



Relatório de Estágio

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica

Manutenção Industrial na Cistér – Indústria de Produtos Alimentares

Tiago André Madeira Rodrigues

Leiria, março de 2015



Relatório de Estágio

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica

Manutenção Industrial na Cistér – Indústria de Produtos Alimentares

Tiago André Madeira Rodrigues

Relatório de estágio de Mestrado realizado sob a orientação do Doutor Luís Neves,
Professor Coordenador da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto
Politécnico de Leiria.

Leiria, Março de 2015

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos os elementos que de certa forma foram fulcrais à elaboração do presente estágio que resultou na redação do presente relatório.

Em primeira instância queria agradecer aos elementos administrativos da empresa, Cistér-Indústria de produtos alimentares, pela disponibilidade de agregar a fase final da minha formação com a experiência em ambiente real de trabalho.

Gostaria de agradecer ao meu tutor/orientador na empresa o Engenheiro João Dionísio, pelo apoio e conselhos dados durante o meu período de estágio, e por todos os trabalhos relacionados com minha formação, que me foi propondo, gostaria também de agradecer ao Doutor Luís Neves pelo apoio prestado durante o estágio.

Na Cistér, existe uma equipa, que ao longo do período de trabalho me prestou auxílio e conselhos, de modo a que o meu crescimento como técnico fosse exponencial. Tenho a agradecer ao Sr. Carlos Mota por todos os conselhos e explicações sobre o modo de funcionamento dos equipamentos, e a constante confiança depositada nas minhas funções, a sua principal característica foi a utilização das palavras certas no momento certo, o que elevava a confiança e capacidade de trabalho. Tenho também que enunciar o técnico Hélio Silva, que foi meu parceiro durante este estágio, com o qual, apreendi muitas questões práticas, sendo que existia sempre uma troca de experiências e conhecimentos entre nós. Por fim temos o Sr. Hugo, o Sr. Júlio e o Sr. Sérgio, que me ajudaram na vertente prática explicando a operacionalidade de alguns equipamentos e meios, de modo a executar certos trabalhos.

Por fim queria destacar a minha namorada e toda a minha família que me apoiaram neste percurso e sem eles, eu não estaria hoje a redigir o presente trabalho.

A todos, os meus mais sinceros agradecimentos.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Resumo

O principal objetivo do relatório abaixo redigido é a enumeração das atividades realizadas na Cistér durante o período de estágio.

As principais atividades passaram pela manutenção industrial, supervisão de um cogrador e pela elaboração de projetos de melhoramentos.

Em relação à manutenção industrial, as funções desempenhadas baseiam-se na resolução de avarias de modo a garantir o maior número de horas de funcionamento dos equipamentos. Além das funções já descritas existiu também a vertente de melhoramentos a nível de automação e instrumentação e a substituição de cablagem que apresentava alguns defeitos.

Em relação ao segundo tópico, a supervisão da cogeração caracterizou-se pelo controlo de variáveis mecânicas e elétricas de modo a garantir a maior produtividade do equipamento. Foram também inseridas nas funções do estagiário, o acompanhamento dos técnicos que detêm o contrato de manutenção do motor de modo a garantir o apoio aos mesmos.

Por último, em relação aos projetos de melhoramento foram elaboradas algumas soluções de modo a aumentar a eficiência de equipamentos em funcionamento na empresa Cistér. No decorrer do estágio foram perceptíveis algumas fragilidades inerentes à manutenção industrial. A principal lacuna é a falta de manutenção preventiva, quer na vertente sistemática como na condicionada. Os planos de trabalho apenas são definidos em caso de avaria assumindo uma topologia que representará maiores perdas para a empresa. A introdução de vistorias e a criação de uma base de dados em relação aos equipamentos seria uma mais-valia, pois originava um maior conhecimento da regularidade de falhas ou baixa de rendimentos e fiabilidade dos equipamentos. A cogeração apresenta-se como um sistema bem dimensionado, e são tecidas algumas considerações a nível da remuneração económica enumerando os principais fatores que afetam a fatura ao final de cada mês.

Palavras-chave: Manutenção Industrial, Projetos, Cogeração.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Abstract

The main objective of this report is to list the activities developed during the Cistér internship period.

The main activities were industrial maintenance, co-generation supervision and designing small improvements.

In relation to industrial handling, the duties performed are based on the resolution of faults to ensure the greatest number of hours in service. Addition to the functions already existed also shed improvements at the level of automation and instrumentation and the replacement of wiring that had some defects. The second topic, the supervision of cogeneration was characterized by the control of mechanical and electrical variables to ensure the highest productivity of the, including the monitoring of the maintenance contract crew to the engine, ensuring support for them. Finally, several small improvement projects have been prepared to increase the efficiency of the equipment operating at Cistér facility. During the internship, the trainee also had the opportunity to. Perceive some weaknesses inherent to the industrial maintenance process, pointing out some improvement options. The main shortcoming is the lack of preventive maintenance, or the systematic aspect as the subject. The work plans are defined only in case of failure assuming a topology that represent major losses for the company. The introduction of inspections and the creation of a database for equipment would be an asset, as originated a better understanding of failure regular or low yields and reliability of equipment. Cogeneration is presented as a well-scaled system, and some light is shed on the economic remuneration lists the major factors affecting the invoice at the end of each month. The design of new solutions is demonstrated as a positive element to the production because it adds greater productivity to processes.

Key-Words: Industrial Maintenance, Projects, Cogeneration

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Índice de Figuras

Figura 1 – Curva Taxa de Avarias [3].....	6
Figura 2 - Curva Custos dos Totais [4]	16
Figura 3 - Fiabilidade em Função do tempo[4].....	17
Figura 4 – Reposição do Nível de Fiabilidade com Ações de Manutenção Preventiva [4].....	17
Figura 5 – Espaço Temporal entre Ações de Manutenção [4]	18
Figura 6 – Esquema Genérico de uma Cogeração[6].....	21
Figura 7 – Motor MWM [7].....	23
Figura 8 – Modelo de Controlo [7]	24
Figura 9 – Energia Ativa Produzida.....	34
Figura 10 - Oscilação da Potência.....	36
Figura 11 - Diagrama do Processo	37
Figura 12 – Esquema de Interligação	38
Figura 13 – Curva de Potência com Controlo	40
Figura 14 – Curva de Potência Estabilizada.....	41
Figura 15- Potenciómetro Digital.....	42
Figura 16- Equação linear do Temporizador.....	43
Figura 17 – Bloco Scale	44
Figura 18 – Conversor em Varáveis Temporais.....	44
Figura 19 – Temporizador de Controlo de Disparo da EV1	45
Figura 20 – Fluxograma Rotuladora B.....	46
Figura 21 – Fluxograma Controlo e Rejeição de Recipientes.....	49
Figura 22 – DX70 [18].....	51
Figura 23 – Esquema de Ligação DX70-Gateway.....	52
Figura 24 – ESM-3700 [19]	52

Figura 25 – Esquema Geral de Interligação de Quadros..... 57

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Valores Fixados pelo Ministério da Economia [8].....	26
Tabela 2 – Parcelas Variáveis do Mês de julho de 2013.....	27
Tabela 3 – Remuneração do Mês de julho de 2013	29
Tabela 4 – Parcelas Variáveis Referentes ao Mês de dezembro de 2013	29
Tabela 5 - Remuneração do Mês de dezembro de 2013	31
Tabela 6 – Principais Parâmetros Validados no Controlador	39
Tabela 7 – Parâmetros do Controlador de Processo.....	53
Tabela 8 – Características Elétricas e Calculo de Potências/Correntes	55

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de Siglas

DI- Entrada Digital (*Digital Input*)

DO-Saída Digital (*Digital Output*)

MTBF- Tempo Médio Entre Avarias (*Mean Time between Failures*)

MTTR – Tempo Médio de Reparação (*Mean Time to Repair*)

MWT – Tempo Médio de Espera (*Mean Waiting Time*)

PID- Controlo Proporcional, Integral e Derivativo

PLC- Programmable logic controller

RTD- Termorresistência

RTIEBT- Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão

TEM- *Total Electronic Management*

SEP – Sistema Elétrico de Serviço Público

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Índice

1	INTRODUÇÃO	1
2	MANUTENÇÃO	3
2.1.	DEFINIÇÃO DE CONCEITOS	4
2.1.1.	<i>Manutenção.....</i>	4
2.1.2.	<i>Avaria.....</i>	4
2.1.3.	<i>Indicadores.....</i>	5
2.2.	PONTO DE SITUAÇÃO DA MANUTENÇÃO	7
2.2.1.	<i>Indicadores Linha 1</i>	9
2.2.2.	<i>Indicadores Linha 2</i>	11
2.2.3.	<i>Indicadores Processos Auxiliares</i>	13
2.3.	CONCLUSÕES E MEDIDAS	14
2.3.1.	<i>Funções da Equipa de Manutenção.....</i>	15
2.3.2.	<i>Formação dos colaboradores</i>	20
3	SUPERVISÃO DA COGERAÇÃO	21
3.1.	DESCRIÇÃO DAS INSTALAÇÕES	21
3.2.	SUPERVISÃO	25
3.2.1.	<i>Estudo Económico.....</i>	25
3.2.2.	<i>Técnico Responsável.....</i>	32
4	PROJETOS ELETROTÉCNICOS - ENERGIA E AUTOMAÇÃO	35
4.1.	AUTOMAÇÃO	35
4.1.1.	<i>Controlo de Temperatura no Interior da Cogeração.....</i>	35
4.1.2.	<i>Upgrade Rotuladora da Linha B.....</i>	41
4.1.3.	<i>Melhoramento do Controlo e Rejeição do RX.....</i>	47
4.1.4.	<i>Estudo e Implementação de um Sistema WI-FI para Monitorização de Sinais de Estados 50</i>	
4.2.	ENERGIA.....	54
4.2.1.	<i>Central de Bombagem para Arrefecimento de Águas.....</i>	54
4.2.2.	<i>Torres de Ventilação</i>	61
	CONCLUSÃO	63
	BIBLIOGRAFIA.....	65

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

1 Introdução

O presente relatório surge no âmbito da disciplina de estágio curricular, do mestrado de engenharia eletrotécnica, tendo sido desenvolvido na empresa Cistér - Indústria de Produtos Alimentares.

A Cistér é uma empresa transformadora, operando na produção de leguminosas em conserva, situada no parque industrial do Casal da Areia, tendo sido fundada em 1999. O processo produtivo encontra-se faseado, dividido por setores. O primeiro setor é o da escolha do produto seco. No segundo setor procede-se á hidratação. A seguir ocorre o embalamento que posteriormente passa para a esterilização. O último setor que caracteriza o processo é a rotulagem.

Todo o processo de transformação é baseado em equipamentos mecânicos automatizados. Esta dependência de sistemas autónomos tem a função de aumentar a produtividade da empresa, pois através dos mesmos é possível produzir mais embalagem de uma forma contínua não estando dependente diretamente de mão-de-obra humana.

Nos primeiros tempos do desenvolvimento da indústria a área da manutenção era compreendida como um bem dispensável, não existindo a preocupação de envolver no processo produtivo técnicos de manutenção. Com o evoluir dos tempos a competitividade entre empresas tornou-se maior surgindo a necessidade de tornar os processos mais fiáveis, com o objetivo de obter uma maior produtividade para as empresas [1].

A manutenção industrial encerra em si métodos e técnicas que permitem executar ações corretivas ou preventivas em equipamentos. As ações a executar podem assim resultar na resolução de uma avaria ou mesmo na capacidade de as evitar. A função da manutenção é então a de garantir sempre o funcionamento dos equipamentos. Como princípios apresenta a procura pela resolução de avarias, a exigência de encontrar novas soluções para problemas persistentes e por fim a otimização do uso de equipamentos adequando as suas funções á empresa em questão.

O trabalho de estágio incidiu maioritariamente em manutenção industrial onde foram exercidas ações de melhoramento tais como, a substituição de instrumentação, de cablagem e de aparelhagem de comando e proteção. Foram também executados vários projetos

eletrotécnicos que permitiram o melhoramento dos processos, através da implementação de novas metodologias de automação, instrumentação e sistemas de distribuição de energia. Por fim, outra função inserida no estágio foi a supervisão de um grupo de cogeração.

O relatório está dividido em três partes. Após esta introdução, no segundo capítulo serão abordados os aspetos afetos à manutenção industrial. Inicialmente apresentam-se algumas definições de vocabulário e indicadores usados no âmbito da manutenção industrial. Posteriormente enuncia-se o ponto de situação da manutenção, através do cálculo de alguns indicadores que caracterizam o número de falhas ocorridas por linha de processo. Finalizando o capítulo surgem algumas conclusões e medidas a adotar de modo a minimizar falhas existentes no processo de reconhecimento de avarias e a sua consequente previsão, bem como a demonstração com recuso a dados genéricos as vantagens inerentes a algumas medidas a implementar.

