temperatura das chumaceiras (não devem exceder os 80 °C)	0:10	
	3	Verificar se existem ruído e vibração excessiva	0:10	
	4	Verificar se existem fugas na selagem mecânica, e se necessário renovar selagem	0:30	
1 mês	1	Lubrificar o motor eléctrico em 2 pontos (gracer)	0:30	motor eléctrico

Bombas de extração de condensados

Sequência	Tarefa	Descrição	Duração (Horas e minutos)	
200 h	1	Lubrificar as chumaceiras	0:15	bomba
4000 h	1	Limpar as chumaceiras	0:15	
	2	Substituir a massa lubrificante das chumaceiras	0:00	
	3	Verificar o funcionamento do empanque mecânico	0:00	
	4	Verificar o funcionamento das chumaceiras	0:00	
1ano	1	Limpar as chumaceiras do motor	1:00	motor elétrico
	2	Substituir a massa lubrificante das chumaceiras	01:00	
	3	Verificar se o motor trabalha suavemente, sem barulhos ou vibrações anormais	00:30	
	4	Verificar se as entradas de ar estão desobstruídas	00:30	
	5	Verificar se as condições de operação correspondem às condições normais	00:30	
	6	Verificar se os elementos de transmissão se encontram em perfeitas condições	00:18	
	7	Verificar se cabos alimentação n estao degradados e se uniões estao bem apertada	00:30	

Bombas de recirculação à torre de refrigeração

Sequência	Tarefa	Descrição	Duração	
diário	1	Verificar visualmente se existem fugas	0:10	bomba
	2	Verificar manualmente se a temperatura das chumaceiras aumentou	0:10	
	3	Verificar se existe vibração excessiva	0:10	
	4	Verificar se existem fugas selagem mecânica, e se necessário renovar selagem	0:30	
anual	1	Verificar visualmente se existem fugas	0:10	
	2	Verificar manualmente se a temperatura das chumaceiras aumentou	0:10	
	3	Verificar se existe vibração excessiva	0:10	
	4	Verificar se existem fugas selagem mecânica, e se necessário renovar selagem	0:30	
	5	Lubrificar o motor elétrico em 2 pontos (gracer)	0:30	
	6	Limpar e substituir a massa lubrificante nas chumaceiras da bomba	1:00	
	7	Verificar o alinhamento do acoplamento entre a bomba e o motor	0:15	
	8	Verificar desgaste cavilhas e mangas acoplamento, e se necessário substituí-las	0:45	
anual	1	Verificar visualmente se existem fugas	0:10	motor elétrico
	2	Verificar manualmente se a temperatura das chumaceiras aumentou	00:10	
	3	Verificar se existe vibração excessiva	00:10	
	4	Verificar se existem fugas selagem mecânica, e se necessário renovar selagem	00:30	
	5	Lubrificar o motor elétrico em 2 pontos (gracer)	00:30	

Bombas de captação de água

Sequência	Tarefa	Descrição	Duração (Horas e minutos)	
200 h	1	Lubrificar as chumaceiras	0:15	bomba
4000 h	1	Limpar as chumaceiras	0:15	
	2	Substituir a massa lubrificante das chumaceiras	0:00	
	3	Verificar o funcionamento do empanque mecânico	0:00	
1ano	4	Verificar o funcionamento das chumaceiras	0:00	motor elétrico
	1	Limpar as chumaceiras do motor	1:00	
	2	Substituir a massa lubrificante das chumaceiras	01:00	
	3	Verificar se o motor trabalha suavemente, sem barulhos ou vibrações anormais	00:30	
	4	Verificar se as entradas de ar estão desobstruídas	00:30	
	5	Verificar se as condições de operação correspondem às condições normais	00:30	
	6	Verificar se os elementos de transmissão se encontram em perfeitas condições	00:18	
7	Verificar se cabos alimentação n estao degradados e se uniões estao bem apertada	00:30		

Ventilador de ar primário

Sequência	Tarefa	Descrição	Duração (Horas e minutos)
anual	1	Desmontar o ventilador	3:00
	2	Equilibrar e limpeza do rotor	1:00
	3	Inspeção e limpeza do impulsor com jato de água	0:30
	4	Aplicar se necessário uma proteção anticorrosiva	1:00
	5	Alinhamento do veio	0:30
	6	Substituição os rolamentos do ventilador	0:30
	7	Substituição dos casquilhos	0:20
	8	Substituição das correias, se necessário	1:00
	9	Substituição os rolamentos do motor do ventilador, se necessário	0:30
	10	Verificar o estado dos compensadores	0:20
	11	Assegurar-se que o ventilador fica isento de água (seco)	0:10
	12	Montar o ventilador	2:30
	13	Lubrificar as chumaceiras	0:10
	14	Refazer todos os isolamentos	1:30
	15	Verificar se ocorrem vibrações anormais	0:15
	16	Verificar a temperatura das chumaceiras (até 70° C)	0:15

Ventilador de ar secundário

Sequência	Tarefa	Descrição	Duração (Horas e minutos)
anual	1	Desmontar o ventilador	3:00
	2	Equilibrar e limpeza do rotor	1:00
	3	Inspeção e limpeza do impulsor com jato de água	0:30
	4	Aplicar se necessário uma proteção anticorrosiva	1:00
	5	Alinhamento do veio	0:30
	6	Substituição os rolamentos do ventilador	0:30
	7	Substituição dos casquilhos	0:20
	8	Substituição das correias, se necessário	1:00
	9	Substituição os rolamentos do motor do ventilador, se necessário	0:30
	10	Verificar o estado dos compensadores	0:20
	11	Assegurar-se que o ventilador fica isento de água (seco)	0:10
	12	Montar o ventilador	2:30
	13	Lubrificar as chumaceiras	0:10
	14	Refazer todos os isolamentos	1:30
	15	Verificar se ocorrem vibrações anormais	0:15
	16	Verificar a temperatura das chumaceiras (até 70° C)	0:15

Ventilador de tiragem induzida

Sequência	Tarefa	Descrição	Duração (Horas e minutos)
diária	1	Verificar a temperatura das chumaceiras (até 70° C)	0:10
	2	Verificar se ocorrem vibrações anormais	0:05
	3	Verificar se as correias de transmissão funcionam normalmente sem ruídos	0:05
	4	Verificar o estado dos absorvedores de vibrações e das ligações flexíveis	0:10
bianaual	1	Desmontar o ventilador	8:00
	2	Equilibrar o impulsor da bomba	1:00
	3	Inspeção e limpeza do impulsor com jato de água	0:30
	4	Aplicar se necessário uma proteção anticorrosiva	1:00
	5	Alinhar o veio	1:00
	6	Assegurar-se que o ventilador fica isento de água (seco)	0:05
	7	Substituição os rolamentos do ventilador	1:00
	8	Substituição dos casquilhos dos rolamentos do ventilador	0:30
	9	Substituição os rolamentos do motor do ventilador	0:30
	10	Verificar o estado dos compensadores	0:10

	11	Substituição das correias, se necessário	0:30
	12	Alinhar as polias	0:30
	13	Montar o ventilador	6:00
	14	Lubrificar as chumaceiras	0:15
	15	Refazer o isolamento	4:00
	16	Verificar se ocorrem vibrações anormais	0:10
	17	Verificar a temperatura das chumaceiras (até 70° C)	0:10

Sistema de vibração de grelha

Sequência	Tarefa	Descrição	Duração
1 ano	1	Verificar se o vibrador funciona sem barulhos estranhos	0:10
	2	Lubrificar as chumaceiras (6 pontos)	0:10
	3	Verificar e substituir a corrente se necessário	0:15

Redler 1

Sequência	Tarefa	Descrição	Duração (Horas e minutos)
1 ano	1	Lubrificar os 6 empanques vedação caixa água	00:20
	2	Lubrificar chumaceiras	00:15
	3	Verificar alinhamento e se ocorrem ruídos estranhos na chumaceira	00:10
	4	Verificar a temperatura das chumaceiras	00:10
	5	Verificar se existem fugas de óleo no retentor da caixa redutora	00:05
	6	Substituir o óleo do redutor do motor	01:00
	7	Verificar o aperto da flange da roda dentada	00:10
	8	Verificar se existem ruídos estranhos na caixa redutora	00:10
	9	Verificar a temperatura da caixa redutora	00:10
	10	Limpar o pó depositado no motor elétrico	00:15
	11	Verificar o alinhamento das rodas dentadas	00:10
	12	Verificar se a folga dos dentes é superior a 3mm	00:10
	13	Verificar se a limpeza entre os dentes é realizada	00:05
	14	Verificar se distância entre base e as rodas junto 2º Transp está entre 0.5-3mm	00:10
	15	Verificar o alinhamento das rodas junto ao 2 transportador	00:05
	16	Verificar se as rodas centrais estão em funcionamento	00:05
	17	Substituir as guias da corrente quando apresentem desgaste	00:20
	18	Inspeção geral ao interior do transportador (fundo, parede lateral)	00:10
	19	Verificar se todas as tampas do transportador estão fechadas	00:10
	20	Verificar a corrente do transportador	00:15
	21	Verificar o sistema de controlo eléctrico e a butoneira de emergência	00:10
	22	Inspeção geral às ligações e isolamento eléctrico	00:20
	23	Verificar os dispositivos de proteção do motor	00:15
	24	Substituir a massa lubrificante da chumaceira	00:30

	25	Afinar Corrente Transportador	02:00
1 mês	1	Lubrificar os 6 empanques da vedação da caixa de água	00:20
	2	Lubrificar as chumaceiras	00:15
	3	Verificar alinhamento e se ocorrem ruídos estranhos na chumaceira	00:10
	4	Verificar a temperatura das chumaceiras	00:10
	5	Verificar se existem fugas de óleo no retentor da caixa redutora	00:05
	6	Verificar o nível do óleo no redutor do motor	00:05
	7	Verificar o aperto da flange da roda dentada	00:10
	8	Verificar se existem ruídos estranhos na caixa redutora	00:10
	9	Verificar a temperatura da caixa redutora	00:10
	10	Limpar o pó depositado no motor eléctrico	00:15

Redler 2

Sequência	Tarefa	Descrição	Duração (Horas e minutos)
1 Ano	1	Lubrificar as chumaceiras	00:30
	2	Verificar os dentes do veio de transmissão	00:10
	3	Verificar se existem fugas	00:10
	4	Lubrificar as chumaceiras da caixa redutora em ambas as extremidades	00:25
	5	Verificar o desgaste dos roletes da corrente	00:10
	6	Limpar os roletes das correntes	01:00
	7	Lubrificar os roletes da corrente	00:10
	8	Verificar se existe desgaste nas cavilhas da correia	00:15
	9	Verificar as cavilhas de aperto internas corrente e substituí-las se necessário	00:20
	10	Verificar se existe desgaste orifício "d" duplos no exterior do elo da corrente	00:10
	11	Verificar o desgaste nas extremidades em forma de "D" nas cavilhas da correia	00:10
	12	Verificar se o espaço entre as faixas laterais de cada placa correia (0.1-2 mm)	00:30
	13	Verificar as placas da correia, substitua-as se necessário	00:20
	14	Verificar o desgaste nas faixas laterais da correia	00:15
	15	Inspeção geral	03:00
Mensal	1	Lubrificar as chumaceiras	00:20
	2	Verificar a transmissão	00:10
	3	Verificar as fugas	00:10
	4	Lubrificar as chumaceiras da caixa redutora em ambas as extremidades	00:25
Semanal	1	Lubrificar as chumaceiras	00:20
	2	Verificar a transmissão	00:10
	3	Verificar se existem fugas	00:10