O terceiro capítulo retrata a supervisão do cogrador. Inicialmente será enumerada uma breve introdução ao conceito de cogrador, dando a conhecer pormenores genéricos e típicos de uma instalação de produção de energia elétrica e térmica. Seguidamente é apresentado um estudo económico que visa a compreensão das variáveis que alteram o valor mensal remunerado, sendo os principais fatores os económicos e as falhas/paragens do sistema. Por fim são descritas as funções de um técnico responsável pela instalação, nomeadamente o controlo de parâmetros.

No quarto capítulo do relatório são apresentados vários projetos eletrotécnicos executados durante o período de estágio. Alguns dos projetos correspondem a melhoramentos, procurando eliminar pequenas falhas. Os restantes projetos são alterações estruturais de modo a incluir novos equipamentos.

Finalmente o relatório termina com um capítulo de conclusões onde se descreve a aprendizagem proporcionada por este estágio e se formulam alguns pontos de trabalho futuro a realizar pela empresa.

2 Manutenção

No presente capítulo enquadra-se uma das principais funções desempenhadas, a manutenção. O principal objetivo de um técnico de manutenção é garantir que os tempos de paragem em produção sejam os mais curtos possíveis. Adicionalmente executa-se a procura constante de melhoria dos processos adotando um espírito crítico que permita determinar processos, que poderão beneficiar de uma melhoria, procedendo depois às diligências necessárias.

A manutenção representa no setor industrial um grande peso, e hoje em dia encontra-se regulada, de modo a criar uma linguagem comum tanto a nível teórico como prático. Algumas das normas que regem o sector são:

- EN 13306;
- EN 13460;
- EN 13209;
- EN 15341.

A primeira norma apresenta a definição de terminologias. A segunda relata as documentações afetas à manutenção. A terceira norma aborda os contratos de manutenção. A última define os indicadores que permitem perceber a evolução da manutenção na sua envolvimento.

No tópico 2.1 e 2.2 serão abordadas algumas questões essenciais de modo a fundamentar o que é a manutenção e o porquê da sua existência e classificação. Serão também retratadas as principais funções desempenhadas.

2.1. Definição de Conceitos

2.1.1. Manutenção

A manutenção consiste na realização de ações de gestão, com base em análises técnicas e económicas aplicadas a um dado bem, de modo a prolongar o seu ciclo de vida. Por outras palavras, a manutenção traduz-se na realização de sequências de procedimentos destinados a garantir o funcionamento eficiente de um aglomerado de equipamentos, procurando evitar avarias, ou minimizar o tempo de paragem, caso ocorram [2].

A manutenção pode ser dividida em:

- Manutenção Corretiva - aplica-se na sequência de uma avaria que inviabiliza o funcionamento de um dado bem;

- Manutenção Preventiva - tem por objetivo elaborar uma intervenção em intervalos de tempo pré-determinados ou de acordo com critérios prescritos, com o intuito de evitar avarias futuras a manutenção preventiva engloba a manutenção sistemática e condicionada, mencionadas nos tópicos seguintes;

- Manutenção Sistemática – caracteriza-se por ser uma manutenção de natureza cíclica estabelecida em função do número de unidades de utilização, por exemplo em função do cumprimento de um determinado número de utilização, de horas de funcionamento ou de outra unidade de utilização como o número de km no caso dos motores de veículos;

- Manutenção condicionada – sendo um tipo de manutenção preventiva, aplica-se quando se evidência num dado bem um defeito eminente ou quando existe a aproximação de um patamar de degradação pré-determinado.

2.1.2. Avaria

Segundo a definição presente em [2], avaria apresenta-se como uma ocorrência que determina a degradação ou a cessão da aptidão de um dado bem impedindo-o assim de desempenhar as suas funções. Este conceito apresenta-se como bastante relevante pois, as consequências que acarretam podem ser bastante graves sob o ponto de vista económico ou mesmo humano. A nível económico passará pela cessão de uma atividade como por exemplo, a cessão de funções

de uma máquina crucial ao processo, havendo a não existência de produção e, conseqüentemente, perdas económicas, assim como à possibilidade de risco de acidentes de trabalho.

2.1.3. Indicadores

Uma das tarefas para as ações de manutenção preventiva é a determinação de alguns indicadores chave. Os indicadores transformam acontecimentos em números, que se podem analisar e comparar, retirando-se dos mesmos percepções que permitem atuar de forma a melhorar a manutenção exercida.

Um dos indicadores mais importantes e que permite inferir o número de acontecimentos (avarias) é designado por Taxa de Avarias.

A taxa de avarias corresponde ao valor médio de avarias num dado período, sendo determinada pela seguinte fórmula.

$$\lambda_c = \frac{\sum N_{av}}{N} \times 365 \text{ (avarias/ano)} \quad (1)$$

- λ_c → Taxa de Avarias
- N_{av} → Número de Avarias no Período
- N → Número de Dias no Período

Perante este valor é possível criar um histórico que permita uma análise comparativa com diferentes períodos, o que permitirá entender a evolução do número de avarias e verificar se a manutenção aplicada está a produzir resultados positivos, entenda-se por positivos a diminuição das avarias num dado período.

Tipicamente a curva da taxa de avarias caracteriza-se da seguinte forma. Inicialmente as avarias atingem um ponto de estabilização (I). Isto sucede devido ao facto de inicialmente as

máquinas necessitarem de afinações. Posteriormente as avarias estabilizam durante um dado período (II). Depois as avarias voltam a aumentar devido ao desgaste dos equipamentos (III). Este processo está representado na Figura 1.

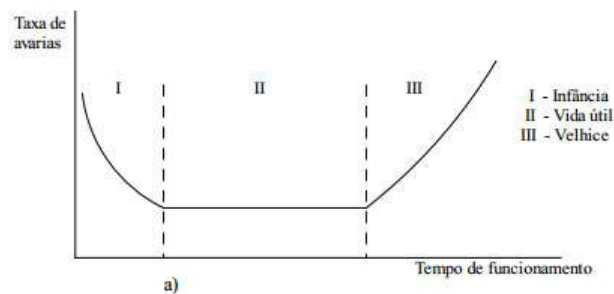


Figura 1 – Curva Taxa de Avarias [3]

Outro indicador que se pode analisar é o MTBF. Este representa o tempo médio que decorre entre avarias, ou seja, tempo médio de bom funcionamento de um dado bem. Estando perante um ciclo de vida de um bem a MTBF está inversamente relacionada com a taxa de avarias, como retrata a equação 2.

$$MTBF = \sum \frac{TF_i}{N_{av}} \approx \frac{1}{\lambda_c} \quad (2)$$

➤ $TF_i \rightarrow$ Tempo de funcionamento

O indicador MTTR representa o tempo médio de reparação de uma dada avaria, estando a sua fórmula de cálculo representada na equação 3.

$$MTTR = \sum \frac{TR_i}{N_{av}} \quad (3)$$

- $TR_i \rightarrow$ tempos de reparação no período;
- $N_{av} \rightarrow$ número de avarias no período.

MWT é o indicador que retrata o tempo médio de espera, aqui é formalizada em termos temporais a capacidade de reação a uma avaria. Na equação 4 apresenta-se a formulação matemática.

$$MWT = \sum \frac{TE_i}{N_{av}} \quad (4)$$

Por fim temos a disponibilidade de um dado equipamento. A disponibilidade depende dos indicadores anteriormente proferidos, sendo formulada da seguinte forma.

$$Disponibilidade = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MWT} \quad (5)$$

De uma forma geral, para se aumentar a disponibilidade de um dado equipamento devemos aumentar o MTBF e diminuir os restantes indicadores de modo a obter uma maior produtividade/aproveitamento de um dado equipamento [2]. De notar que existem outros indicadores habitualmente usados. Contudo, para este estudo foi decidido não introduzir mais elementos tendo em vista a não ultrapassagem de um limite de complexidade adequado.

A utilização de indicadores permite inferir se um dado método de aplicação da manutenção está a produzir efeitos positivos, pois só perante indicadores/valores que retratem estatisticamente as operações se poderão avaliar as operações efetuadas.

2.2. Ponto de Situação da Manutenção

A manutenção apresenta-se como a uma das mais importantes funções a desempenhar numa indústria. É a garantia de que a produção não será prejudicada por uma avaria, sendo esta a ideia chave presente nas funções de um técnico de manutenção.

No caso concreto da empresa onde o estágio foi realizado, não existia até ao período de realização o estágio, nenhuma função contemplada para a gestão da manutenção. De facto, muitos dos técnicos não registam as suas intervenções o que inviabiliza qualquer controlo. Após início deste estágio tentou-se implementar uma folha de registo simplificado, de modo a ser possível de uma forma rápida (evitando relatórios de atividade) o registo de avarias. O

elemento criado estimulou o registo dos acontecimentos, embora ainda não seja assíduo o seu preenchimento.

Durante o período de estágio registaram-se algumas avarias, contando-se o tempo de paragem e a data do acontecimento.

Com a criação de um histórico de avarias será possível interpretar como está a evoluir a manutenção, e questionar se os métodos usados estão a melhorar ou a piorar o funcionamento em produção. A análise dos indicadores descritos em 2.1.3 será retratada abaixo de forma a perceber se as ações desenvolvidas durante o período de estágio estariam a proporcionar bons resultados.

O ponto de partida para a análise e formulação dos indicadores foi a seguinte:

- Horas de turno diárias - 8 horas;
- Total dias de trabalho – 252 dias;
- Total horas de trabalho num ano – 2016 horas;
- Data do período – 20 de Setembro a 20 de Janeiro.
- Número dias do período – 88 dias
- Total de horas do período – 704 horas;

A produção encontra-se dividida por linhas. Cada linha apresenta na sua génese um conjunto de equipamentos que, independentemente de estarem operacionais, podem originar o bloqueio de uma linha em caso de falha, impossibilitando a saída de produto.

Existem também processos comuns, que funcionam para todas as linhas. A análise dos dados será feita à parte das linhas, procurando inferir quais os pontos onde existem mais falhas.

Por fim, com base nos dados obtidos serão enunciadas algumas considerações acerca dos resultados e como seria possível obter melhorias.

De forma a seguir a lógica da distribuição de linhas, a primeira análise será efetuada para a linha 1 presente no tópico 2.2.1. Posteriormente será a linha 2 que se encontra no ponto 2.2.2 e por fim os processos auxiliares serão retratados no ponto 2.2.3.

2.2.1. Indicadores Linha 1

A linha 1 caracteriza-se por efetuar a produção de leguminosas em lata.

Na sua génese contempla quinze máquinas que são incontornáveis ao processo, mas na presente análise contemplam-se todas as avarias quer as referentes a estas máquinas, como em transportadores e máquinas auxiliares que prejudicam o processo produtivo.

De forma a seguir a ordem criada no tópico acima mencionado o primeiro indicador a considerar será a taxa de avarias. Este indicador traduz o número de avarias por hora. Ao longo do período foram detetadas 23 avarias das quais contemplam um tempo de paragem total de 26,92 horas. O número de horas de funcionamento do equipamento foi de 677,08 horas. Em seguida, na equação 6 será descrita a taxa de avarias.

$$\lambda_c = \frac{\sum N_{av}}{N} \times (2016) = \frac{23}{677,08} \times 2016 \Leftrightarrow \quad (6)$$

$$\lambda_c = 68,5 \approx 69 \text{ avarias/ano}$$

A taxa de avaria indica que, por ano existem aproximadamente 69 avarias por ano. Por si só este indicador não permite retirar mais informação, sendo pertinente o registo histórico de modo a confrontar valores. Porém, analisando os restantes indicadores poder-se-á elaborar mais algumas considerações.

Em seguida, o indicador a explorar será o MTBF, para o cálculo serão necessários dois dados, o tempo de funcionamento e o número de avarias, sendo este último já conhecido. Na equação 7 apresenta-se a formulação matemática.

$$MTBF = \sum \frac{TF_i}{N_{av}} = \frac{677,08}{23} = 29,44h \quad (7)$$

A equação traduz assim que, entre duas avarias consecutivas existe um período de bom funcionamento de aproximadamente 29 horas.

Ao nível dos tempos de reparação existem duas formulações. A primeira caracteriza o tempo necessário para colocar um dado equipamento em funcionamento quando se verifica uma avaria. O segundo representa o tempo necessário para reparar a avaria por completo, colocando assim o equipamento em segurança e no seu estado de funcionamento típico.

Em primeiro lugar, será apresentado o tempo de reparação para colocar em funcionamento no menor tempo possível um equipamento. O cálculo encontra-se na equação 8 para a formulação será necessário o tempo de reparação/paragem já mencionado e o número de avarias no período.

$$MTTR = \sum \frac{TR_i}{N_{av}} = \frac{26,92}{23} = 1,17h \quad (8)$$

Na equação 9, encontra-se o tempo necessário perante uma avaria para restabelecer o correto funcionamento de um dado equipamento.

$$MTTR = \sum \frac{TR_i}{N_{av}} = \frac{34,84}{23} = 1,51 h \quad (9)$$

Estes dois indicadores mostram o tempo necessário para resolver parcialmente ou por completo uma avaria.

Na equação 9, apresenta-se o tempo necessário em produção para completar o comissionamento de uma avaria, restabelecendo por completo a operacionalidade do equipamento. Estes dois valores indicam que, para colocar em funcionamento um equipamento com vista a permitir a continuidade da produção, a equipa de manutenção realiza uma intervenção superficial e assertiva. Porém só abandona a intervenção quando esta se encontrar em conformidade, de modo a manter a perfeita operacionalidade do equipamento e os níveis adequados de segurança do mesmo.

Em relação ao indicador MWT, este revela-se pouco útil, logo não será considerado na análise. O sistema implementado pela gestão da manutenção contempla sempre, pelo menos

um técnico junto das operações e nesse sentido, a avaria é tratada desde o instante em que se revela.

Por fim temos o indicador de disponibilidade. Este sim pode dar uma ideia geral sobre o funcionamento da presente linha, caracterizando a sua operacionalidade em termos percentuais tal como descrito na equação 10.

$$Disponibilidade = \frac{29,44}{29,44 + 1,17 + 0} = 0,96 \quad (10)$$

Como se verifica, a disponibilidade apresenta valores quase perfeitos, embora apenas sejam contabilizadas neste processo avarias, excluindo afinações e outros eventos não registados, impedindo assim inferir com maior precisão os indicadores afetos a esta linha de produção.

2.2.2. Indicadores Linha 2

A linha 2 caracteriza-se por efetuar a produção de leguminosas em frascos de vidro, sendo esta considerada a principal linha de laboração.

A presente linha contempla doze máquinas que são incontornáveis ao processo, mas também transportadores e máquinas auxiliares que afetam o processo produtivo caso exista alguma anomalia.

Ao longo do período foram detetadas 22 avarias as quais contemplam um tempo de paragem total de 16,06 horas. O tempo de funcionamento do equipamento foi de 687,92 horas. Em seguida, na equação 11 será descrita a taxa de avarias.

$$\lambda_c = \frac{\Sigma N_{av}}{N} \times (2016) = \frac{22}{687,92} \times 2016 \Leftrightarrow \quad (11)$$

$$\lambda_c = 64,5 \approx 65 \text{ avarias/ano}$$

A taxa de avaria enuncia que, por cada ano existem aproximadamente 65 avarias, mais uma vez sem um histórico este indicador traduz pouca informação, porém analisando os restantes indicadores poder-se-á elaborar mais algumas considerações.

Relativamente ao MTBF, no caso desta linha o valor é de:

$$MTBF = \sum \frac{TF_i}{N_{av}} = \frac{687,92}{22} = 31,27h \quad (12)$$

A equação traduz assim que, entre duas avarias consecutivas existe um período de bom funcionamento de aproximadamente 31 horas.

O tempo de reparação para colocar em funcionamento no menor tempo possível um equipamento é determinado na equação 13, com base no tempo de reparação/paragem já mencionado e no número de avarias no período.

$$MTTR = \sum \frac{TR_i}{N_{av}} = \frac{16,08}{22} = 0,73h \quad (13)$$

Na equação 14 encontra-se o tempo necessário perante uma avaria para restabelecer o correto funcionamento de um dado equipamento.

$$MTTR = \sum \frac{TR_i}{N_{av}} = \frac{16,5}{22} = 0,75 h \quad (14)$$

Em relação ao indicador MWT este revela-se, mais uma vez, pouco útil, logo será considerado nulo.

Em termos de disponibilidade da linha, o cálculo do indicador (equação 15) resultou em:

$$Disponibilidade = \frac{31,27}{31,27 + 0,73 + 0} = 0,98 \quad (15)$$

Em relação a esta linha a sua disponibilidade é quase total, no período considerado, dado que, as paragens são pouco expressivas, mas novamente apenas são contabilizadas neste processo avarias, excluindo afinações e outros sucedidos dos quais não existiu registo, logo não foi possível inferir com uma maior precisão os indicadores afetos a esta linha de produção.

2.2.3. Indicadores Processos Auxiliares

Por fim apresentam-se os processos auxiliares. Estes estão diretamente relacionados com as linhas, mas de modo a inferir o ponto crítico, isto é, onde existem mais falhas, torna-se imperativo a sua separação. Num futuro se a equipa de gestão da manutenção considerar pertinente elaborar estes indicadores, será possível atuar nos pontos mais críticos.

As avarias existentes ao nível dos processos auxiliares prejudicam toda a produção, como já enunciado. Isto é, durante o tempo que estes equipamentos estiverem fora de serviço também a produção, nomeadamente as linhas irão estar paradas, pois sem processos auxiliares, como o bombeamento de água a produção ficará sem o principal fluido de trabalho.

Seguindo a mesma sequência anterior o primeiro indicador calculado é a taxa de avarias, tendo como dados de entrada um número de 9 avarias e um tempo de paragem que ronda as 6,33 horas, na equação 16 encontra-se o cálculo.

$$\lambda_c = \frac{\sum N_{av}}{N} \times 2016 = \frac{9}{697,67} \times 2016 \Leftrightarrow \quad (16)$$

$$\lambda_c \approx 26 \text{ avarias/ano}$$

Relativamente ao MTBF os processos auxiliares apresentam um tempo médio entre avarias de:

$$MTBF = \sum \frac{TF_i}{N_{av}} = \frac{697,67}{9} = 77,52h \quad (17)$$

Relativamente ao tempo de reparação, o MTTR calculado na equação 18 foi de:

$$MTTR = \sum \frac{TR_i}{N_{av}} = \frac{6,33}{9} = 0,7h \quad (18)$$

Assim afirma-se que o tempo de reparação de uma avaria nos sistemas auxiliares ronda as 0,7 horas perante o período de amostra considerado.

Por fim, temos a disponibilidade que representa o principal indicador, que nos permite inferir se o sistema se encontra em bom estado e a manutenção aplicado ao mesmo está a surtir efeitos positivos.

$$Disponibilidade = \frac{77,52}{77,52 + 0,7 + 0} = 0,99 \quad (19)$$

Este sistema revela-se muito eficiente pois no período considerado a sua disponibilidade é aproximadamente de 100%, revelando encontrar-se em bom estado, devido a alterações recentes, encontrando-se por isso na zona estável da curva de taxa de avarias.

2.3. Conclusões e Medidas

Todos os equipamentos presentes na empresa Cistér foram sujeitos a uma remodelação feita aproximadamente há quatro anos, o que leva a concluir que as mesmas não se encontram com um elevado número de anos de trabalho.

Contudo, devido ao número de horas que estas já efetuaram e ao meio onde estão inseridas, não deixam de apresentar degradação a sua degradação acentuasse bastante. Ainda assim, os indicadores acima citados, não demonstram nenhuma degradação séria, mas existem inúmeras

paragens que não foram registadas, embora tenham sido elaboradas algumas considerações acerca dos métodos usados para aumentar o grau de eficiência dos equipamentos.

O indicador de disponibilidade abaixo dos 100% representa para a empresa um enorme custo, dado que, o processo de produção é em contínuo e o volume de produção por minuto é elevado, tornando assim o prejuízo decorrente da indisponibilidade algo significativo.

Com o evoluir do estágio aprofundou-se o conhecimento sobre o processo bem como os meios de atuação quer de operadores quer do corpo de manutenção.

Em seguida, nos pontos 2.3.1 e 2.3.2 serão tecidas algumas considerações.

2.3.1. Funções da Equipa de Manutenção

Ao longo do estágio foram detetadas algumas avarias que permitiram o cálculo de alguns indicadores sobre a qualidade da manutenção. Este registo deveria ser efetuado sempre já que, só deste modo as instâncias superiores de gestão da manutenção poderiam criar estatísticas, validando assim, as suas opções de trabalho e garantindo que as medidas tomadas surtem os efeitos esperados.

Outro ponto a melhorar corresponderia na implementação de uma manutenção preventiva sistemática e condicionada. Foi perceptível ao longo do estágio que o tipo de manutenção aplicada apenas tem sido a corretiva e de melhoramento.

A manutenção corretiva elaborada, apenas soluciona problemas imediatos mas não evita o seu agravamento com a degradação do equipamento podendo dar origem a uma redução na produtividade da empresa. Deste modo, para evitar tais acontecimentos, seria mais favorável a adoção dos tipos de manutenção descritos no parágrafo anterior.

A vertente de manutenção deve ser ponderada em função dos custos crescentes da manutenção corretiva e das perdas de produção, tal como demonstra a Figura 2 [4].

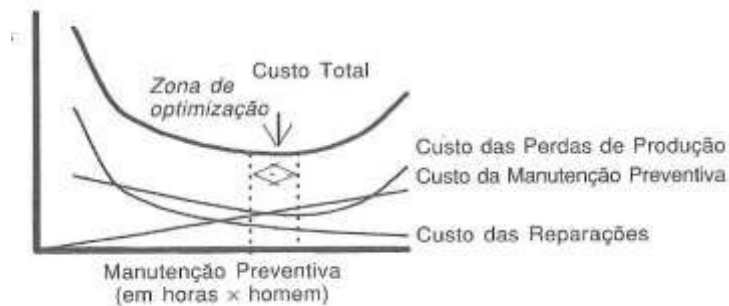


Figura 2 - Curva Custos dos Totais [4]

Na Figura 2 o custo total assemelha-se a uma parábola o que indica um ponto de inflexão. Neste ponto existe o cruzamento com a curva dos custos da manutenção preventiva, perda de produção e por fim com os custos das reparações criando assim a zona de ótima. Esta zona torna o custo global mínimo. O gráfico traduz também que, se não existir manutenção preventiva o custo com as reparações e o custo de perdas de produção tenderá a subir o que torna uma empresa insustentável. Estes são os motivos económicos para a introdução da manutenção preventiva (sistemática ou condicionada) [4].

Para ser possível a implementação destas estratégias de manutenção deverão ser adotados alguns métodos de trabalho de modo a identificar os pontos a intervir, limitando uma possível avaria ou a diminuição de produção devido a um mau funcionamento de um equipamento.

Em termos operacionais, os métodos a introduzir pela gestão da manutenção nas funções dos seus técnicos deverão passar pela criação de um plano de vistoria que envolva os seguintes tópicos:

- Inspeções visuais – aplicadas ao nível da manutenção preventiva condicionada e sistemática, permitem inferir pontos possíveis de avarias;
- Lubrificação – aplicada à manutenção preventiva sistemática, permitirá o bom funcionamento dos equipamentos móveis;
- Termografia – um complemento que permite inferir o estado de elementos móveis como caixas redutoras e motores.

A manutenção preventiva baseia-se na fiabilidade de um equipamento, que evolui ao longo do tempo de acordo com o representado na Figura 3.

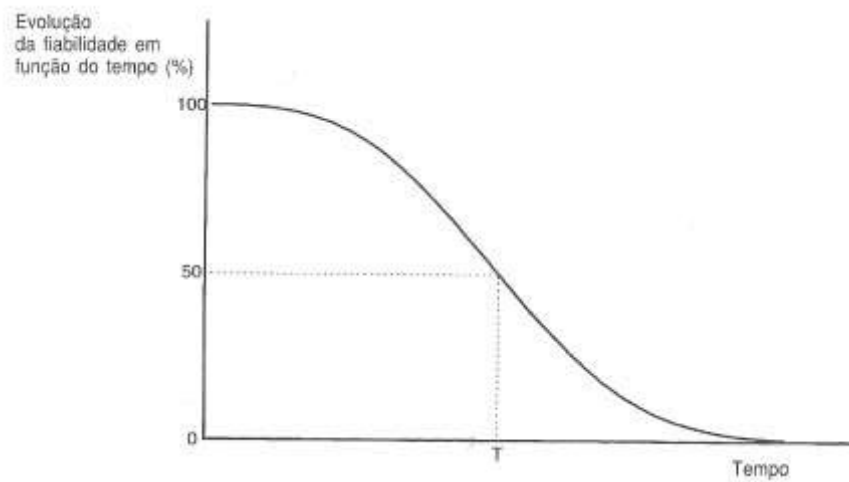


Figura 3 - Fiabilidade em Função do tempo[4]

Esta curva demonstra que com o avançar da idade a fiabilidade de um dado bem tem tendência para zero por cento de fiabilidade.

A manutenção preventiva procura fixar um valor máximo de ocorrência de avarias, isto é, um valor mínimo admissível para a sua fiabilidade.

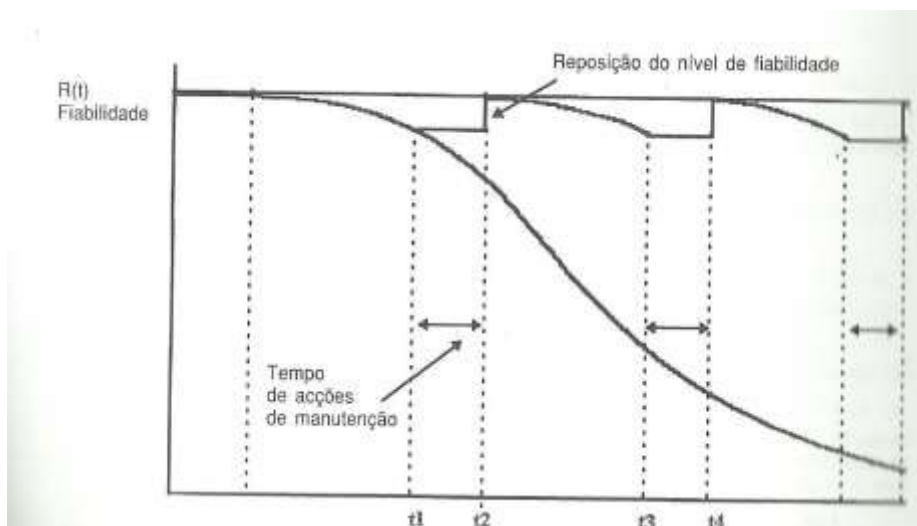


Figura 4 – Reposição do Nível de Fiabilidade com Ações de Manutenção Preventiva [4]

As intervenções técnicas programadas procuram assim repor a fiabilidade do equipamento que ciclicamente torna a regredir, como ilustrado na Figura 4.