Anexo D – Nível de outsourcing e nível de peças em stock

Nível de outsourcing e nível de peças em stock

Ativo crítico	Nível de outsourcing	Nível de peças em stock
Transformador de potência	2	2
Disjuntor de MT do alternador	3	2
Bombas de água de alimentação	3	2
Bombas de extração de condensados	3	2
Bombas de recirculação á torre de refrigeração	3	2
Bombas de captação de água	3	2
Ventilador de ar primário	2	2
Ventilador de ar secundário	2	2
Ventilador de tiragem induzida	2	2
Sistema de Vibração da grelha	2	1
Redler 1 (escória)	2	2
Redler 2 (escória)	2	2

Legenda:

Nível de outsourcing	
legenda:	
0	Nenhum
1	Pouco
2	Algum
3	Total

Nível de peças em stock	
legenda:	
1	Sem stock
2	Com algum stock
3	Com stock

Anexo E – Cálculo do MTBF

Cálculo do MTBF anual (referente ao ano 2020)

Ativo crítico	Nº de avarias no ano 2020	Nº de horas funcionamento (ano 2020)	MTBF em horas (anual)
Transformador de potência	0	8760	8760
Disjuntor de MT do alternador	0	8130	8130
Bombas de água de alimentação	0	4124	4124
Bombas de extração de condensados	1	4089	4089
Bombas de recirculação á torre de refrigeração	0	4089	4089
Bombas de captação de água	1	2744	2744
Ventilador de ar primário	0	8248	8248
Ventilador de ar secundário	1	8248	8248
Ventilador de tiragem induzida	1	8248	8248
Sistema de Vibração da grelha	3	8248	2749
Redler 1 (escória)	1	8248	8248
Redler 2 (escória)	3	8248	2749

Cálculo do MTBF desde o início do funcionamento da central

Nº total de avarias desde o início de funcionamento da central	Nº de horas de funcionamento desde o início da central	MTBF (horas) desde o início de funcionamento da central
4	156 375	39094
2	156 375	78188
10	156 375	15638
10	156 375	15638
-6	156 375	26063
12	156 375	13031
3	156 375	52125
10	156 375	15638
5	156 375	31275
28	156 375	5585
14	156 375	11170
12	156 375	13031

Anexo F – Posters informativos

Transformador de potência

B.I do equipamento

- Ano de instalação: 1999
- Identificação IRI: B4701
- Quantidade de equipamentos: 1 Unidade
- Marca/Fabricante: Efacec
- Tipo de manutenção: Preventiva



Caracterização do transformador de potência

- Tipo de transformador: Trifásico
- Tipo de arrefecimento: Óleo natural, ar forçado
- Potência nominal: 10 MVA
- Frequência estipulada: 50 Hz
- Tensão: 80 kV/10 kV
- Nível de ruído: 65 dB

Descrição atual do estado do equipamento



- > Equipamento que raramente dá problemas a nível de falhas. É um equipamento fundamental para o funcionamento da central e deve ter sempre a sua manutenção realizada, pois assim prevenimos riscos maiores para o transformador de potência.

Principais falhas identificadas pelos funcionários ao longo do tempo ou patologias do equipamento (problemas crónicos)

- > Falta de óleo no reservatório
- > Sobretensões
- > Deteriorações dos materiais isolantes

Classificação do nível de manutenção

- > Plano manutenção atualizado

Descrição	Quantidade	Unidade	Observações
Transformador de potência	1	Unidade	

- > Nº de horas de utilização por ano: 6700 horas (referente ao ano 2020)
- > MTBF (referente ao ano 2020): 6700 horas (intervalo médio entre avarias)
- > Nível de outsourcing: 2
(0=nenhum; 1=peças; 2=alguns; 3=tudo)
- > Nível de peças em stock: 2
(0=nenh; 2=alguns; 3=sem stock)

Função do equipamento e da área

Função do equipamento: Serve para transformar (baixar ou aumentar) a tensão. Funciona como transformador elevador quando a Central está a injetar energia elétrica na rede, e como transformador reductor quando está a consumir energia da rede elétrica.

Área/Secção: Auxílios elétricos

Localização:



★ Localização do equipamento na central

Causas de falha

- > Deterioração dos materiais isolantes
- > Deformação mecânica dos enrolamentos por esforços de curto-circuito
- > Sobretensões (temporárias, manobra, transitórias muito rápidas, descargas atmosféricas)
- > Falhas de acessórios e componentes
- > Falhas de comutadores
- > Falhas de buchas dos isoladores
- > Falha de conexões
- > Manutenção inadequada ou inexistente
- > Defeitos de fabrico
- > Ataque por erosão corrosiva (óleo isolante)

2020/2021



Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Realizado por: João Costa

Disjuntor de MT do alternador

B.I do equipamento

- Ano de instalação: 1999
- Identificação NÚ: 0000000001
- Quantidade de equipamentos: 1 Unidade
- Marca/Fabricante: Eldec
- Tipo de manutenção: Preventiva



Caracterização do disjuntor de MT do alternador

- Tensão máxima de funcionamento: 7,2 kV
- Frequência: 50 Hz

Descrição atual do estado do equipamento



- > Equipamento que se ocorre uma falha a central termoelétrica de biomassa tem de parar de operar.
 - > Normalmente não é um equipamento problemático mas já tem algum histórico de avarias.
 - > Deve ser realizada sempre a manutenção preventiva do equipamento para prevenir futuras avarias ou falhas.
- Principais falhas identificadas pelos funcionários ao longo do tempo ou patologias do equipamento (problemas crónicos)
- > Disjuntor terra (falha ou reparação)
 - > Substituição dos polos
 - > Problemas relacionados com as gavetas
 - > Falha mecânica nos mecanismos
 - > Componentes de controlo e comando elétricos
 - > Falha TI e TT (comando e controlo)

Classificação do nível de manutenção

Plano de manutenção atualizado

Material	Quantidade	Unidade	Preço unitário (€)	Preço total (€)
Óleo de lubrificação a quente de classe ISO-VG 68/100	1	litro	1,50	1,50
Óleo de lubrificação a frio	1	litro	1,50	1,50
Componentes elétricos de controlo (relés, contactores, fusíveis, etc.)	1	kit	100,00	100,00
Óleo de lubrificação de rolamentos	1	litro	1,50	1,50
Óleo de lubrificação de engrenagens	1	litro	1,50	1,50
Componentes de controlo e comando elétricos	1	kit	100,00	100,00
Óleo de lubrificação de rolamentos	1	litro	1,50	1,50
Óleo de lubrificação de engrenagens	1	litro	1,50	1,50

- > Nº de horas de utilização por ano: 6130 horas (referente ao ano 2020)
- > MTBF (referente ao ano 2020): 6130 horas (intensão médio entre avarias)
- > Nível de outsourcing: 3
(0= nenhum; 1= pouco; 2= algum; 3= todo)
- > Nível de peças em stock: 2
(1= nenhuma; 2= alguma; 3= com stock)

Função do equipamento e da área

Função do equipamento: Serve em caso de ocorrência de anomalias no SEE (fura da central) ou anomalias internas (dentro da central) o disjuntor interrompe o circuito de forma garantir o isolamento do alternador.

Realização: Auxílios elétricos

Localização:



✖ Localização do equipamento na central

Causas de falha

- > Não interromper os circuitos
- > Não estabelecer a corrente
- > Não isolar circuitos elétricos em segurança
- > Disjuntor terra (falha ou reparação)
- > Substituição dos polos
- > Problemas relacionados com as gavetas

2020/2021



Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Realizado por: João Costa

Bombas de água de alimentação

B.I do equipamento

- Ano de instalação: 1990
- Identificação IRI: LAC01AP001/LAC02AP001
- Quantidade de equipamentos: 2 Unidades
- Marca/Fabricante: SII (IDROMECANICA S.p.A / Inell)
- Tipo de manutenção: Preventiva



Caracterização das bombas de água de alimentação

- Caudal máximo: 80 m³/h
- Potência do motor elétrico da bomba: 190 kW
- Velocidade de rotação do motor elétrico da bomba: 2900 rpm

Descrição atual do estado do equipamento



- > Normalmente causam alguns problemas, mas como temos redundância, conseguimos combater os problemas que surgem.
- > a segunda bomba deve estar sempre operacional.
- > Devemos cumprir sempre com os seus planos de manutenção.

Principais falhas identificadas pelos funcionários ao longo do tempo ou patologias do equipamento (problemas crónicos)

- > Fugas (entrada de ar no circuito)
- > Falhas de empanques
- > Falhas de rolamentos
- > Falhas nas chumaceiras
- > Danos de cavitação
- > Desgaste das turbinas

Classificação do nível de manutenção

> Planos de manutenção atualizado

Equipamento	Nome	Nível de Manutenção
1	Manutenção do circuito hidráulico do sistema de água	100%
1	Manutenção do sistema de água quente	100%
1	Manutenção do sistema de água quente e água fria (circuito de distribuição e retorno)	100%
1	Manutenção do sistema de água quente e água fria (circuito de distribuição e retorno)	100%
1	Manutenção do sistema de água quente e água fria (circuito de distribuição e retorno)	100%
1	Manutenção do sistema de água quente e água fria (circuito de distribuição e retorno)	100%
1	Manutenção do sistema de água quente e água fria (circuito de distribuição e retorno)	100%
1	Manutenção do sistema de água quente e água fria (circuito de distribuição e retorno)	100%
1	Manutenção do sistema de água quente e água fria (circuito de distribuição e retorno)	100%
1	Manutenção do sistema de água quente e água fria (circuito de distribuição e retorno)	100%

- > Nº de horas de utilização por ano: 4124 horas por cada equipamento (referente ao ano 2020)
- > MTBF (referente ao ano 2020): 4124 horas (intervalo médio entre avarias)
- > Nível de outsourcing: 3
(0=nenhum, 1=peças, 2=alguns, 3=tudo)
- > Nível de peças de em stock: 2
(1=nen, 2=alguns, 3=em stock)

Função do equipamento e de área

Função do equipamento: Tem como finalidade realizar o abastecimento de água à caldeira mantendo a pressão constante.

Área/Seção: Ciclo térmico

Localização:



Localização do equipamento na central

Causas de falha

- > Fugas
- > Danos de cavitação
- > Danos de corrosão
- > Deterioração do interior das tubagens que pode provocar alterações nas curvas hidráulicas de funcionamento do equipamento
- > Falha de empanques
- > Falhas de rolamentos
- > Falhas de chumaceiras



2020/2021
Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Realizado por: João Costa

Bombas de extração de condensados

BJ do equipamento

- BJ do equipamento
- Ano de instalação: 1999
- Identificação IRI: LCB01AP001/LCB00AP001
- Quantidade de equipamentos: 2 Unidades
- Marca/Fabricante: SIB – HIDROMECANICA S.p.A. Maxwell
- Tipo de manutenção: Preventiva



Caracterização das bombas de extração de condensados

- Caudal máximo: 50 m³/h
- Potência do motor elétrico da bomba: 30 kW
- Velocidade de rotação do motor elétrico: 2950 rpm

Descrição atual do estado do equipamento



- > Equipamento com redundância, logo se ocorrer falhas pode continuar a trabalhar
- > Segunda bomba deve estar sempre operacional
- > Deve ser realizada a manutenção preventiva para evitar problemas

Principais avarias identificadas pelos funcionários ao longo do tempo ou patologias do equipamento (problemas crónicos)

- > Fugas
- > Danos de cavitação
- > Falhas de empenques
- > Falhas de rolamentos
- > Falhas de chumaceiras
- > Desgaste das turbinas

Classificação do nível de manutenção

Plano de manutenção atualizado

Atividade	Descrição	Período	Responsável
1000	1. Verificação visual do equipamento	1 dia	Técnicos
	2. Lubrificação dos pontos de lubrificação	1 dia	
	3. Verificação do nível de óleo	1 dia	
	4. Verificação da pressão de funcionamento	1 dia	
1000	1. Verificação visual do equipamento	1 dia	Técnicos
	2. Verificação da pressão de funcionamento	1 dia	
	3. Verificação do nível de óleo	1 dia	
	4. Verificação da temperatura de funcionamento	1 dia	
	5. Verificação da vibração de funcionamento	1 dia	

> Nº de horas de utilização por ano: 4000 horas por cada equipamento (referente ao ano 2020)

> MTBF (referente ao ano 2020): 4000 (intervalo médio entre avarias)

> Nível de outsourcing: 3
(0: nenhum; 1: pouco; 2: algum; 3: total)

> Nível de peças em stock: 2
(1: não; 2: algum; 3: com stock)

Função do equipamento e da área

Função do equipamento: Servem para a extração de água condensada do condensador e bombeiam-na através do sistema de condensado e dos aquecedores de água quente para o degasificador do tanque de água de alimentação.

Análiseção: Ciclo térmico

Localização:



✗ Localização do equipamento na central

Causas de falha

- > Fugas
- > Danos de cavitação
- > Danos de corrosão
- > Deterioração do interior das tubagens que pode provocar alterações nas curvas hidráulicas de funcionamento do equipamento
- > Falhas de empenques
- > Falhas de rolamentos
- > Falhas de chumaceiras

2020/2021



Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Realizado por: João Costa

Bombas de recirculação à torre de refrigeração

B.I do equipamento

- Ano de instalação: 1998
- Identificação IRI: PAC01AP001/PAC02AP001
- Quantidade de equipamentos: 2 Unidades
- Marca/Fabricante: GIH – HIDROMECANICA S.p.A/ Manelli
- Tipo de manutenção: Preventiva



Caracterização das bombas de recirculação à torre de refrigeração

- Capacidade máxima: 1000 m³/h
- Potência do motor elétrico da bomba: 55 kW
- Velocidade de rotação do motor elétrico: 960 rpm

Descrição atual do estado do equipamento



- Equipamento com redundância, logo se ocorrer falhas pode continuar a trabalhar
- Segunda bomba deve estar sempre operacional
- Deve ser realizada a manutenção preventiva para evitar problemas

Principais falhas identificadas pelos funcionários ao longo do tempo ou patologias do equipamento (problemas crónicos)

Fugas (entradas de ar no circuito)

- Falhas de empanques
- Falhas de rolamentos
- Falhas nas chumaceiras
- Danos de cavitação
- Degradação das turbinas

Classificação do nível de manutenção

Plano de manutenção atualizado

Item	Descrição	Unidade	MTBF (h)	MTTR (h)
0001	Manutenção preventiva	1	4000	10
0002	Manutenção corretiva	1	4000	10
0003	Manutenção corretiva	1	4000	10
0004	Manutenção corretiva	1	4000	10
0005	Manutenção corretiva	1	4000	10
0006	Manutenção corretiva	1	4000	10
0007	Manutenção corretiva	1	4000	10
0008	Manutenção corretiva	1	4000	10
0009	Manutenção corretiva	1	4000	10
0010	Manutenção corretiva	1	4000	10
0011	Manutenção corretiva	1	4000	10
0012	Manutenção corretiva	1	4000	10
0013	Manutenção corretiva	1	4000	10
0014	Manutenção corretiva	1	4000	10
0015	Manutenção corretiva	1	4000	10
0016	Manutenção corretiva	1	4000	10
0017	Manutenção corretiva	1	4000	10
0018	Manutenção corretiva	1	4000	10
0019	Manutenção corretiva	1	4000	10
0020	Manutenção corretiva	1	4000	10
0021	Manutenção corretiva	1	4000	10
0022	Manutenção corretiva	1	4000	10
0023	Manutenção corretiva	1	4000	10
0024	Manutenção corretiva	1	4000	10
0025	Manutenção corretiva	1	4000	10
0026	Manutenção corretiva	1	4000	10
0027	Manutenção corretiva	1	4000	10
0028	Manutenção corretiva	1	4000	10
0029	Manutenção corretiva	1	4000	10
0030	Manutenção corretiva	1	4000	10
0031	Manutenção corretiva	1	4000	10
0032	Manutenção corretiva	1	4000	10
0033	Manutenção corretiva	1	4000	10
0034	Manutenção corretiva	1	4000	10
0035	Manutenção corretiva	1	4000	10
0036	Manutenção corretiva	1	4000	10
0037	Manutenção corretiva	1	4000	10
0038	Manutenção corretiva	1	4000	10
0039	Manutenção corretiva	1	4000	10
0040	Manutenção corretiva	1	4000	10
0041	Manutenção corretiva	1	4000	10
0042	Manutenção corretiva	1	4000	10
0043	Manutenção corretiva	1	4000	10
0044	Manutenção corretiva	1	4000	10
0045	Manutenção corretiva	1	4000	10
0046	Manutenção corretiva	1	4000	10
0047	Manutenção corretiva	1	4000	10
0048	Manutenção corretiva	1	4000	10
0049	Manutenção corretiva	1	4000	10
0050	Manutenção corretiva	1	4000	10

- Nº de horas de utilização por ano: 4000 horas por cada equipamento (referente ao ano 2020)
- MTBF (referente ao ano 2020): 4000 horas (intervalo médio entre avarias)
- Nível de outsourcing: 3
(0= nenhum; 1= pouco; 2= algum; 3= tudo)
- Nível de peças em stock: 2
(1= sem; 2= algum; 3= com stock)

Função do equipamento e da área

Função do equipamento: Circulação de água de refrigeração ao condensador.

Área/ação: Ciclo térmico

Localização:



✗ - Localização do equipamento na central

Causas de falha

- Fugas
- Danos de cavitação
- Danos de corrosão
- Deterioração do interior das tubagens que pode provocar alterações nas curvas hidráulicas de funcionamento do equipamento
- Falhas de empanques
- Falhas de rolamentos
- Falhas de chumaceiras



2020/2021
Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Realizado por: João Costa

Bombas de captação de água

B.I do equipamento

- Ano de instalação: 1998
- Identificação I00: GAFO1AP001/GAFO2AP001
- Quantidade de equipamentos: 2 Unidades
- Marca/Fabricante: SIFH – HIDROMECANICA S.p.A/ Marell
- Tipo de manutenção: Predictiva



Caracterização das Bombas captação

- Caudal máximo: 60 m³/h
- Potência do motor elétrico da bomba: 37 kW
- Velocidade de rotação do motor elétrico: 2945 rpm

Descrição atual do estado do equipamento



- > Equipamento com redundância, logo se ocorrer falhas pode continuar a trabalhar
- > Segunda bomba deve estar sempre operacional
- > Deve ser realizada a manutenção preventiva para evitar problemas
- > Problemas relacionados com a corrosão devido à qualidade de água da barragem

Principais falhas identificadas pelos funcionários ao longo do tempo ou Patologias do equipamento (problemas crónicos)

- > Danos de corrosão
- > Fugas
- > Deterioração do interior das tubagens que pode provocar alterações nas curvas hidráulicas de funcionamento do equipamento
- > Falhas de empenques
- > Desgaste das turbinas

Classificação do nível de manutenção

> Plano de manutenção atualizado

Unidade	Item	Intervenção	Intervalo (horas)
4000	1	Inspeção visual	2000
	2	Limpeza	2000
	3	Verificação e ajuste da tensão elétrica	2000
4001	1	Inspeção visual	2000
	2	Verificação e ajuste da tensão elétrica	2000
	3	Verificação e ajuste da tensão elétrica	2000
1100	1	Inspeção visual	2000
	2	Verificação e ajuste da tensão elétrica	2000
	3	Verificação e ajuste da tensão elétrica	2000
	4	Verificação e ajuste da tensão elétrica	2000
	5	Verificação e ajuste da tensão elétrica	2000
	6	Verificação e ajuste da tensão elétrica	2000
	7	Verificação e ajuste da tensão elétrica	2000

> Nº de horas de utilização por ano: 2744 horas por cada equipamento (referente ao ano 2020)

> MTBF (referente ao ano 2020): 2744 horas (intervalo médio entre avarias)

> Nível de outsourcing: 3

(0= nenhum; 1= pouco; 2= algum; 3= total)

> Nível de peças em stock: 2

(1= sem; 2= algum; 3= em stock)

Função do equipamento e da área

Função do equipamento: Captação de água na barragem para alimentação da central termoelétrica em termos de recursos hídricos.