Ao fim de algum tempo o equipamento deverá ser intervencionado por manutenção condicionada (caso seja eminente uma avaria) ou por manutenção preventiva, executando algumas trocas de equipamentos ou acondicionamento de modo a repor o nível de fiabilidade. Com estes métodos a probabilidade de ocorrência de paragem e diminuição de produtividade tende a ser nula, o que trará mais competitividade à empresa e segurança no trabalho [4].

O intervalo entre intervenções deve ser calculado com base no registo de avarias e no cruzamento com o nível mínimo de fiabilidade admitido para o equipamento, como ilustrado em seguida na Figura 5 [4].

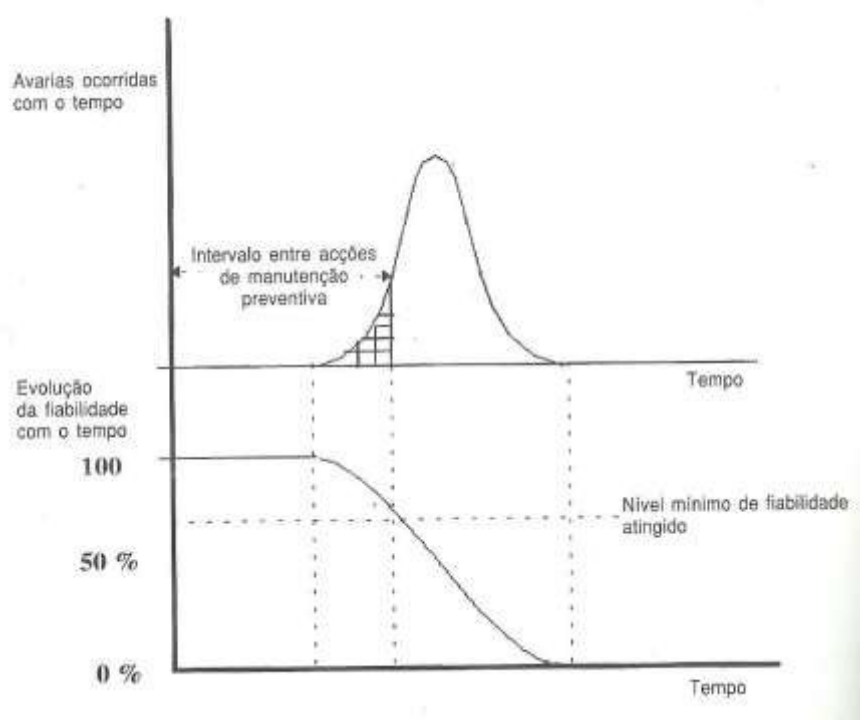


Figura 5 – Espaço Temporal entre Ações de Manutenção [4]

Desta forma, os tempos t_1 - t_2 referem-se à intervenção originada pela diminuição da fiabilidade, após esta ser reposta, a curva de avarias continua a ser elaborada partindo de zero

até atingir o patamar de cruzamento com a fiabilidade a partir da qual se considera a possibilidade de intervir, este tempo representa-se por t_3 e terá até t_4 para ser intervir, aumentando assim a fiabilidade.

A manutenção sistemática é particularmente necessária em, todas as máquinas da zona de produção que apresentam um desgaste acentuado definindo um número máximo de horas de funcionamento a partir das quais a máquina deveria ser intervir. Um dos aspetos mais importantes neste contexto, é a lubrificação de sistemas rotativos, já que a sua falta aumenta a probabilidade de problemas elétricos devido a disparos de aparelhagem de corte associados ao esforço.

Como é comum na indústria transformadora, também a Cistér é constituída por inúmeros elementos de força motriz, os quais são responsáveis por muitas paragens e prejuízos. Estes elementos carecem assim de uma inspeção visual regular de modo a encontrar anomalias nas caixas reductoras e motores. Em alguns motores críticos medir alguns parâmetros elétricos e regista-los de modo a inferir o seu estado em diferentes períodos, nomeadamente a corrente em funcionamento, a resistência de isolamento e também a resistência dos enrolamentos. Estas medidas levariam a uma deteção precoce de problemas, tais como o aumento da corrente de serviço devido a problemas mecânicos ou mesmo a deteção da degradação do isolamento dos enrolamentos.

Por último, um outro ponto de particular relevância são as bombas de recirculação dos autoclaves, que frequentemente entram em avaria durante um processo de esterilização levando a uma perda de produto e lucro. Nestes casos é particularmente relevante encarar a avaliação sistemática com períodos não muito espaçados no tempo de modo a evitar prejuízos, efetuando vistorias e medições de modo a perceber o estado interno dos enrolamentos, inferir a resistência de isolamento e as condições mecânicas. Caso o equipamento não apresente problemas acentuados e se existir a retirada de serviço, a sua reparação será de extrema simplicidade. Apenas seria necessário trocar rolamentos e empanques, e poderia ser reposta num outro autoclave, esta medida seria fulcral para eliminar perdas graves de produção e encargos com a rebobinagem do equipamento.

2.3.2. Formação dos colaboradores

A formação dos operários é também uma forma muito importante de minimizar ocorrências de avarias, dando a conhecer os equipamentos que utilizam de forma a ajudar a manter a integridade dos mesmos, e como consequência alertar as equipas de manutenção para qualquer anomalia de funcionamento, dado que acompanham o seu funcionamento durante inúmeras horas.

Assim, o operário deveria receber algumas indicações como manter os equipamentos e consequentemente como entender as anomalias que possam existir. Alguns pontos importantes a conhecer por parte do operador seriam:

- Elaborar afinações;
- Executar lubrificações;
- Limpeza.

No âmbito da formação interna poderiam ser introduzidas explicações sobre equipamentos ou métodos de operação que de certa forma ajudassem na resolução de problemas.

2.3.3. Conclusões finais

Numas primeiras conclusões relativas à atividade de manutenção, verificou-se que a Cistér teria grande vantagem em estabelecer o foco na manutenção preventiva, permitindo uma diminuição de gastos em equipamentos de substituição e um consequente aumento de produção.

Os indicadores demonstram que no período de análise as disponibilidades não estão abaixo dos 90% o que revela um bom funcionamento. No entanto, poderiam ser ainda melhores, pois grande parte das avarias deve-se a material já com degradação avançada, sendo possível evitá-las ou mesmo reduzir os seus efeitos.

3 Supervisão da Cogeração

A supervisão da cogeração apresenta-se como uma das principais funções durante o estágio, sendo retratados em seguida alguns componentes constituintes da central e alguns trabalhos desenvolvidos.

3.1. Descrição das Instalações

A cogeração caracteriza-se pela produção de duas formas de energia útil a partir de uma mesma fonte de combustível, no presente caso produzindo energia elétrica e térmica [5].

Tipicamente os projetos deste tipo de centrais contemplam o seguinte padrão, descrito na Figura 6.

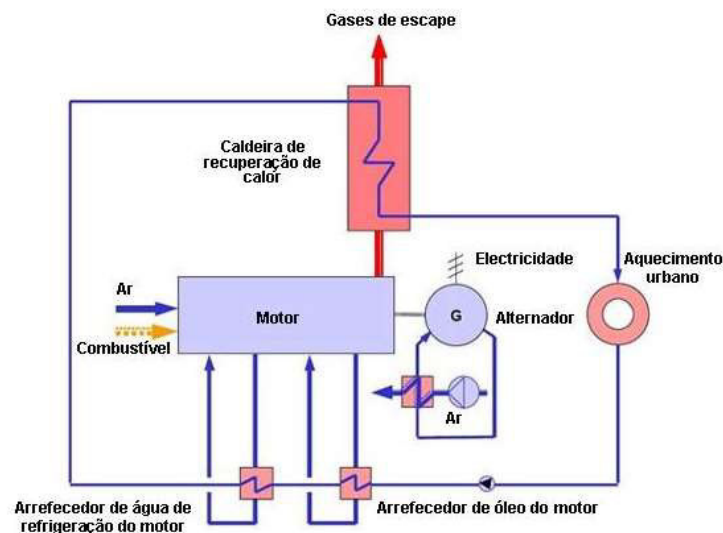


Figura 6 – Esquema Genérico de uma Cogeração[6]

De uma forma geral a instalação presente na Cisté assemelha-se ao esquema apresentado, diferindo apenas em alguns aspetos, tais como o aproveitamento do calor dos gases de

exaustão para a produção de vapor para o processo fabril, ao invés de os usar para aquecimento urbano. Este aproveitamento da capacidade térmica dos gases, cuja temperatura ronda os 426 °C, para produção de vapor para o processo, leva a uma melhoria do rendimento da instalação pois nada é desperdiçado. O circuito de refrigeração do motor é usado para aquecimento de água bruta para o processo.

O motor é de combustão interna a gás natural (ciclo de OTTO). O motor é de origem Alemã modelo TCG 2020 V16 fabricado pela MWM, possuindo as seguintes características:

- $P = 1519 \text{ kW}$;
- $F = 50 \text{ Hz}$;
- $N = 1500 \text{ rpm}$;
- $T_{\text{gasesescape}} = 423 \text{ °C}$;
- $\eta = 43,17 \%$;
- $\cos \varnothing = 1$.

De modo a que seja possível a produção de energia elétrica, o motor está acoplado a um alternador Marelli com as seguintes características:

- $P = 1519 \text{ kW}$;
- $N = 1500 \text{ rpm}$;
- $P = 2$ (pares de polos);
- $\eta = 97,4\%$;
- $\cos \varnothing = 1$.
- $U = 400 \text{ V}$;
- $F = 50 \text{ Hz}$;

- $\Delta U = \pm 5\%$;
- Sem escovas.

O alternador é síncrono autorregulado e excitado, com regulação eletrónica na caixa de bornes. O alternador tem a capacidade de ajustar o seu valor de tensão em $\pm 5\%$, assim como, de suportar uma carga em excesso de 10%, de seis em seis horas. O alternador apresenta variação do $\cos \phi$ entre os 0,8 e 1, fazendo uso de um regulador que controla a energia reativa. O alternador é trifásico com neutro acessível, logo a sua configuração será em estrela.

O arranque do motor é efetuado recorrendo a um motor de 24V_{dc} Bosh alimentado a partir de 4 baterias. Este sistema atua diretamente sobre o volante do motor sendo acoplado recorrendo a uma roda de coroa.

Na Figura 7 abaixo encontra-se ilustrado um exemplo, semelhante ao presente nas instalações.



Figura 7 – Motor MWM [7]

Toda a gestão do motor é efetuada a partir do TEM. Este sistema controla e supervisiona todas as variáveis relevantes no processo de uma cogeração. Em seguida na Figura 8 encontra-se o esquema genérico de controlo.

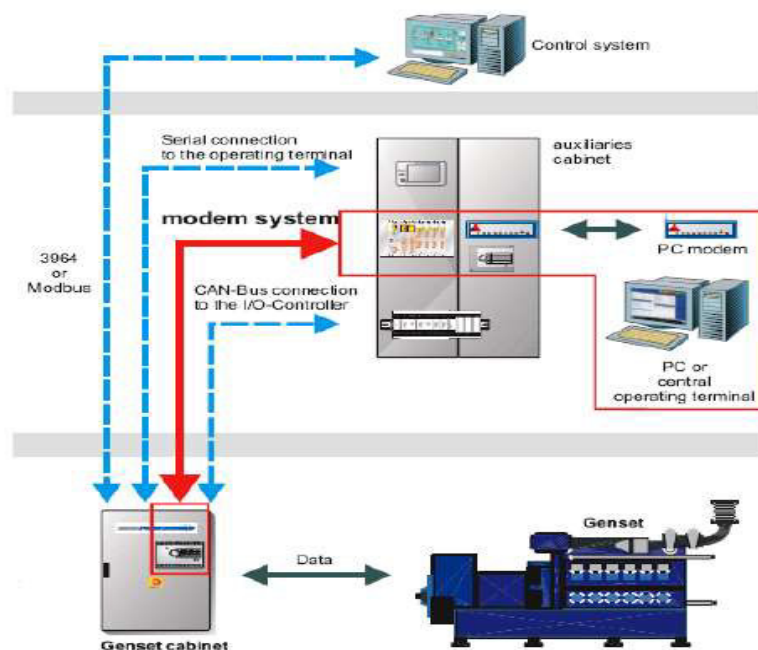


Figura 8 – Modelo de Controle [7]

Como referido o TEM supervisiona e controla as variáveis do motor, mas por sua vez, a Cistér contempla um sistema que controla a operação do motor, comunicando com o TEM. De uma forma geral, uma das principais funções é o controlo dos horários de funcionamento de arranque e paragem de produção da cogeração.