Área/açãoção: Ciclo térmico

Localização:



* Localização do equipamento na central

Causas de falha

- > Fugas
- > Danos de corrosão
- > Danos de corrosão
- > Deterioração do interior das tubagens que pode provocar alterações nas curvas hidráulicas de funcionamento do equipamento
- > Falhas de empenques
- > Falhas de rolamentos
- > Falhas de chumaceiras

2020/2021



Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Realizado por: João Costa

Ventilador ar primário

B.I do equipamento

- Ano de instalação: 1999
- Identificação IIG: HL.D10A001
- Quantidade de equipamentos: 1 Unidade
- Marca/fabricante: Danzer Jorgensen / ABB
- Tipo de manutenção: Preventiva



Caracterização do ventilador ar primário

- Potência do motor elétrico: 55 kW
- Velocidade de rotação do motor elétrico: 1460 rpm
- Quantidade de ar: 40 505 m³/h
- Temperatura de trabalho: 40°C

Descrição atual do estado do equipamento



- > Equipamento essencial para a central, pois se ocorrer uma falha a central tem de parar obrigatoriamente
- > As falhas mais recentes normalmente são de fácil reparação
- > Deve-se realizar a manutenção preventiva para evitar problemas

Principais falhas identificadas pelos funcionários ao longo do tempo ou patologias do equipamento (problemas crónicos)

- > Desgaste dos rolamentos
- > Relé desregulado
- > Corria gasta ou partida
- > Turbina suja

Classificação do nível de manutenção

> Plano de manutenção analizado

Item	Atividade	Intervalo	Ordem
1	Verificação visual do equipamento	15 dias	1
2	Verificação do nível de óleo	15 dias	2
3	Verificação da tensão elétrica	15 dias	3
4	Verificação da vibração	15 dias	4
5	Verificação da temperatura	15 dias	5
6	Verificação do nível de água	15 dias	6
7	Verificação do nível de combustível	15 dias	7
8	Verificação do nível de óleo	15 dias	8
9	Verificação do nível de água	15 dias	9
10	Verificação do nível de combustível	15 dias	10
11	Verificação do nível de óleo	15 dias	11
12	Verificação do nível de água	15 dias	12
13	Verificação do nível de combustível	15 dias	13
14	Verificação do nível de óleo	15 dias	14
15	Verificação do nível de água	15 dias	15
16	Verificação do nível de combustível	15 dias	16
17	Verificação do nível de óleo	15 dias	17
18	Verificação do nível de água	15 dias	18
19	Verificação do nível de combustível	15 dias	19
20	Verificação do nível de óleo	15 dias	20
21	Verificação do nível de água	15 dias	21
22	Verificação do nível de combustível	15 dias	22
23	Verificação do nível de óleo	15 dias	23
24	Verificação do nível de água	15 dias	24
25	Verificação do nível de combustível	15 dias	25
26	Verificação do nível de óleo	15 dias	26
27	Verificação do nível de água	15 dias	27
28	Verificação do nível de combustível	15 dias	28
29	Verificação do nível de óleo	15 dias	29
30	Verificação do nível de água	15 dias	30

- > Nº de horas de utilização por ano: 3240 horas (referente ao ano 2020)
- > MTBF (referente ao ano 2020): 3240 horas (intervalo médio entre avarias)
- > Nível de outsourcing: 2
(0- nenhum; 1- pouco; 2- algum; 3- total)
- > Nível de peças em stock: 2
(1- não; 2- algum; 3- completo)

Função do equipamento e da área

Função do equipamento: Serve para insuflar oxigénio na caldeira para ajudar na secagem da biomassa, ou seja, na grelha de vibração é insuflado ar para ajudar a secar a biomassa e funciona como combustível.

Área/seção: Ar e fumaça

Localização:



✖ - Localização do equipamento na central

Causas de falha

- Falhas devido ao ruído excessivo:
 - > Excesso do caudal
 - Causas:
 - > Mau contacto do circuito de potência
- > Desgaste de rolamentos
 - > Excesso do caudal
 - Falhas devido à vibração excessiva
 - Causas:
 - > Tensão elétrica de alimentação do motor abaixo do limite máximo
 - > Baixo fator de potência
 - > Falta de fase
- > Turbina suja
 - Falhas devido o baixo caudal de ar
 - Causas:
 - > Sentido de rotação errado
 - > Tensão elétrica de alimentação do motor abaixo do limite mínimo
- > Desgaste no rolamento
 - > Amortecedores incrimetos ou desgastados
 - > Eixo ampenado
 - Falhas devido ao relé de proteção do ventilador desarmado
 - > Excesso de pressão
 - > Corria gasta ou partida do
 - Causas:
 - > Falta de fase
- > Relé desregulado

2020/2021



Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Realizado por: João Costa

Ventilador de ar secundário

B.I do equipamento

- Ano de instalação: 1999
- Identificação IGA: HLD20A1001
- Quantidade de equipamentos: 1 Unidade
- Marca/Fabricante: Daner Jorgensen / ABB
- Tipo de manutenção: Preventiva



Caracterização do ventilador de ar secundário

- Potência do motor elétrico: 45 kW
- Velocidade de rotação do motor elétrico: 1400 rpm
- Quantidade ar: 24270 m³/h
- Temperatura de trabalho: 40°C

Descrição atual do estado do equipamento



- > Equipamento essencial para a central, pois se ocorre falha a central tem de parar obrigatoriamente
- > As falhas mais recorrentes normalmente são de fácil reparação
- > Deve-se realizar a manutenção preventiva para evitar problemas

Principais falhas identificadas pelos funcionários ao longo do tempo ou patologias do equipamento (problemas crónicos)

- > Desgaste dos rolamentos
- > Rolé desregulado
- > Correia gasta ou partida
- > Turbina suja

Classificação do nível de manutenção

> Plano de manutenção atualizado

Ordem	Atividade	Frequência	Responsável
1	Verificação do nível de óleo	Trimestral	Operário
2	Verificação da tensão elétrica	Semanal	Operário
3	Verificação da temperatura do motor	Semanal	Operário
4	Verificação do nível de água	Semanal	Operário
5	Verificação do nível de tensão	Semanal	Operário
6	Verificação do nível de tensão	Semanal	Operário
7	Verificação do nível de tensão	Semanal	Operário
8	Verificação do nível de tensão	Semanal	Operário
9	Verificação do nível de tensão	Semanal	Operário
10	Verificação do nível de tensão	Semanal	Operário
11	Verificação do nível de tensão	Semanal	Operário
12	Verificação do nível de tensão	Semanal	Operário
13	Verificação do nível de tensão	Semanal	Operário
14	Verificação do nível de tensão	Semanal	Operário
15	Verificação do nível de tensão	Semanal	Operário
16	Verificação do nível de tensão	Semanal	Operário
17	Verificação do nível de tensão	Semanal	Operário
18	Verificação do nível de tensão	Semanal	Operário
19	Verificação do nível de tensão	Semanal	Operário
20	Verificação do nível de tensão	Semanal	Operário

- > Nº de horas de utilização por ano: 8040 horas (referente ao ano 2020)
- > MTBF (referente ao ano 2020): 8240 horas (Intervalo médio entre avarias)
- > Nível de outsourcing: 2
- (0 - nenhum; 1 - pouco; 2 - algum; 3 - total)
- > Nível de peças de spare stock: 2
- (1 - sem; 2 - algum; 3 - sem stock)

Função do equipamento e da área

Função do equipamento: Tem a função de forçar através dos jets de ar uma "cortina" para evitar o escape de combustível não queimado para as áreas onde a troca térmica ocorre por convecção e promover a queima total do combustível introduzido na fornalha.

Aplicação: Ar e fumos

Localização:



* Localização do equipamento na central

Causas de falha ou avaria

- | | |
|---|--|
| <p>Falhas devido ao ruído excessivo</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Desgaste da rolamentos > Excesso do caudal <p>Falhas devido à vibração excessiva</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Objeto estranho no rotor > Turbina suja > Desgaste no rolamento > Amortecedores incorretos ou desgastados > Eixo empenado <p>Falhas devido ao rolé de proteção do ventilador desarmado</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Rolé desregulado | <ul style="list-style-type: none"> > Excesso do caudal > Mau contacto do circuito de potência > Tensão elétrica de alimentação do motor abaixo do limite mínimo > Baixo fator de potência > Falta de fase > Falhas devido o baixo caudal de ar <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Sentido de rotação errado > Filtro de ar sujo > Baixa tensão de força > Excesso de pressão > Correia gasta ou partida do ventilador > Falta de fase |
|---|--|

2020/2021



Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Realizado por: João Costa

Ventilador de tiragem induzida

B.I do equipamento

- Ano de instalação: 1999
- Identificação ICA: I9800341001
- Quantidade de equipamentos: 1 Unidade
- Marca/fabricante: Daner Jorgensen / ABB
- Tipo de manutenção: Preventiva



Caracterização do ventilador de tiragem induzida

- Potência do motor elétrico: 250 kW
- Velocidade de rotação do motor elétrico: 1470 rpm
- Quantidade de ar: 153200 m³/h

Descrição atual do estado do equipamento



- > Equipamento essencial para a central, pois se ocorrer falha a central tem de parar obrigatoriamente
- > As falhas mais recentes normalmente são de fácil reparação
- > Deve-se realizar a manutenção preventiva para evitar problemas

Principais falhas identificadas pelos funcionários ao longo do tempo ou patologias do equipamento (problemas crónicos)

- > Desgaste dos rolamentos
- > Rolé desregulado
- > Coroa gasta ou partida
- > Turbina suja

Classificação do nível de manutenção

> Plano de manutenção atualizado

Ordem	Nº	Nome	Tempo	Responsável
1	1	Verificação do nível de óleo	15 min	Operário
2	2	Verificação do nível de água	15 min	Operário
3	3	Verificação do nível de tensão elétrica	15 min	Operário
4	4	Verificação do nível de vibração	15 min	Operário
5	5	Verificação do nível de ruído	15 min	Operário
6	6	Verificação do nível de temperatura	15 min	Operário
7	7	Verificação do nível de pressão	15 min	Operário
8	8	Verificação do nível de velocidade	15 min	Operário
9	9	Verificação do nível de corrente elétrica	15 min	Operário
10	10	Verificação do nível de tensão mecânica	15 min	Operário
11	11	Verificação do nível de tensão hidráulica	15 min	Operário
12	12	Verificação do nível de tensão pneumática	15 min	Operário
13	13	Verificação do nível de tensão elétrica	15 min	Operário
14	14	Verificação do nível de tensão mecânica	15 min	Operário
15	15	Verificação do nível de tensão hidráulica	15 min	Operário
16	16	Verificação do nível de tensão pneumática	15 min	Operário
17	17	Verificação do nível de tensão elétrica	15 min	Operário
18	18	Verificação do nível de tensão mecânica	15 min	Operário
19	19	Verificação do nível de tensão hidráulica	15 min	Operário
20	20	Verificação do nível de tensão pneumática	15 min	Operário

- > Nº de horas de utilização por ano: 8240 horas (referente ao ano 2020)
- > MTBF (referente ao ano 2020): 8240 horas (intervalo médio entre avarias)
- > Nível de outsourcing: 2
 - (1) nenhum, 1 (peças), 2 (ajuda), 3 (total)
- > Nível de peças em stock: 2
 - (1) sim, 2 (ajuda), 3 (completo)

Função do equipamento e da área

Função do equipamento: Extrair os gases de exaustão da central

Área/açãoção: Ar e fumos

Localização:



Localização do equipamento na central

Causas de falha ou avaria

- | | |
|---|---|
| Avarias devido ao ruído excessivo | > Excesso do caudal |
| Causas: | > Mau contacto do circuito de potência |
| > Desgaste de rolamentos | > Tensão elétrica de alimentação do motor abaixo do limite máximo |
| > Excesso do caudal | > Baixo fator de potência |
| Avarias devido à vibração excessiva | > Falta de fase |
| Causas: | > Avaria devido o baixo caudal de ar |
| > Objeto estranho no rotor | Causas: |
| > Turbina suja | > Sentido de rotação errado |
| > Desgaste no rolamento | > Tensão elétrica de alimentação do motor abaixo do limite mínimo |
| > Amortecedores incorretos ou desgastados | > Excesso de pressão |
| > Eixo empenado | > Coroa gasta ou partida do ventilador desarmado |
| Avaria devido ao relé de proteção do ventilador desarmado | > Falta de fase |
| Causas: | |
| > Rolé desregulado | |

2020/2021



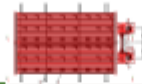
Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Realizado por: João Costa

Sistema de vibração da grelha

B.I do equipamento

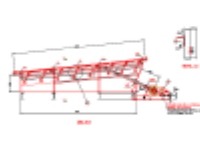
- Ano de instalação: 1999
- Identificação KKa: HHC 10AF001/HHC 10AF002
- Quantidade de equipamentos: 2 Unidades
- Tipo de manutenção: Preventiva



Caracterização do sistema de vibração

- Potência do motor elétrico: 11 kW

Descrição atual do estado do equipamento



- > Sistema importante para alimentação de caldeira.
- > Falhas recorrentes neste sistema
- > Falhas difíceis de detetar
- > Manutenção preventiva deve ser sempre realizada

Principais falhas identificadas por os funcionários ao longo do tempo ou patologias do equipamento (problemas crónicos)

- > Pirões de acumulação de insetos
- > Pirões mecânicos
- > Falha de veias
- > Chumaceiras
- > Acoplamentos
- > Falhas elétricas nas gavetas de alimentação de energia
- > Falhas no sistema de comunicação na ordem DCS
- > Sistema ligação mecânica (braço e carilhas folgas)

Classificação do nível de manutenção

- > Plano de manutenção atualizado

Item	Descr.	Unidade	Qtd
1	Motor elétrico 11 kW	Unidade	2
2	Carilha	Unidade	2
3	Chumaceira	Unidade	2
4	Acoplamento	Unidade	2

- > Tempo de funcionamento total (estimativa): 2749 horas (referente ao ano 2020)
- > MTBF total (tempo médio entre falhas): 6653 horas (referente ao ano 2020)
- > Nível de outsourcing: 2
(0- nenhum; 1- pouco; 2- algum; 3- total)
- > Nível de peças em stock: 1
(1- nem; 2- algum; 3 com stock)

Função do equipamento e de área

Função do equipamento: A queima de biomassa realiza-se sobre a grelha vibratória, a função de vibração existe para permitir a remoção das escórias.

Área/ação: Grupo de gerador de vapor

Localização:



■ - Localização do equipamento na central

Causas de falha

- > Disjuntores
- > Correas
- > Rolamentos do motor
- > Desgaste nas cavilhas e notões da transmissão



2020/2021
Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Realizado por: João Costa

Redler 1

B.I do equipamento

- + Ano de instalação: 1999
- + Identificação IRI: ETG10AF001
- + Quantidade de equipamentos: 1 Unidade
- + Marca/fabricante: Sulzer
- + Tipo de manutenção: Preventiva



Caracterização do Redler 1

- Potência do motor elétrico: 0,30 kW

Descrição atual do estado do equipamento



- > Equipamento fundamental para o funcionamento da central, se ocorrer falha a central não pode continuar a operar.
- > É um equipamento um pouco problemático em termos de falhas. Falhas um pouco recorrentes.
- > Deve-se realizar sempre a manutenção preventiva para evitar falhas e ter o equipamento a funcionar corretamente.

Principais falhas identificadas pelos funcionários ao longo do tempo ou patologias do equipamento (problemas crónicos)

- > Sensor do nível de água da caldeira (importante)
- > Sensor degradado
- > Cabo do sensor partido
- > Corrente de transporte com fuga
- > Corrente de transporte com desgaste excessivo
- > Falhas elétricas nas gavetas de alimentação de energia
- > Falhas no sistema de comunicação na ordem DCS
- > Falha no motor elétrico
- > Encroscamento (pedras que caem entre as sobre estirpo e queima as faixas)

Classificação do nível de manutenção

> Plano de manutenção atualizado

Ordem	Item	Descrição	Intervalo	Unidade	Responsável
1	1	Verificação visual do equipamento	15 dias	1	Operário
2	2	Limpeza do equipamento	15 dias	1	Operário
3	3	Verificação do nível de água da caldeira	15 dias	1	Operário
4	4	Verificação do nível de água da caldeira	15 dias	1	Operário
5	5	Verificação do nível de água da caldeira	15 dias	1	Operário
6	6	Verificação do nível de água da caldeira	15 dias	1	Operário
7	7	Verificação do nível de água da caldeira	15 dias	1	Operário
8	8	Verificação do nível de água da caldeira	15 dias	1	Operário
9	9	Verificação do nível de água da caldeira	15 dias	1	Operário
10	10	Verificação do nível de água da caldeira	15 dias	1	Operário
11	11	Verificação do nível de água da caldeira	15 dias	1	Operário
12	12	Verificação do nível de água da caldeira	15 dias	1	Operário
13	13	Verificação do nível de água da caldeira	15 dias	1	Operário
14	14	Verificação do nível de água da caldeira	15 dias	1	Operário
15	15	Verificação do nível de água da caldeira	15 dias	1	Operário
16	16	Verificação do nível de água da caldeira	15 dias	1	Operário
17	17	Verificação do nível de água da caldeira	15 dias	1	Operário
18	18	Verificação do nível de água da caldeira	15 dias	1	Operário
19	19	Verificação do nível de água da caldeira	15 dias	1	Operário
20	20	Verificação do nível de água da caldeira	15 dias	1	Operário

> Nº de horas de utilização por ano: 5240 horas por cada equipamento (referente ao ano 2020)

> MTBF (referente ao ano 2020): 5240 horas (Intervalo médio entre avarias)

> Nível de outsourcing: 2

(0= nenhum; 1= pouco; 2= algum; 3= todo)

> Nível de peças em stock: 2

(1= não; 2= algum; 3= com stock)

Função do equipamento e da área

Função do equipamento: Serve para transportar e acumular as cinzas e/ou as escórias que são expelidas pelas aberturas de descarga da fornalha.

Área: Circuito cinzas e escórias

Localização:



Localização do equipamento na central

Causas de falhas

Defeito de instalação

Causas:

- > Sensor degradado
- > Cabo do sensor partido
- > Sensor mal posicionado
- > Mau contato

Falha no motor elétrico

Causas:

- > Subaquecimento do motor
- > Mau contato na caixa de bornes
- > Falta de refrigeração

Recomendações identificadas

Causas:

- > Falta de lubrificação
- > Em casos onde existe caixa de engrenagem, pode ocorrer uma fuga através do engrenagem que acaba por reduzir o rendimento elétrico

Corrente de transporte partida

Causas:

- > Falta de lubrificação
- > Corrente de transporte com fuga excessiva ou degradada

Corrente de transporte

Causas:

- > Fuga excessiva
- > Formação de crosta dentro do tubo

Fugas no corpo do redler

Causas:

- > Desgaste excessivo das partes do fundo
- > Formação de elementos sólidos no corpo do redler

Desgaste no rede motor

Causas:

- > Corrente de transporte com fuga
- > Corrente de transporte com desgaste excessivo

2020/2021



Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Realizado por: João Costa

Redler 2

B.I do equipamento

- Ano de instalação: 1000
- Identificação KKa: ETG10A/002
- Quantidade de equipamentos: 1 Unidade
- Marca/fabricante: Meyfran International BV
- Tipo de manutenção: Preventiva



Caracterização do Redler 2

- Potência do motor: 0,37 kW

Descrição atual do estado do equipamento



- > Equipamento fundamental para o funcionamento da central, se ocorrer uma falha a central não pode continuar a operar.
- > É um equipamento um pouco problemático em termos de falhas. Falhas um pouco recorrentes.
- > Deve-se realizar sempre a manutenção preventiva para evitar falhas e ter o equipamento a funcionar corretamente.

Principais falhas identificadas pelos funcionários ao longo do tempo ou patologias do equipamento (problemas críticos)

- > Sensor degradado
- > Cabo do sensor partido
- > Corrente de transporte com folga
- > Corrente de transporte com desgaste excessivo
- > Falhas elétricas nas gavetas de alimentação de energia
- > Falha no sistema de comunicação na ordem DCS
- > Falha no motor elétrico
- > Encasamentos (pedras que caem entre em sobre esforço e queima os frotas)

Classificação do nível de manutenção

Plano de manutenção atualizado

Item	Descrição	Unidade	Quantidade	Estado
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50

- > Contador: 6246 horas (referente ao ano 2020)
- > MTBF (referente ao ano 2020): 2749 horas (Intervalo médio entre avarias)
- > Nível de outsourcing: 2
- (0 - nenhum; 1 - pouco; 2 - algum; 3 - total)
- > Nível de peças em stock: 2
- (1 - zero; 2 - algum; 3 - sem stock)

Função do equipamento e da área

Função do equipamento: Serve para transportar e acumular as cinzas e/ou as escórias que são expelidas pelas aberturas de descarga de fumaça.

Área/seção: Circuito cinzas e escórias

Localização:



Localização do equipamento na central

Causas de falha ou avaria

- | | |
|--|---|
| <p>Defeito de rutagem</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Sensor degradado > Cabo do sensor partido > Sensor mal posicionado > Selo cortado | <ul style="list-style-type: none"> > Corrente de transportado com folga excessiva ou degradada <p>Corrente de transporte</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Folga excessiva > Presença de objeto estranho no corpo |
| <p>Falha no motor elétrico</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Sobreaquecimento do motor > Selo cortado na caixa de bobinas > Falta de refrigeração | <p>Fugas no corpo do redler</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Desgaste excessivo dos painéis do fundo > Presença de elementos estranhos no corpo do redler |
| <p>Rollamentos/roléis danificados</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Falta de lubrificação > Em alguns casos estes roléis podem estar empilhados, pode ocorrer uma fuga através do empilhamento que acaba por danificar os rolamentos/roléis. | <p>Desgaste na roda motriz</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Corrente de transporte com folga > Corrente de transporte com desgaste excessivo |
| <p>Corrente de transportado partida</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Falta de lubrificação | |

2020/2021



Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Realizado por: João Costa

Anexo H - Manual técnico do sistema de vibração de grelha da caldeira

Manual técnico do sistema de vibração de grelha da caldeira



**Ano
2021**

Índice

Sistema de vibração de grelha	3
Localização esquemática do sistema de vibração da grelha.....	4
Localização do ativo na central termoelétrica de biomassa de Mortágua.....	5
Falhas do sistema de vibração de grelha	5
Descrição do equipamento.....	6
Imagens reais do sistema de vibração de grelha	6
Plano de manutenção atual (antes da aplicação do método RCM)	7
Poster técnico do sistema de vibração de grelha	8
Manutenção centrada na fiabilidade	9
Passos para a realização do RCM	10
Função e falha funcional.....	11
Falhas funcionais e modos de falha	12
Efeitos dos modos de falha	13
Diagrama RCM (manutenção centrada na fiabilidade).....	14
Ficha técnica de RCM (manutenção centrada na fiabilidade).....	15
Legenda e descrição da ficha técnica	16
Tipo e tarefas de manutenção	18
Descrição das tarefas de manutenção para modos de falha	20
Plano de manutenção de acordo com o RCM	24
Conclusões	25

Sistema de vibração de grelha

Identificação: Grupo gerador de vapor

Equipamento: Sistema vibração da grelha

Quantidade: 2

KKS: HHC10AF001 / HHC10AF002

Função: Queima da biomassa realiza se sobre a grelha vibratória, a função de vibração existe para permitir a remoção das escórias.