Um outro controlador do processo é o Automatic Gen-Set Controller da DEIF. A sua principal função é controlar os parâmetros elétricos entregues à rede e, caso exista algum defeito interrompe o fornecimento fazendo atuar o disjuntor, deixando assim de injetar energia na rede, e como consequência faz o pedido de paragem do motor. Este controlador também faz o ajuste de produção, comandando um motor de passo, que atua no sentido de ajustar os parâmetros elétricos.

Todo o grupo electroprodutor está dentro de uma capota insonorizada, porque emite demasiado ruído para poder ser instalado sem ser insonorizado.

Ao nível da injeção de potência, o alternador está ligado através de cabos subterrâneos a 0,4 kV ao disjuntor da ABB que regula a entrada na rede segundo a ordem do DEIF.

O disjuntor é de baixa tensão com câmara de extinção a ar, com calibre máximo de 3200 A. Em seguida o disjuntor é interligado com o transformador de 0,4/30 kV com uma potência

aparente em regime nominal de 2500 kVA. A interligação com a rede é feita com recurso a uma cela da Ormazabal, onde o transformador da cogeração é interligado com o barramento da rede de média tensão usando condutores LXHIOV 3×(1×120).

3.2. Supervisão

A cogeração é um sistema frágil, ou seja, qualquer alteração nos seus equipamentos traduz-se numa anomalia. Esta pode ser grave levando à cessão de atividade, ou menos grave prejudicando a produção, mas não implicando uma paragem. Por outro lado, a rentabilidade do sistema só é assegurado se a sua operação beneficiar das vantagens decorrentes quer dum bom aproveitamento energético, quer dos estímulos legais, nomeadamente com a venda à rede da energia elétrica produzida. Neste sentido justificou-se realizar um estudo económico do seu funcionamento. Nesta seção descrevem-se ainda as principais funções do técnico responsável pela instalação, enunciando alguns pontos que trarão para a empresa uma maior rentabilidade por parte do cogrador, pois consoante a capacidade de resposta perante um problema, as alterações nos benefícios descritos na análise económica podem sofrer graves penalizações.

3.2.1. Estudo Económico

Nesta subsecção será apresentado um estudo económico que permitirá determinar os custos e benefícios decorrentes da atividade de cogeração,

A vertente económica associada à remuneração de uma cogeração encontra-se legislada, sendo a Portaria 58/2002 que define as equações e os dados requeridos. Para a análise económica foram selecionados dois meses, julho e dezembro de 2013.

De forma a ser possível o cálculo da remuneração mensal, existem no âmbito do licenciamento parcelas que são fixadas pelo ministério da economia, estando ilustradas na Tabela 1. Todas as siglas usadas nesta secção estão descritas nos documentos legais [8]. A título de exemplo, o LEV representa as perdas nas redes de transporte e distribuição evitadas com a instalação de um cogrador.

Valores Fixos		Unidade
CEA	1,02	
REND _{ohm}	0,75	
LEV	0,04	
PF(U) _{ref}	5,3013	€/kW/m
PVC(U) _{ref}	0,0427	€/kWh
PVR(U) _{ref}	0,0203	€/kWh
Pvo(U) _{ref}	0,0018	€/kWh
PA(U) _{ref}	0,00009	€/g
CCR _{ref}	133	€/kWh
EMI55	370	g/kWh

Tabela 1 – Valores Fixados pelo Ministério da Economia [8]

Os valores acima descritos representam constantes válidas para ambos os meses em análise.

Um estudo económico segundo [8], divide-se em três etapas, o cálculo da parcela fixa no mês m ($PF(VRD)_m$), o cálculo da parcela variável no mês m ($PV(VRD)_m$) e por fim a parcela ambiental no mês m ($PA(VRD)_m$).

De modo a ser possível o cálculo das parcelas mencionadas no parágrafo anterior, serão necessários alguns dados que estão enunciados na

Tabela 2, correspondendo de novo as siglas à definição oficial presente em [8]. De modo a ser mais perceptível o enquadramento neste texto, poderão identificar-se algumas das siglas, nomeadamente a EEC_m , que representa a energia total produzida no referido mês m , ou a $EEC_{v,m}$ a energia colocada à disposição do SEP em horas de vazio no mês m .

Parâmetros: Julho de 2013		
NHM _{p,m}	69,00	h
NHM _{pc,m}	419,000	h
EEC _m	620.208,00	kWh
EEC _{v,m}	9.409,00	kWh
EEEc _m	509.667,25	kWh
EEEp _m	101.131,750	kWh
EEE _{pc,m}	610.799,00	kWh
KMHO _{pc} (Fixo)	1,250	
NRM _m	0	
IPC _{dez 2012}	100,31	
IPC _{ref 2012}	85,49	
ALB _m	108,77	USD/€
KMHO _{vs} (Fixo)	0,725	
TCUSD _{ref}	0,7458	€/USD
EEC _{vs,m}	9.409,00	kWh
TCUSD _m	0,7645	€/USD
ALB _{ref}	41,595	USD/€

Tabela 2 – Parcelas Variáveis do Mês de julho de 2013

O próximo passo será calcular a remuneração mensal com base nos termos apresentados. Na Tabela 3 ilustram-se as equações envolvidas para a obtenção da remuneração mensal.

Cálculo da Remuneração de julho de 2013	
$PF(VRD)_m = PF(U)_{ref} \times CPOT_m \times POT_{p,m} \times \frac{IPC_{dez}}{IPC_{ref}}$	10.725,83€
$POT_{p,m} = \frac{EEC_{p,m}}{NHM_{p,m}}$	1,1765
$CPOT_m = \frac{1 - NRM_m}{0,85}$	1.465,6775
$PV(VRD)_m = PVC(VRD)_m + PVR(VRD)_m + PVO(VRD)_m$	81.543,60€

Cálculo da Remuneração de julho de 2013

$\text{PVC}(\text{VRD})_m = \text{PVC}(\text{U})_{\text{ref}} \times \text{IPVC}_m \times \text{EEC}_m \times \text{KMHO}$	65.861,2974
$\text{IPVC}_m = 0,55 \times \text{ALB}_m \times \text{TCUSD}_m / (\text{ALB}_{\text{ref}} \times \text{TCUSD}_{\text{ref}}) + 0,45 \times \frac{\text{IPC}_{\text{dez}}}{\text{IPC}_{\text{ref}}}$	2,0023
$\text{KMHO}_m = \frac{(\text{KMHO}_{\text{pc}} \times \text{EEC}_{\text{pc,m}} + \text{KMHO}_{\text{vs}} \times \text{EEC}_{\text{vs,m}})}{\text{EEC}_m}$	1,2420
$\text{PVR}(\text{VRD})_m = \text{PVR}(\text{U}) \times \text{EEC}_{\text{pc,m}} \times \frac{\text{IPC}_{\text{dez}}}{\text{IPC}_{\text{ref}}}$	14.055,3570
$\text{PVR}(\text{U}) = [13\ 500 - (\text{POT}_{\text{pc,r,m}} - 1000)] \times \frac{\text{PVR}(\text{U})_{\text{ref}}}{13\ 500}$	0,0196
$\text{POT}_{\text{pc,m}} = \frac{\text{EEC}_{\text{pc,m}}}{\text{NHM}_{\text{pc,m}}}$	1.457,7542
$\text{PVO}(\text{VRD})_m = \text{PVO}(\text{U})_{\text{ref}} \times \text{EEC}_m \times \text{KMHO} \times \frac{\text{IPC}_{\text{dez}}}{\text{IPC}_{\text{ref}}}$	1.626,9445
$\text{PA}(\text{VRD})_m = \text{PA}(\text{U})_{\text{ref}} \times \text{CCR}_{\text{ref}} \times \text{CEA} \times \text{EEC}_m \times \text{KMHO} \times \frac{\text{IPC}_{\text{dez}}}{\text{IPC}_{\text{ref}}}$	11.035,56
$\text{CEA} = \frac{(20 \times \eta_{\text{hom}} - 11) \times (2,5 - 0,004 \times \text{EMI55}_m)}{4}$	1,02
$\eta_{\text{hom}} = \min\left[0,75; \frac{\text{EE}_{\text{lic}}}{(\text{CB}_{\text{lic}} - \frac{\text{ET}_{\text{lic}}}{0,9})}\right]$	0,75

Cálculo da Remuneração de julho de 2013

$VRD_m = \frac{PF(VRD)_m + PV(VRD)_m + PA(VRD)_m}{(1-LEV)}$	107.609,37 €
---	---------------------

Tabela 3 – Remuneração do Mês de julho de 2013

O cálculo financeiro para o mês de Dezembro do referido ano vem assim resumido nas tabelas 4 e 5.

Parâmetros: dezembro de 2013		
NHMp,m	105,00	h
NHMpc,m	385,000	h
EECm	555.516,50	kWh
EECv,m	7.235,75	kWh
EEEc,m	393.665,75	kWh
EEEp,m	154.615	kWh
EEEpc,m	548.280,75	kWh
KMHOpC	1,250	
NRMm	0	
IPCdez 2012	100,31	
IPCref 2012	85,49	
ALBm	106,9767	USD/€
KMHOvs	0,725	
TCUSDref	0,7458	€/USD
EECvs,m	7.235,75	kWh
TCUSDm	0,7297	€/USD
ALBref	41,595	USD/€

Tabela 4 – Parcelas Variáveis Referentes ao Mês de dezembro de 2013

Cálculo da Remuneração de dezembro de 2013

$PF(VRD)_m = PF(U)_{ref} \times CPOT_m \times POT_{p,m} \times \frac{IPC_{dez}}{IPC_{ref}}$	10.775,93€
---	-------------------

Cálculo da Remuneração de dezembro de 2013

$CPOT_m = \frac{1 - NRM_m}{0,85}$	<p>1,1765</p>
$POT_{p,m} = \frac{EEC_{p,m}}{NHM_{p,m}}$	<p>1.472,5138</p>
$PV(VRD)_m = PVC(VRD)_m + PVR(VRD)_m + PVO(VRD)_m$	<p>70.489,78€</p>
$PVC(VRD)_m = PVC(U)_{ref} \times IPVC_m \times EEC_m \times KMHO$	<p>56.381,9376</p>
$IPVC_m = 0,55 \times ALB_m \times TCUSD_m / (ALB_{ref} \times TCUSD_{ref}) + 0,45 \times \frac{IPC_{dez}}{IPC_{ref}}$	<p>1,9120</p>
$KMHO_m = \frac{(KMHO_{pc} \times EEC_{pc,m} + KMHO_{vs} \times EEC_{vs,m})}{EEC_m}$	<p>1,2432</p>
$PVR(VRD)_m = PVR(U) \times EEC_{pc,m} \times \frac{IPC_{dez}}{IPC_{ref}}$	<p>12.649,2733</p>
$PVR(U) = [13\ 500 - (POT_{pc,r,m} - 1000)] \times \frac{PVR(U)_{ref}}{13\ 500}$	<p>0,0197</p>
$POT_{pc,m} = \frac{EEC_{pc,m}}{NHM_{pc,m}}$	<p>1.424,1058</p>
$PVO(VRD)_m = PVO(U)_{ref} \times EEC_m \times KMHO \times \frac{IPC_{dez}}{IPC_{ref}}$	<p>1.458,5658</p>

Cálculo da Remuneração de dezembro de 2013	
$PA(VRD)_m = PA(U)_{ref} \times CCR_{ref} \times CEA \times EEC_m \times KMHO \times \frac{IPC_{dez}}{IPC_{ref}}$	9.893,45
$CEA = \frac{(20 \times \eta_{hom} - 11) \times (2,5 - 0,004 \times EMI55_m)}{4}$	1,02
$\eta_{hom} = \min \left[0,75; \frac{EE_{lic}}{(CB_{lic} - \frac{ET_{lic}}{0,9})} \right]$	0,75
$VRD_m = \frac{PF(VRD)_m + PV(VRD)_m + PA(VRD)_m}{(1-LEV)}$	94.957,45 €

Tabela 5 - Remuneração do Mês de dezembro de 2013

Demonstra-se com os cálculos que a remuneração mensal é bastante diferente. Isto acontece devido a vários fatores relacionados com as parcelas variáveis e o número de horas de paragem correspondente a cada mês.

Ao nível das parcelas variáveis, os indicadores que de certa forma alteram o valor mensal remunerado são o ALB_m , $TCUSD_m$ e o IPC_m [8]. O indicador ALB_m (Arabian Light Breakeven) representa o preço do crude em dólares por barril, e para o presente cálculo será usado o valor médio dos dois trimestres imediatamente anteriores ao referido mês m . Ao nível do $TCUSD_m$, este representa a média da taxa de câmbio entre o euro e o dólar dos Estados Unidos no referido mês m , e será atualizado pelo Banco de Portugal. Por fim tem-se, o IPC_m , que representa o índice de preços no consumidor, sem habitação no mês de dezembro do ano imediatamente anterior ao mês m .