Características:

Define-se por dar muito problemas há central, logo a realização desta análise de RCM (Manutenção centrada na fiabilidade), é necessária e deve ser eficaz para ajudar a detetar os problemas que o sistema de vibração de grelha dá, bem como solucionar os problemas o mais rápido possível.

No que diz respeito as características mecânicas são constituídas por duas grelhas vibratórias, em que vibram dessincronizadas, onde a grelha para se movimentar está acoplado um motor elétrico com uma potência de 11 kW.

Nesta análise pretendemos fazer um estudo aprofundado da grelha vibratória desde o seu motor elétrico até às suas duas placas vibratórias.

O sistema de grelha vibratória da caldeira caracteriza se por vibrar em média de 3 em 3 minutos, o que faz que com este funcionamento tão recorrente cause muitos problemas á central em termos de falhas, logo o seu estudo é fundamental para termos uma central sempre ativa e sem constrangimentos ao normal funcionamento.

Tempo de funcionamento total (estimativa): 20620 horas (referente ao ano 2020)

MTBF total (tempo médio entre falhas): 6873 horas (referente ao ano 2020)

MTBF desde o início de funcionamento da central (tempo médio entre falhas): 5585 horas (desde o ano 1999 até 2020)

Localização esquemática do sistema de vibração da grelha

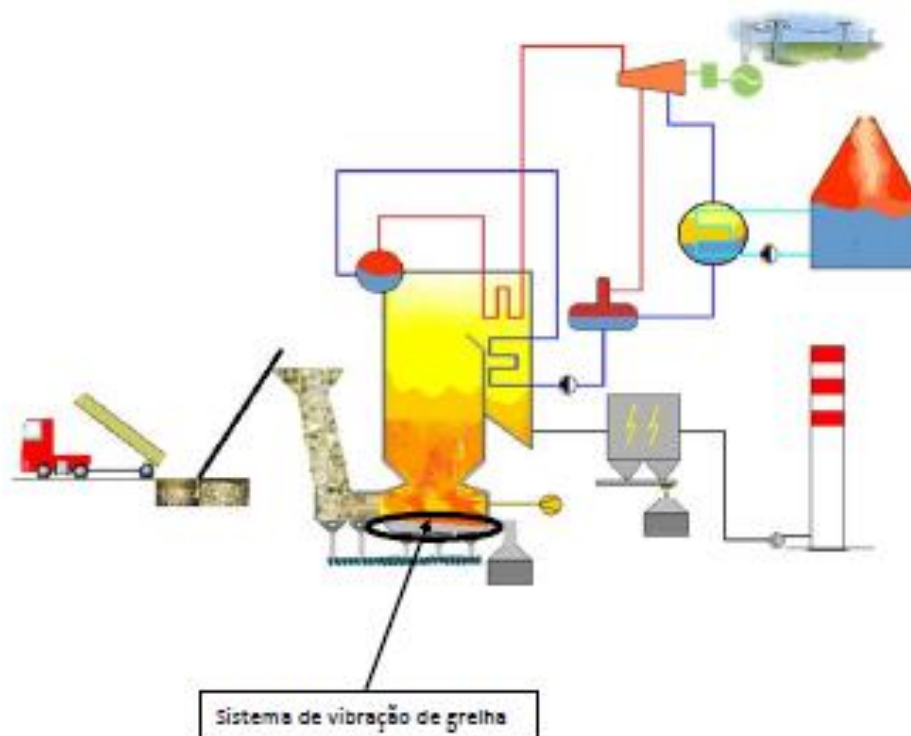


Figura 1- Representação esquemática de uma central termoeletrica de biomassa

Este esquema representa o funcionamento normal desta central desde a descarga de biomassa no parque até à injeção de energia elétrica na rede. Na imagem também é possível ver os principais equipamentos de um central termoeletrica de biomassa. Alguns desses equipamentos principais são: o sistema de transporte da biomassa, a caldeira com exemplificação dos sobreaquecedores, economizadores, evaporizadores, o ciclo de refrigeração e por fim a turbina.

Neste esquema também está sinalizado o equipamento em estudo, o sistema de vibração de grelha, pois é importante ter uma noção onde este se situa para o podemos compreender e tentar perceber de alguma forma que é um elemento fundamental.

Localização do ativo na central termoelétrica de biomassa de Mortágua

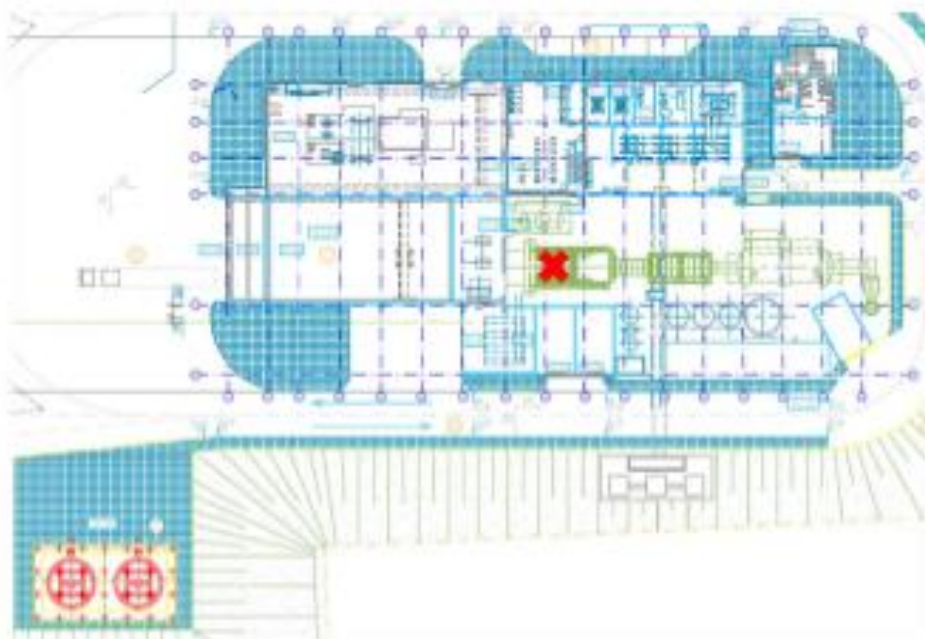


Figura 2-Localização exata do equipamento na central

Falhas do sistema de vibração de grelha

- Prisões por acumulação de inertes
- Prisões mecânicas
- Falha de veios
- Chumaceiras
- Acoplamentos
- Avarias elétricas nas gavetas de alimentação de energia
- Avaria no sistema de comunicação na ordem DCS
- Sistema ligação mecânico (braço e cavilhas folgas)

Descrição do equipamento

- Local na fomalha sobre o qual ocorre a combustão da biomassa
- Avarias recorrentes neste sistema
- Avarias difíceis de detetar
- É realizada manutenção preventiva

Imagens reais do sistema de vibração de grelha



Figura 3 - Atual sistema de vibração de grelha

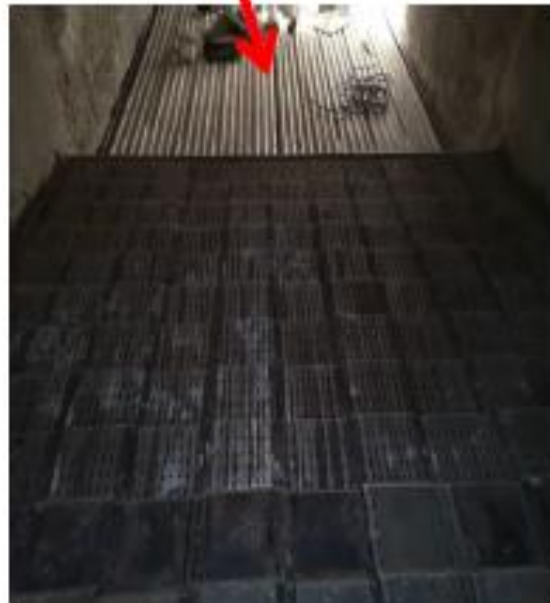


Figura 4- Sistema de vibração de grelha

Plano de manutenção atual (antes da aplicação do método RCM)

Sequência	Tarefa	Descrição	Duração
Anual	1	Verificar se o vibrador funciona sem barulhos estranhos	0:10
	2	Lubrificar as chumaceiras (6 pontos)	0:10
	3	Verificar e substituir a corrente se necessário	0:15

Tabela 1- Plano de manutenção atual (informação empresa)

Este plano de manutenção foi elaborado pela empresa, e a partir do qual se realizam as revisões anualmente, seguindo a ordem que está no plano. Este plano ao ser seguido pretende detetar problemas que a grelha vibratória possa ter e que ainda não tinham sido reportados ou não tenham acontecido.

Com base na experiência dos seus funcionários mesmo cumprindo sempre o plano de manutenção preventiva, existem falhas que não são detetadas nessa paragem para manutenção. Logo os seus funcionários detetam por vezes falhas, com a perceção de alguns sintomas que ela vai dando ou por alteração de valores-padrão, que determinam a existência de problemas no sistema.


Conjugando o plano manutenção preventivo, com o plano de manutenção RCM (manutenção centrada na fiabilidade) poderemos otimizar e melhorar o plano de manutenção, tornando-o o mais fiável.

Poster técnico do sistema de vibração de grelha

Sistema de vibração da grelha

SI do equipamento

- Área de instalação: 1000
- Identificação RRU: 11111111111111111111
- Quantidade de equipamentos: 2 unidades
- Tipo de instalação: Transmissor



Classificação do nível de manutenção

• Plano de manutenção: Standard


Item	Descrição	Intervalo	Unidade
1	Verificação do nível de óleo	15 dias	L
2	Verificação do nível de água	15 dias	L
3	Verificação do nível de areia	15 dias	L
4	Verificação do nível de pó	15 dias	L

- Tempo de funcionamento: 2400 horas (contínuo) ou 2000 horas (intermitente)
- MTBF: 5000 (2400) horas (intermitente) ou 2000 horas (contínuo)
- Vida útil: 10 anos
- Garantia: 1 ano
- Serviço: 24 horas
- Peças: 2 dias
- Custo: R\$ 100.000,00

Caracterização do sistema de vibração

- Potência máxima: 10 kW

Descrição e local de instalação do equipamento



- Sistema instalado em ambiente de trabalho
- Não é necessário usar sistema
- Não é necessário usar sistema
- Não é necessário usar sistema


Proceder à manutenção preventiva em função do tempo de operação do equipamento (previsão de vida útil)

- Falhas de manutenção de rotina
- Falhas de rotina
- Falhas de rotina
- Falhas de rotina
- Falhas de rotina
- Falhas de rotina
- Falhas de rotina
- Falhas de rotina

Função do equipamento e da área

Função do equipamento: A função do equipamento é a vibração da grelha para a separação dos materiais e a limpeza dos materiais.

Área de instalação: Área de instalação do equipamento em função do tempo de operação.



Causas de falhas

- Desgaste
- Corrosão
- Falta de manutenção
- Falta de manutenção




Figura 5- Imagem ilustrativa do poster do sistema de vibração de grelhas

Poster informativo do equipamento, pode ser útil, ser colocado próximo do local do equipamento pois informa todas as pessoas sobre o funcionamento básico do equipamento, os seus principais problemas, as suas principais falhas e por fim a localização do equipamento na instalação. Assim impõe um conhecimento geral e básico do equipamento a todos os funcionários da empresa e as pessoas que a visitam, o que é uma mais-valia para todos.

Manutenção centrada na fiabilidade

A manutenção centrada na fiabilidade caracteriza-se, segundo o autor (Moubray, 1991), por um processo que determina os requisitos de manutenção de qualquer ativo físico no seu contexto operacional.

A manutenção centrada na fiabilidade, segundo (Rausand, 1998) é uma consideração sistemática das funções do sistema, a forma como os equipamentos podem falhar nas suas funções, e um controlo baseado na prioridade e consideração da segurança e da economia que identifica tarefas de manutenção preventiva aplicáveis e eficazes.

Passos para a realização do RCM

PASSO 1 – FUNÇÕES

REGISTAR O QUE O ACTIVO FAZ E NÃO O QUE O ACTIVO É.

INCLUIR O DESEMPENHO PRETENDIDO NO SEU CONTEXTO OPERACIONAL

PASSO 2 – FALHAS FUNCIONAIS

DOCUMENTAR AS FORMAS NAS QUAIS O ACTIVO PODE FALHAR NO CUMPRIMENTO DAS SUAS FUNÇÕES

PASSO 3 – MODOS DE FALHA

DETERMINAR AS CAUSAS DE CADA FALHA FUNCIONAL

PASSO 4 – EFEITOS DA FALHA

DETALHAR O QUE ACONTECE SE NADA FOR FEITO PARA PREVER OU

PREVENIR CADA MODO DE FALHA

PASSO 5 – CONSEQUÊNCIAS DA FALHA

DETERMINAR A IMPORTÂNCIA DE CADA MODO DE FALHA

PASSO 6 – MANUTENÇÃO PROACTIVA E INTERVALOS

DETERMINAR SE A MANUTENÇÃO BASEADA NA CONDIÇÃO OU

MANUTENÇÃO PREVENTIVA SÃO TECNICAMENTE APROPRIADAS E SE

VALEM A PENA FAZER

PASSO 7 – ESTRATÉGIAS PADRÃO

DETERMINAR SE EXISTEM OUTRAS ACÇÕES QUE SÃO APROPRIADAS

Função e falha funcional

A função do equipamento é servir de suporte à combustão da biomassa. A função de vibração da grelha permite a remover as escórias originadas pelo processo de combustão, no qual as areias que vêm misturadas do exterior com a biomassa e originam as ditas escórias. Além da função anterior também apresenta a função de permitir a entrada de ar primário (comburente).

Tem como função secundária e não menos importante, a temperatura de combustão estável.

F	Função	FF	Falha funcional
1	Queima da biomassa realiza se sobre a grelha vibratória, e a função de vibração existe para permitir a remoção das escórias.	A	Não ocorre vibração da grelha
		B	Acumulação de escórias na grelha de vibração
		C	Obstrução das saídas de ar primário
2	Vibrar de 3 em 3 minutos	A	Não ocorre vibração da grelha
3	Permite a entrada de ar primário (comburente)	A	Obstrução das saídas do ar primário, no sistema de vibração de grelha
		B	Falta de injeção do ar primário para provocar a combustão na caldeira
4	Temperatura de combustão estável	A	Temperatura média de 800 °C não atingida

Tabela 2- Funções e falhas funcionais

Nesta tabela estão especificadas as funções primárias e secundárias do sistema de vibração de grelha bem como suas principais falhas funcionais que podem ocorrer neste sistema.

Falhas funcionais e modos de falha

F	FF	Falhas funcionais		Modos de falhas
1	A	Não ocorre vibração da grelha	1	Sistema de ligação mecânico com folgas
			2	Avaria no motor elétrico
			3	Prisão mecânica no sistema da grelha
			4	Falha de alimentação do motor elétrico
	B	Acumulação de escórias na grelha de vibração	1	Não ocorre a vibração da grelha
			2	Muitos inertes na biomassa
	C	Obstrução das saídas de ar primário	1	Acumulação das cinzas e dos resíduos nas saídas do ar primário
2			Falta de injeção do ar primário para provocar a combustão na caldeira	
2	A	Não ocorre vibração da grelha	1	Sistema ligação mecânico com folgas (braço e cavilhas folgas)
			2	Falha no DCS ao nível elétrico
			3	Falha no DCS ao nível da programação
3	A	Obstrução das saídas do ar primário, no sistema de vibração de grelha	1	Paragem ou falha do ventilador do ar primário
	B	Falta de injeção do ar primário para provocar a combustão na caldeira	1	Falha nos atuadores elétricos na entrada do ar primário
4	A	Temperatura média de 800°C não atingida	1	Grande humidade da biomassa
			2	Má qualidade da biomassa

Tabela 3- Falhas funcionais e modos de falha

Neste caso, esta tabela serve para ver os principais modos de falha que afetam a central, apontadas pelos funcionários da empresa, ou seja, os principais problemas que a central pode ter ao nível do sistema de vibração de grelha.

Este equipamento demonstra várias falhas de nível mecânico – folgas e prisões – e de nível elétrico – sistema de alimentação e proteção, e motor.

Logo a identificação e registo das falhas é importante para tentar evitar problemas no normal funcionamento do sistema, e, caso ocorram, possam estar tipificadas de modo a minimizar o tempo na sua deteção.

Efeitos dos modos de falha

F	FF	MF	Efeitos dos modos de falha
1	A	1	A grelha não se movimenta, ou seja, as placas não se movimentam em sentidos opostos.
		2	Acumulação de inertes sobre a grelha e não ocorre a entrada de ar primário.
		3	Não ocorre a separação do combustível com os inertes.
		4	Não se consegue por o motor a trabalhar e por consequência não se dá a vibração da grelha.
	B	1	Obriga á paragem da caldeira.
		2	Dá origem a paragem da centra devido à elevada formação de escória na grelha.
	C	1	Não ocorre a insuflação do ar primário.
		2	Não ocorre a insuflação do ar primário.
2	A	1	A grelha não se movimenta, ou seja, as placas não se movimentam em sentidos opostos.
		2	Não ocorre a movimentação da grelha e ocorre a acumulação de inertes na grelha.
		3	Não ocorre movimentação da grelha e ocorre a acumulação de inertes na grelha.
3	A	1	Obriga a paragem da central termoelétrica.
	B	1	Como não há entrada de ar primário, dá origem á paragem devido a não existir ar para ajudar na combustão.
4	A	1	Maior dificuldade em atingir os níveis de produtividade, acumulação de escória na grelha, pode causar problemas nos equipamentos da central.
		2	Maior dificuldade em atingir os níveis de produtividade, grande acumulação de escória na grelha, pode causar problemas nos equipamentos da central.

Tabela 4 - Efeitos do modo de falha

Os efeitos do modo de falha servem para mostrar o que acontece caso ocorram as falhas funcionais. Neste caso os problemas que afetam este equipamento, provocam grandes prejuízos para a organização.

Ficha técnica de RCM (manutenção centrada na fiabilidade)

Sistema: Sistema de vibração de grelha														
Grupo: Grupo gerador de vapor														
Informação			Avaliação da consequência				H1	H2	H3	Tarefas padrão				Tarefa Proposta
							S1	S2	S3					
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3					
							N1	N2	N3	H4	H5	S4		
1	A	1	N	-	-	-	N	N	N	N	-	-	T3	
		2	N	-	-	-	N	N	N	N	-	-	T3	
		3	N	-	-	-	S	N	N	S	-	-	T1	
		4	N	-	-	-	S	N	N	S	-	-	T1	
	B	1	N	-	-	-	S	N	N	N	-	-	T1	
		2	N	-	-	-	S	N	N	N	-	-	T1	
C	1	S	N	N	S	S	N	N	S	-	-	T1		
	2	N	-	-	-	S	N	N	S	-	-	T1		
2	A	1	S	N	N	S	N	N	N	N	-	-	T4	
		2	S	N	N	S	S	N	N	N	-	S	T1	
		3	S	N	N	S	S	N	N	N	-	-	T1	
3	A	1	S	N	N	S	S	N	N	-	-	S	T1	
	B	1	S	N	N	S	S	N	N	N	-	-	T1	
4	A	1	N	-	-	-	S	N	N	N	-	-	T1	
		2	N	-	-	-	S	N	N	N	-	-	T1	

Legenda e descrição da ficha técnica

Legenda:

N – Não

S – Sim

F – Função

FF – Falha funcional

MF – Modo de falha

Avaliação:

H – Falhas são evidentes ou não

S – Consequências para a segurança

E – Consequências para o ambiente

O – Consequências para os operacionais

H1/S1/O1/N1

Esta coluna serve para registar se uma tarefa de condição adequada pode ser encontrada para antecipar o modo de falha a tempo de evitar as consequências.

H2/S2/O2/N2

Esta coluna serve para registar se uma tarefa de restauração programada adequada pode ser encontrada para evitar as falhas.

H3/S3/O3/N3

Esta coluna serve para registar se uma tarefa de descarte programada adequada pode ser encontrada para evitar as falhas.

Tarefas padrão:

H4 - Vale a pena fazer uma tarefa de deteção de falhas tecnicamente viável?

Se registar sim se é possível fazer a tarefa e é prático fazê-la na frequência exigida e reduz o risco de falha múltipla a um nível aceitável.

H5 - A falha múltipla pode afetar a segurança ou o ambiente?

Esta pergunta só é feita se a resposta à pergunta H4 for não. se a resposta for sim, o redesenho é obrigatório. se a resposta for não, a ação padrão é nenhuma manutenção programada, mas o redesenho pode ser desejável.

H6 – É uma combinação de tarefas tecnicamente viável e vale a pena fazer?

Sim, se uma combinação de duas ou mais tarefas preventivas reduzirá o risco de falha a um nível aceitável (esta é uma taxa muito elevada). se a resposta for não, o redesenho é obrigatório.

Tarefa proposta

Este parâmetro de acordo com o diagrama de RCM, serve para saber qual o tipo de manutenção a utilizar dentro das que o método tem definido, ou seja, sete tipos de manutenção que podem ser aplicados são eles:

T1 – Técnica preventiva condicionada

T2 – Técnica preventiva sistemática (reparação)

T3 – técnica preventiva sistemática reparação

T4 – Técnica corretiva

T5 – Técnica de redesenho

T6 – Técnica de deteção de falhas

T7 – Combinação de técnicas

Esta ficha técnica resulta da análise de um diagrama RCM, onde vamos seguindo os passos desse diagrama, ou seja, respondendo às questões que são colocadas pelo método e vamos obtendo as respostas que estão acima na tabela. Depois de realizado o método ele dá-nos o tipo de manutenção que devemos utilizar para o modo de falha que estamos a analisar.