Na Tabela 2 e 4 encontram-se discriminados os valores referidos a cada mês, podendo determinar assim as suas diferenças. Verifica-se nomeadamente que diminui o valor do termo $IPVC_m$ que passa de 2,0023 para 1,912, sendo este aplicado numa multiplicação que resulta na parcela variável $PV(VRD_m)$, e que portanto também irá diminuir (de 81.543,60€ para 70.489,78€), afetando consequentemente o valor final (VRD_m).

Para além dos referidos indicadores económicos, outras questões influenciam diretamente o cálculo de PV assim como de PA e PF, pois, devido a diferentes horas de produção que introduzem quebras de energia injetada na rede, o retorno financeiro também sofre alterações, por vezes bastante acentuadas.

A remuneração difere do mês de julho para dezembro devido ao número de avarias/paragens que o motor efetuou, totalizando no primeiro mês 7 paragens o que fez um tempo total de paragem de 4,03 horas. No segundo mês o cogedor parou 23 vezes perfazendo um tempo total de paragem de 12,55 horas.

Se o equipamento em cada hora injeta em média 1,519MWh, a redução na produção é bastante significativa. A título de comparação, a diferença de produção entre os dois meses foi cerca de 6.4691,5 kWh, correspondendo a uma perda financeira de 12.651,92 euros, um valor bastante significativo.

A baixa produtividade do mês de Dezembro deveu-se a uma fuga no compensador de gás, equipamento este que não se encontrava em stock e foi necessário aguardar a sua chegada. Durante este período a fuga foi isolada, mas mesmo assim existiram pequenos escapes de gases que originaram a paragem do equipamento, para além de outros motivos de menor importância que originaram paragens mais reduzidas no tempo, tendo por exemplo a sincronização e substituição de velas.

3.2.2. Técnico Responsável

A função do técnico responsável é garantir o bom funcionamento do equipamento, elaborando um controlo de proximidade.

Diariamente são controlados pelos técnicos responsáveis alguns parâmetros afetos ao sistema, tendo por base um modelo de *check-list*, criado ao iniciar-se o arranque da cogeração. Alguns pontos de controlo são: a energia produzida ativa e reativa, bem como o controlo do fator de potência. Ao nível mecânico é necessário verificar a temperatura das câmaras de combustão, que pode apenas estar entre 300 a 400 °C. Também existe um controlo permanente dos fluídos de circulação, sendo efetuadas diariamente inspeções visuais de modo a verificar se as

pressões não se encontram acima de 2 bar ou abaixo de 1,5 bar caso em que seria necessário efetuar uma purga ou adicionar mais fluido de modo a compensar.

A cogeração opera apenas em horários de ponta e cheia. Deste modo, encontra-se sempre um técnico responsável presente que, caso exista uma anomalia no cogerador, tentará minimizar o tempo de paragem, e assim, se possível obter o máximo de lucro ao final de um mês. Os meses ilustrados apresentam parcialmente um exemplo de uma boa situação (o mês de julho) e de uma má situação (o mês de Dezembro).

Relativamente ainda às características elétricas, existe uma preocupação constante de manter a potência reativa em 30% da potência ativa, correspondendo a um fator de potência de 0,95, durante cada período de 60 minutos. Estes pontos estão legislados pela portaria presente em [9], que especifica apenas uma tolerância de $\pm 5\%$, caso estejam interligados em média tensão e com uma potência inferior a 6 MW.

Caso exista alguma alteração a nível elétrico ou mecânico, que poderá inviabilizar ou diminuir a produção de energia, deverá ser comunicado ao gestor da manutenção (responsável máximo) a existência de anomalias. Caso estas não sejam graves apenas serão registadas para posterior conhecimento do gestor. Esta rápida atuação irá limitar perdas monetárias.

Outra função do técnico é o acompanhamento das intervenções pela empresa externa responsável por elaborar a manutenção mais complexa do grupo. Neste caso as suas funções passam por apoiar e supervisionar os trabalhos em curso.

Também neste caso são realizadas estatísticas, sendo esta responsabilidade dos técnicos de manutenção, tendo neste caso feito parte das funções desempenhadas durante o estágio. As estatísticas calculadas implicaram a medição de tempos de funcionamento, a disponibilidade e o número de avarias, a energia produzida tanto térmica como elétrica e os tempos de paragem.

Relativamente ao ano de 2013 obtiveram-se os seguintes dados:

- Horas de funcionamento – 4760 horas;
- Horas de paragem devido a avarias – 62 horas;
- Disponibilidade – 97,7%;
- Consumo gás natural – 1.591.821 m³;

- Energia elétrica produzida – 7.061,97 GWh;
- Energia térmica produzida – 7.024,33 GWh.

Na Figura 9 abaixo demonstra-se a energia disponível em todos os meses do ano de 2013. Com o gráfico é perceptível quais os melhores meses de produção durante o ano em consideração e as energias produzidas.

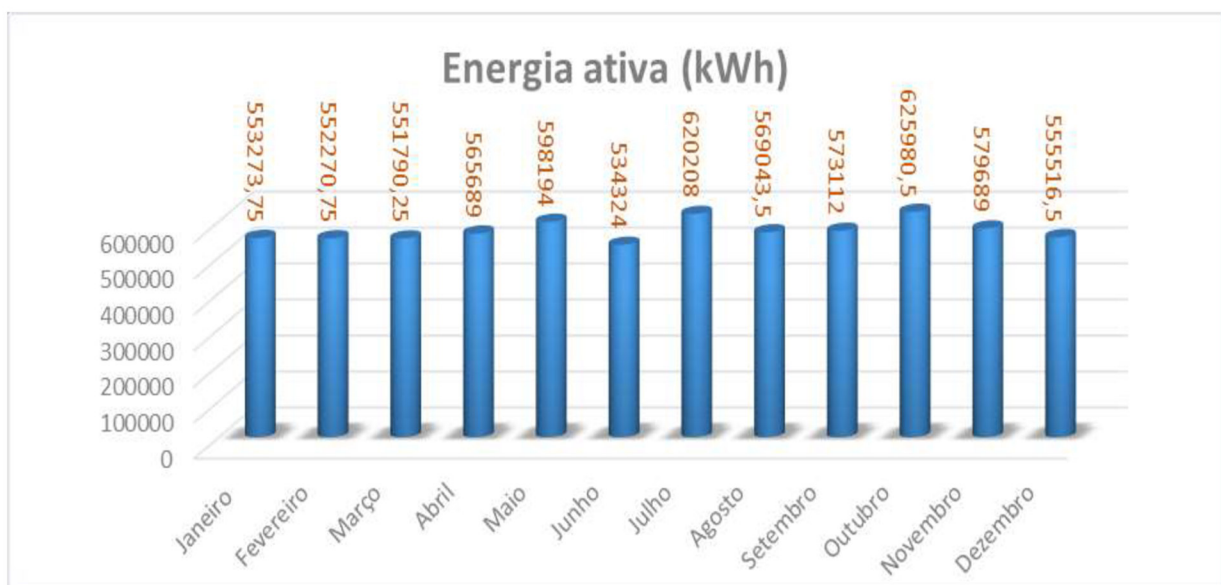


Figura 9 – Energia Ativa Produzida

Será importante também referir que, durante o estágio foi desenvolvido um sistema de controlo de temperatura, que permitiu uma maior estabilidade na potência injetada na rede. Esta tarefa representou também um ponto importante nas funções desempenhadas, sendo alvo de desenvolvimento detalhado no ponto 4.1.1.

4 Projetos Eletrotécnicos - Energia e Automação

Durante o período de estágio existiram também funções associados a projetos quer de automação quer de energia, a seguir descritos.

4.1. Automação

No presente tópico serão descritos os projetos realizados no âmbito do estágio, referentes à vertente de automação, passando por melhoramentos de processos e implementações de novos quadros de automação.

4.1.1. Controlo de Temperatura no Interior da Cogeração

Durante a aprendizagem como responsável pelo controlo da cogeração, verificou-se que existia uma oscilação muito acentuada da potência produzida, que se acentuava mais durante os períodos da manhã e durante o Inverno.

Após o acompanhamento de alguns dias de trabalho, foi perceptível que esta variação estava integralmente ligada a variações de temperaturas. A problemática em questão é demonstrada na Figura 10, onde se valida a existência de uma oscilação.

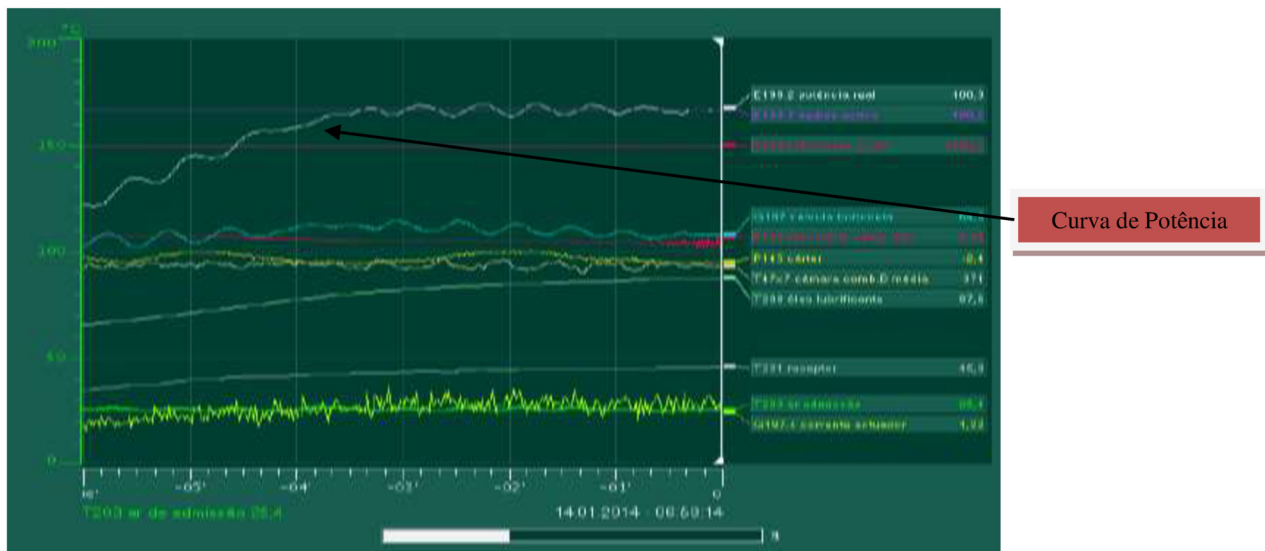


Figura 10 - Oscilação da Potência

Esta problemática torna-se importante porque o motor estará sempre a alternar entre regimes de carga, o que afeta a estabilidade do seu funcionamento, introduzindo excessivas vibrações que já foram responsáveis por danos em algumas peças e que poderá agravar-se a médio longo prazo. A solução para o problema passou então pela instalação de um controlador industrial de temperatura, fazendo a aquisição de temperatura por meio de uma sonda PT100 de sinal analógico em corrente.

O controlador industrial é do tipo PID. A sua ação é assim um somatório de uma componente proporcional ao sinal de erro, uma componente proporcional ao integral do sinal de erro e uma componente proporcional à derivada do sinal de erro.

A componente proporcional, por um ganho, proporcional ao sistema, uma resposta forma mais ou menos rápida à variação do sinal de erro, afetando o *overshoot*, para além do resultado pretendido.

A componente integral tem como finalidade diminuir o erro em regime estacionário, compensando um desvio acumulado. A componente derivativa tem como principal função a atenuação de oscilações. Como estas oscilações apresentam zonas de subidas e descidas lineares, o resultado da derivação será uma constante o que permite obter uma tendência de diminuição das oscilações [10] [11].

De uma forma geral apresenta-se o diagrama do processo na Figura 11.

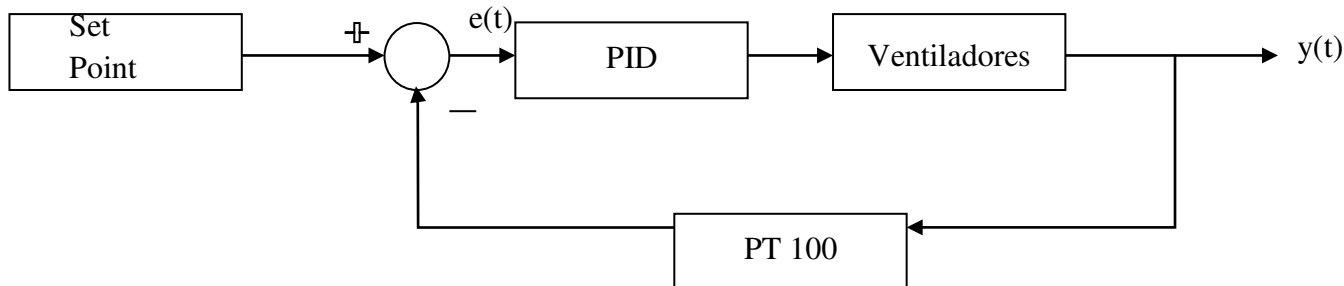


Figura 11 - Diagrama do Processo

Para que o controlo mencionado funcione fora de um modo ON/OFF, a sonda terá de estar bem localizada. Isto é, não poderá estar muito perto do motor onde as temperaturas podem ser superiores a 40°C. De facto, quando deixar de existir uma entrada de ar as temperaturas irão subir rapidamente, levando a arrancar os ventiladores para o seu valor máximo de velocidade. Assim, a sonda deverá estar localizada num ponto intermédio, de forma, a garantir uma monitorização fiável e evitar os arranques e paragens bruscas dos arrefecedores.