Tipo e tarefas de manutenção

F	M	Falhas funcionais	Modos de falhas	Tipo de manutenção	Tarefas de manutenção		
1	A	Não ocorre vibração de grelha	1	Sistema de ligação mecânica com folgas	T3 - Técnica preventiva sistemática (substituição)	Por laboratório, fazer a verificação de folgas, lubrificação dos chameceiros, rótulas e caso necessário substituição.	
			2	Faixa no motor elétrico	T3 - Técnica preventiva sistemática (substituição)	Troca baseada no número de horas de funcionamento (de acordo com o histórico) dos alimentadores, chameceiros e outros componentes dos motores elétricos.	
			3	Perda mecânica no sistema de grelha	T1- Técnica preventiva condicionada	Verificar o acionamento, verificar os componentes mecânicos da grelha, verificar a estrutura da grelha	
			4	Falha na alimentação do motor elétrico	T1- Técnica preventiva condicionada	Utilizar um megôhmetro para verificar o estado do cabo de alimentação, verificação da grelha elétrica de alimentação	
	B	Acumulação de escória na grelha de vibração	1	Não ocorre a vibração de grelha	T1- Técnica preventiva condicionada	Remoção de escória de cima da grelha (manualmente), ensaio de vibração	
			2	Muitas insetas na biomassa	T1- Técnica preventiva condicionada	Controle visual diário de biomassa, recolha de amostras de biomassa com análise de insetas, controle do ciclo térmico por megawatts emitido.	
	C	Obstrução das saídas de ar primário	1	Acumulação das cinzas e dos resíduos na saída de ar primário	T1- Técnica preventiva condicionada	Fazer limpeza manual da grelha, verificação dos atuadores pneumáticos das entradas de ar primário na grelha, desobstrução das orifícios de entrada de ar primário na grelha.	
			2	Falta de injeção de ar primário para provocar a combustão da caldeira	T1- Técnica preventiva condicionada	Fazer a limpeza manual da grelha, verificação dos atuadores pneumáticos das entradas de ar primário na grelha, desobstrução das orifícios de entrada de ar primário na grelha.	
	2	A	Não ocorre vibração de grelha	1	Sistema de ligação mecânica com folgas (bracos e cavilhas com folgas)	T4 - Técnica corretiva	Substituição do sistema de ligação mecânica, substituição dos bracos e cavilhas
				2	Falha no DCS ao nível elétrico	T1- Técnica preventiva condicionada	Verificar o circuito elétrico através de estação de engenharia, substituição do relé de atuação, caso necessário.
				3	Falha no DCS ao nível de programação	T1- Técnica preventiva condicionada	Verificar o estado de carta de saída, verificar se não há desprogramação da carta de saída.
	3	A	Obstrução das saídas de ar primário, no sistema de vibração de grelha	Perigos ou falha no ventilador primário	T1- Técnica preventiva condicionada	Verificar alimentação elétrica, verificar o variador de velocidade, verificar o motor do ventilador, verificar o estado do rotor do ventilador	
B		Falta de injeção de ar primário para provocar a combustão na caldeira	Falha no atuadores pneumáticos na entrada de ar primário	T1- Técnica preventiva condicionada	Verificação dos atuadores, verificar se há ar comprimido de regulação		
4	A	Temperatura média de BDPC não é atingida	1	Grande humidade da biomassa	T1- Técnica preventiva condicionada	Controle de taxa de humidade da biomassa diariamente, recolha de amostras e análise da biomassa em laboratório	
			2	Má qualidade da biomassa	T1- Técnica preventiva condicionada	Recolha das amostras de biomassa e análises da biomassa em laboratório.	

Tabela 3- Tipos e tarefas de manutenção

Esta tabela serve para informar os funcionários o tipo de manutenção que é aplicada a um modo de falha que foi registada e serve também para ver quais são as tarefas de manutenção a aplicar aquele modo de falha.

Quanto aos tipos de manutenção aplicados neste método e de acordo com este equipamento, estes tipos de manutenção foram obtidos através do diagrama de RCM (manutenção centrada na fiabilidade) que está presente no livro *Reliability-centred Maintenance* de John Moubray e com a aplicação direta desse diagrama obtemos aqueles três tipos de manutenção que estão presentes na tabela.

Os tipos de manutenção presentes nestas tabelas são:

- **Manutenção preventiva sistemática** quando a oportunidade da intervenção é determinada cegamente a partir de intervalos pré-definidos de tempo de calendário ou outra unidade conveniente (horas, quilómetros, ciclos, etc.).
- **Manutenção preventiva condicionada** quando a oportunidade da intervenção é determinada a partir de sintomas apreendidos em inspeção ou controlo de funcionamento antes de ter ocorrido perda de função.
- **Manutenção corretiva** é um tipo de manutenção não programável com antecipação, que é realizada na sequência de uma avaria ou perda de função.

Descrição das tarefas de manutenção para modos de falha

Função	Falhas funcionais	Modos de falha	Descrição das tarefas de manutenção para os modos de falha
1	A	1	O tipo de manutenção é <u>manutenção preventiva sistemática (substituição)</u> , onde devemos fazer a verificação de folgas através de medições ou então pelo contacto visual da grelha, também temos de fazer a lubrificação das chumaceiras e rótulas, e por fim e caso necessário a substituição do sistema de ligação mecânico, mais propriamente os braços e as cavilhas.
		2	O tipo de manutenção aplicado é <u>sistemática preventiva</u> , quanto há sua substituição é baseada no número de horas de funcionamento (de acordo com o histórico) dos rolamentos, chumaceiras e outros componentes dos motores elétricos.
		3	Temos a <u>manutenção preventiva condicionada</u> , neste caso temos de partir para verificação do acionamento, verificar os componentes mecânicos da grelha e verificar a estrutura da grelha, se alguns destes elementos apresentar alguma anomalia vamos para a substituição dos componentes.
		4	Aplica se uma <u>manutenção preventiva condicionada</u> , então para solucionar aplica-se um método de verificação do estado do cabo de alimentação através de um megâmetro e verifica se a gaveta elétrica da alimentação, depois das verificações caso se encontre algum problema nesta zona é necessário solucioná-lo.

Função	Falhas funcionais	Modos de falha	Descrição das tarefas de manutenção para modo de falha
1	B	1	A <u>manutenção a realizar é preventiva condicionada</u> onde devemos remover a escória de cima da grelha (manualmente, ou seja, através dos homens da central) e efetuar regularmente ensaios de vibração de forma a perceber se a grelha está ou não a vibrar de forma correta.
		2	Aplica-se a <u>manutenção preventiva condicionada</u> , onde deve ser efetuado o controlo visual diário da biomassa, fazer recolha de amostras de biomassa para realizar análises de forma a perceber se a biomassa tem qualidade, a forma como deve ser controlado é através do rácio kilo de biomassa por megawatt produzido, ou seja, só assim é que podemos ter uma noção se a biomassa tem qualidade e se é boa para a produção de energia ou não.

Função	Falhas funcionais	Modos de falha	Descrição das tarefas de manutenção para modo de falha
1	C	1	Para este caso utilizamos a <u>manutenção preventiva condicionada</u> , no qual devemos fazer a limpeza manual da grelha, fazer a verificação dos atuadores pneumáticos das entradas de ar primário da grelha e por fim fazer a desobstrução dos orifícios de entrada de ar primário da grelha.
		2	Ao qual se aplica a <u>manutenção preventiva condicionada</u> , à qual devemos fazer a limpeza manual da grelha, fazer a verificação dos atuadores pneumáticos das entradas de ar primário da grelha e por fim fazer a desobstrução dos orifícios de entrada de ar primário da grelha.

Função	Falhas funcionais	Modos de falha	Descrição das tarefas de manutenção para o modo de falha
2	A	1	Vamos aplicar um tipo de <u>manutenção corretiva</u> só há manutenção quando falha, ou seja, fazer a substituição do sistema de ligação mecânico, substituição dos braços e cavilhas.
		2	<u>Manutenção preventiva condicionada</u> e as tarefas de manutenção a aplicar são: verificar o estado dos atuadores.
		3	E aplicado um método de <u>manutenção preventiva condicionada</u> , onde o que devemos fazer é a verificação do estado da carta de saída, verificação se não há desprogramação da carta de saída, e caso necessário e se o programa não estiver a funcionar é necessário reinstalar o programa de modo a combater os erros que estavam a dar.

Função	Falhas funcionais	Modo de falha	Descrição das tarefas de manutenção para o modo de falha
3	A	1	Aplicar um plano de <u>manutenção preventiva condicionada</u> , as tarefas a realizar são: verificar se alimentação elétrica, verificar o variador de velocidade, verificar o estado do motor do ventilador, verificar o estado do rotor do ventilador
	B	1	Aplicar um plano de <u>manutenção preventiva condicionada</u> os pontos necessários fazer são verificação dos atuadores e verificar se há ar comprimido de regulação.

Função	Falhas funcionais	Modos de falha	Descrição das tarefas de manutenção para o modo de falha
4	A	1	Aplicar a <u>manutenção preventiva condicionada</u> , as tarefas definidas são: controlo da taxa de humidade da biomassa diariamente e recolha de amostras e análise da biomassa em laboratório, para analisar os parâmetros necessários de controlo da biomassa tais como: a taxa de humidade, o poder colorífico, a quantidade de inertes que está presente na biomassa entre outros.
		2	Aplicar a <u>manutenção preventiva condicionada</u> , as tarefas definidas são: recolha de amostras de biomassa e análises da biomassa em laboratório.

Conclusões

- O plano de manutenção que é utilizado vai sofrer alterações com a aplicação do método RCM (manutenção centrada na fiabilidade), pois no plano atual só há manutenção preventiva anual enquanto no novo plano além das inspeções visuais diárias de alguns equipamentos também vai ocorrer a inspeção da biomassa.
- No método RCM temos de apontar as falhas, modos de falha, efeitos de falha e nestes casos já ficamos preparados para se estas falhas descritas ocorrem o modo como devemos de agir.
- Mas para além da manutenção preventiva o método RCM prepara-nos e indica-nos as tarefas de manutenção para os modos falha que podem ocorrer e que foram descritas anteriormente.
- Através da análise da tabela 5 – “Tipos e tarefas de manutenção” conseguimos perceber que para cada falha, modo de falha e efeito da falha temos uma tarefa de manutenção associada.
- De acordo com a tarefa associada temos de aplicar o tipo de manutenção que foi obtido através do método RCM.
- A aplicação do método RCM ajuda-nos a obter um novo plano de manutenção que é possível ver na tabela 6 – plano de manutenção de acordo com o RCM.
- Com este novo plano podemos obter melhores soluções para o sistema de vibração de grelha, estar mais aptos se ocorrem as falhas apontadas, e tentar manter o equipamento sempre na melhor performance possível.

Trabalho realizado por: João Filipe Gonçalves da Costa

Assinatura: _____