A sonda PT100, pertence ao grupo das termoresistências, sendo designada pela literatura convencional por RTD. Como princípio base de funcionamento este grupo de transdutores altera o valor de resistência em função da variação da temperatura. Em comparação com os termopares estas apresentam uma maior estabilidade e elevada precisão na relação entre a resistência e a temperatura. Em termos gerais a fórmula que representa o fenómeno transcreve-se abaixo na equação 20.

$$R_T = R_0(1 + \alpha_1 T + \alpha_2 T^2 + \dots + \alpha_n T^n) \quad (20)$$

A variável R_0 representa a resistência a uma temperatura de zero graus Celcius. Os fatores α_n são obtidos por regressão polinomial. O número de parcelas, $\alpha_n T^n$ a incluir define o nível de exatidão pretendida [12].

A sonda usada converte essa variação de resistência num sinal de saída em corrente, apresentando as seguintes especificações:

-Outout Signal → 4 to 20 mA

-Power Suply → 9 to 30 V_{dc}

.Range °C → 0 to 100 °C

Após a localização da sonda, e utilizando a cablagem já existente, iniciou-se a ligação em série do controlador com o autômato, como representado na Figura 12.

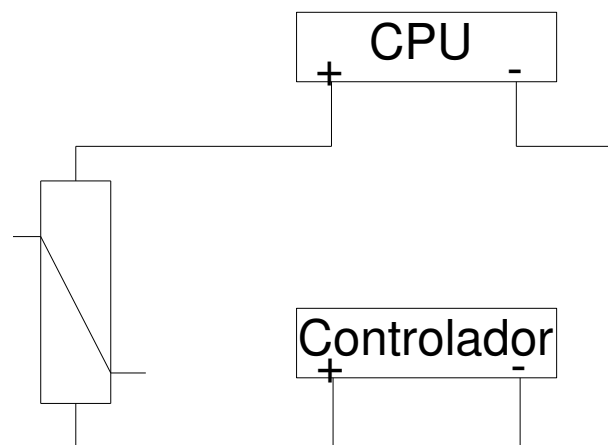


Figura 12 – Esquema de Interligação

Como presente no esquema, a sonda será alimentada pelo autômato E200. A saída do autômato ligará no polo positivo do controlador e por fim o polo negativo do controlador ligará ao autômato. Desta forma será possível a monitorização da temperatura por parte do sistema de supervisão da cogeração sem invalidar o controlo do fluxo de ar dentro da câmara insonorizada.

As configurações são disponibilizadas pelo fabricante de modo a que o controlador PXR-4 tenha a capacidade de se adequar a cada caso de controlo. Na abordagem à lista de parâmetros verifica-se que existem oito pontos que terão de ser modificados e validados. Conforme indicado na Tabela 6.

Parâmetro	Valor
MAAnU	OFF
P-SL	0
P-SU	100
P-DP	0
P-F	°C
PUOF	0
CTrL	PID
P-DF	5.0
AT	1
P-n2	16

Tabela 6 – Principais Parâmetros Validados no Controlador

O primeiro parâmetro a validar é o MAAnU que deverá estar off. Só desta forma o controlador se tornará autónomo nas operações pretendidas. Com este modo desligado não será necessário um operador dar *start* ao controlo. Em seguida, será necessário rever o P-SL e o P-SU. O primeiro refere-se ao valor limite inferior da gama da sonda. Como transcrito acima a sonda apresenta como valor mínimo de leitura 0°C. O segundo parâmetro refere-se assim ao valor máximo, neste caso correspondente a 100°C. Por último, importa referir o parâmetro AT e o P-n2. O AT habilita a função de *auto-tuning*, isto é, o controlador calcula automaticamente as componentes proporcional, derivativa e integral. O segundo parâmetro é usado para definir o tipo de sonda usada, neste caso será uma sonda de sinal analógico [13].

Após proceder ao cálculo dos parâmetros PID através do auto-tuning, processo que dura sempre alguns segundos, a resposta do controlo apresenta-se na Figura 13.

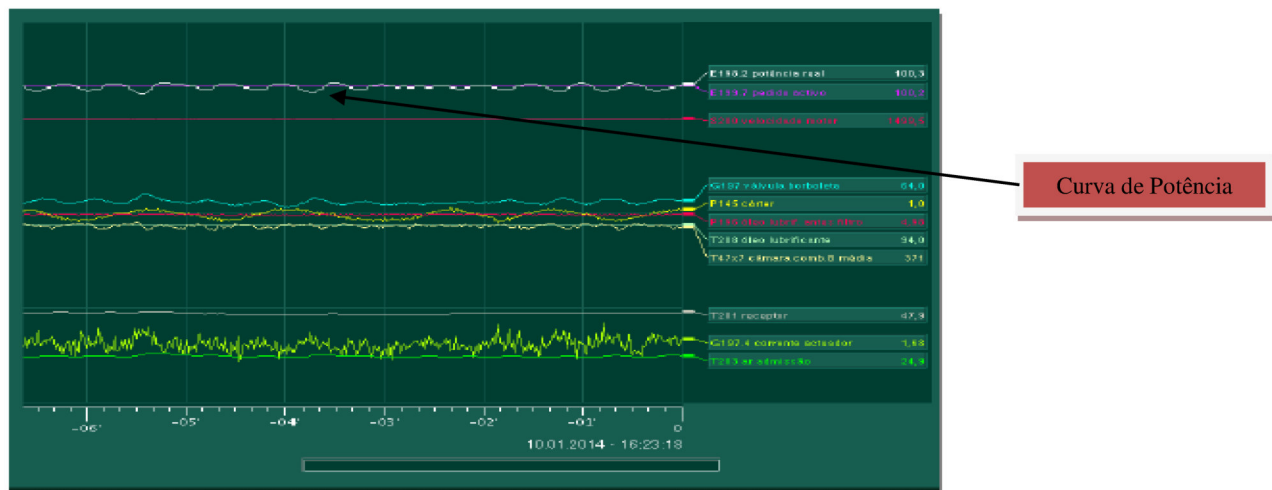


Figura 13 – Curva de Potência com Controlo

Verifica-se que, mesmo com o cálculo automático dos parâmetros PID o controlo não apresenta o resultado pretendido. Torna-se ainda necessário fazer um ajuste ao nível do controlo derivativo de forma a tentar diminuir as oscilações da resposta. Com base nestes testes obteve-se a seguinte solução:

- P → 5,7

- I → 42

- D → 8,1

A resposta com os novos parâmetros encontra-se na Figura 14, demonstrando, um controlo da ventilação (entrada de ar na câmara insonorizada) mais estável, o que levou à estabilização da curva de potência numa gama de variação aceitável de $\pm 2\%$ da potência máxima produzida pelo motor.

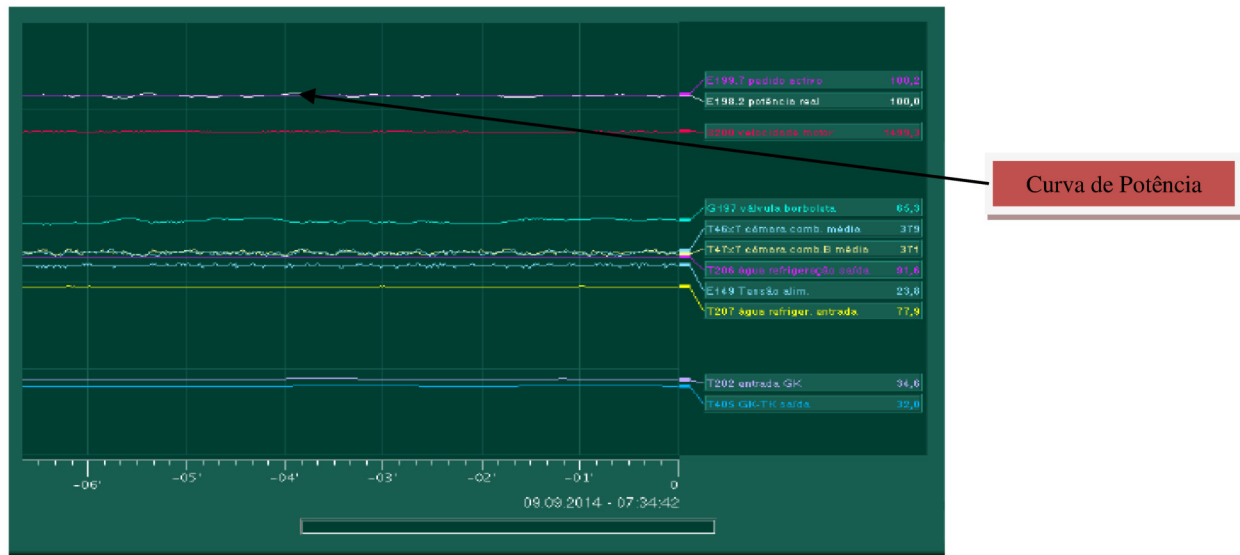


Figura 14 – Curva de Potência Estabilizada

4.1.2. Upgrade Rotuladora da Linha B

A máquina em questão apresenta um elevado grau de degradação a nível de estrutura elétrica, e não contemplava qualquer esquema que estivesse atual e fosse útil para a deteção de avarias. Possuía também inúmeras peças já substituídas e que não estavam devidamente acondicionadas com consequência ao nível estético, mas também criando dificuldades para qualquer intervenção, por parte da equipa de manutenção devido à fragilidade da instalação (bornes, variadores entre outros). Por último, toda a aparelhagem apresentava uma grande quantidade de poeiras e cola depositada sobre si tornando assim qualquer equipamento numa possibilidade de avaria eminente.

De modo a evitar problemas futuros, os quais poderiam levar a uma paragem da linha por um número elevado de horas, foi tomada a decisão de proceder à requalificação da referida máquina.

A intervenção foi antecedida dum aprendizagem sobre o funcionamento da máquina, acompanhando o seu funcionamento e compreendendo os seus procedimentos.

Como o próprio nome indica a função da máquina será a colocação de rótulos nos recipientes produzidos, nomeadamente latas. A máquina tem um motor de entrada, que encaminha o produto para a rotuladora. Tem também um motor que aciona as correias, e por fim, um motor da cinta que encaminha as latas do interior para o exterior da máquina. A nível da colocação de cola existem duas electroválvulas, uma que emite um feixe de cola (EV1) e outra que aplica um fio de cola (EV2).

A automação é realizada com um autômato programável s7-1200 Siemens 1214C que possui 14 entradas digitais (DI) e 10 saídas digitais (DO) de 24 V_{dc}. Comtempla também duas entradas analógicas de zero a dez volts.

Um dos elementos críticos da máquina é o processo de disparo de cola, acionado por um sensor indutivo à entrada da máquina. Quando o sensor deteta a lata dá permissão para que as electroválvulas atuem e deixem sair a cola. Numa solução inicial este processo seria implementado com recurso a um temporizador adicional para definir a duração do disparo de cola que terá a duração de alguns milissegundos. Mas, estando o autômato disponível, apenas foi necessário adquirir um módulo de saídas digitais para elaborar o comando das duas electroválvulas EV1 e EV2, pois todas as outras estão a ser usadas, não incrementando os custos em relação à solução discreta, representando assim uma maior robustez e flexibilidade futura.

Após o aval para a implementação da solução, foi necessário construir o modo de controlar o tempo de atuação da electroválvula, tendo optado por potenciômetros digitais da Emko (Figura 15) que proporciona o sinal à entrada analógica do PLC.

Como referido, foi necessário acrescentar um bloco adicional de DI/DO da Siemens (6ES7223-0BD30-0XB0), com 2 DI e 2 DO, pois o autômato encontrava-se já com as saídas completamente usadas [14].

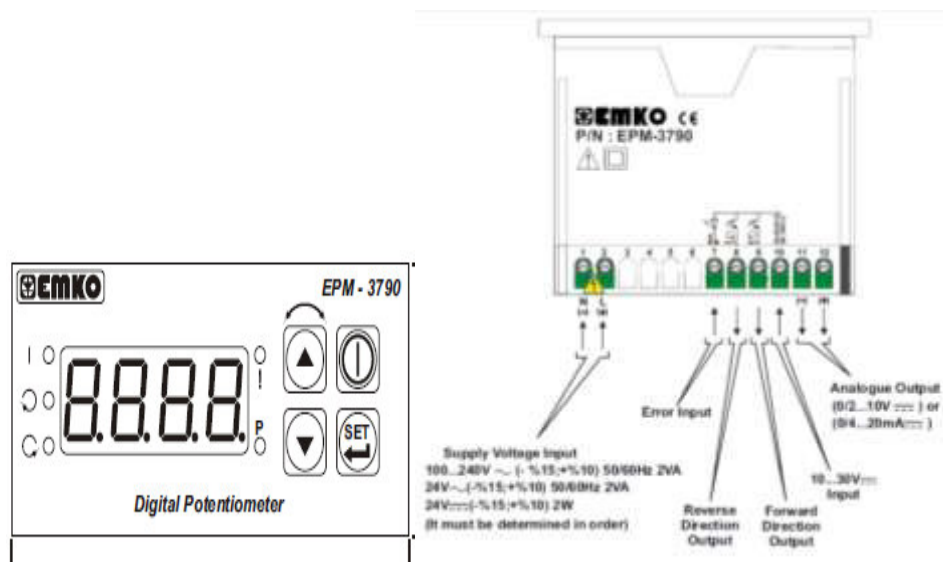


Figura 15- Potenciômetro Digital

A saída do controlador dará uma tensão em função de uma relação linear, isto é, 0 v corresponderá ao tempo mínimo e 10 V ao tempo máximo. Foi definido que para o bom funcionamento do equipamento não deveria ser possível levar o tempo a zero milissegundos, logo o tempo mínimo possível será de 5 milissegundos e, o tempo máximo será de 200 milissegundos. Abaixo apresenta-se o Figura 16- Equação linear do Temporizador que ilustra a relação da tensão em função da escala escolhida.

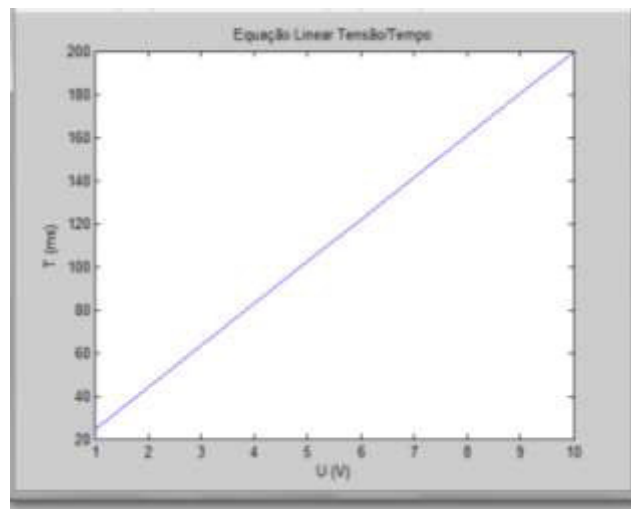


Figura 16- Equação linear do Temporizador

Para que o controlador assuma estes valores será necessário parametrizar Su-L onde se colocará o limite inferior e o Su-u o que corresponderá ao valor máximo. Será também necessário colocar o parâmetro oAT a zero de modo a que sua saída seja em tensão de zero a dez volts [13].

Após esta programação do controlador, o passo seguinte consistiu em elaborar o código em linguagem Ladder que permite o controlo do disparo da cola. Os autômatos 1200 apresentam um bloco que permite a leitura direta de uma entrada analógica, implementando diretamente uma função linear que tem a designação NORM_X. Este bloco normaliza a entrada numa escala comum, no presente caso de 0 a 27648. O bloco Scale (Figura 17), transformar o sinal de entrada num valor real que posteriormente será convertido numa variável temporal.

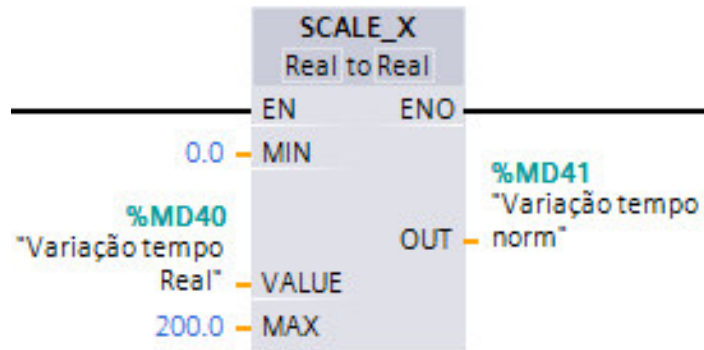


Figura 17 – Bloco Scale

Na estrutura do s7-1200 existe um outro bloco, T_CONV (Figura 18), que permite converter dados para variáveis temporais.

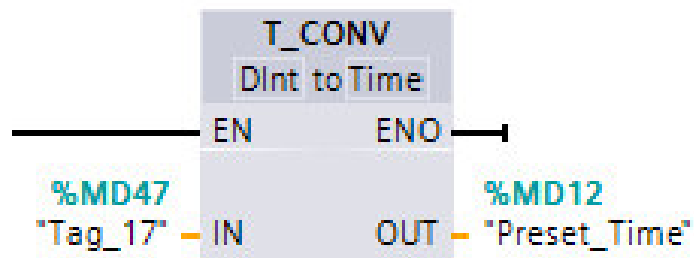


Figura 18 – Conversor em Varáveis Temporais

Como demonstra a imagem foi criada a variável *Preset_Time*. Esta será colocada no temporizador do disparo de cola como demonstra a Figura 19. Este temporizador fará com que exista um período fixo de disparo de cola [15].

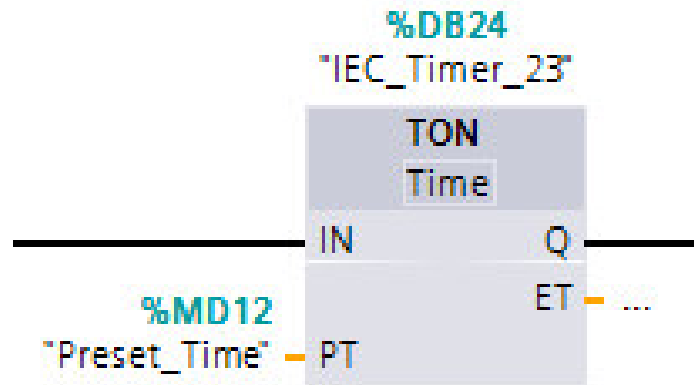


Figura 19 – Temporizador de Controlo de Disparo da EV1

Esta solução apenas será usada para a EV1 pois apenas esta tem de efetuar um disparo no momento certo e durante um determinado tempo. Como a EV2 é usada para colocar cola em fio apenas será atuada quando o sensor indutivo for ativado, deixando sair cola.

Este é um dos pontos críticos e que requereu algum estudo e testes, mas que no final evitou o uso de eletrónica discreta o que traria a médio e longo prazo mais pontos de avarias.

Abaixo será apresentado no fluxograma da Figura 20, uma representação superficial do programa estruturado para o autómato siemens s7-1200, CPU 1214C

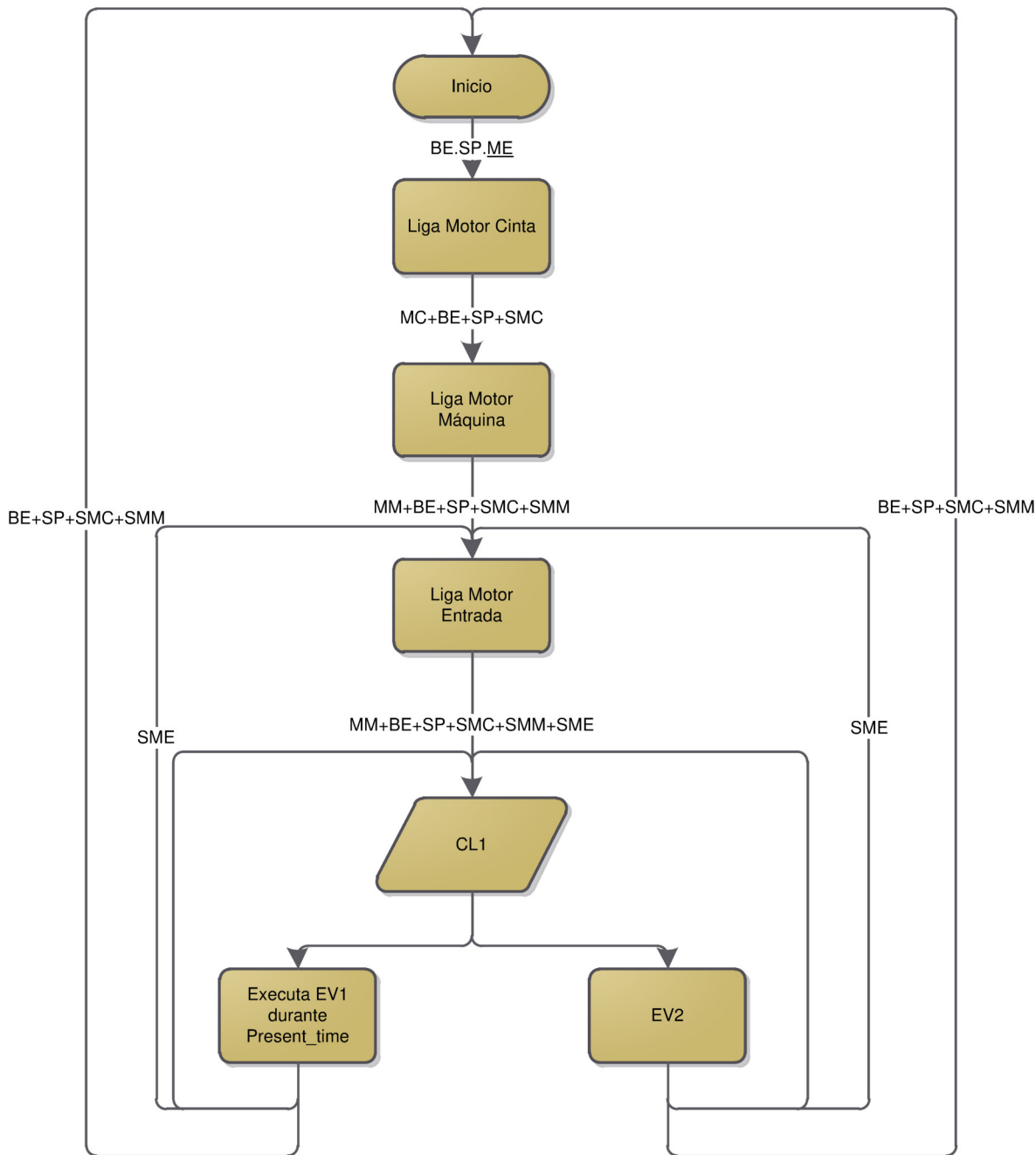


Figura 20 – Fluxograma Rotuladora B

De um modo geral o processo inicia-se com o cumprimento das seguranças, sendo estas caracterizadas pelo botão de emergência (BE) e as seguranças das portas (SP). Estando estas operacionais, a operadora poderá iniciar a sequência de arranque que passará por ligar o motor da cinta e posteriormente o motor da máquina. Estes motores só ligarão se o motor de entrada (ME) estiver off. Se todas as condições anteriores forem garantidas poder-se-á ligar a

passadeira de entrada. Quando existir a presença de latas, a célula espirolada (CL1) irá dar a permissão para o disparo de cola da EV1, que durará o tempo definido pelo operador responsável. Será também dada a ordem para a saída de cola na EV2. Caso algumas das seguranças ou algum dos motores exceto ME seja desativado, a máquina entrará em paragem immobilizando todas as operações. Estando a máquina em funcionamento e se apenas se desligar o ME a máquina não imobilizará o seu funcionamento, ficando a aguardar a entrada de recipientes.

4.1.3. Melhoramento do Controlo e Rejeição do RX

O RX é uma das principais máquinas que permitem controlar o conteúdo dos frascos e latas, logo tem de apresentar uma elevada fiabilidade, evitando assim possíveis reclamações.

Constatou-se que este equipamento não conseguia fazer rejeições múltiplas seguidas, o que incrementava as hipóteses de passarem contaminantes dentro dos recipientes. Resolver este problema foi o objetivo do desenvolvimento descrito nesta secção.

Sabendo que, não iriam ser alterados os processos, a solução passou por um PLC Logo da Siemens que fará a gestão do rejeitador, pois a logica descrita no programa não apresenta a capacidade de rejeições múltiplas, mas o sinal de rejeição proveniente do rx era executado.

O rejeitador é um sistema constituído por oito pistons acionados por ar comprimido segundo o sinal do controlo que atua na electroválvula e que serve para retirar da linha de embalamento recipientes contaminados.

O sistema de rejeição apresenta um comprimento total de 40 cm e cada piston tem uma largura de 5 cm. Esta solução foi implementada em duas linhas, mas para simplificação de escrita, descreve-se neste texto apenas a intervenção numa delas, a linha número 1, correspondente aos recipientes de metal, já que apenas diferem nos tempos de atuação.

Perante este problema, foi abordada uma solução ótima que tornava a rejeição contínua, para o caso de existirem inúmeros recipientes contaminados seguidos, mas para tal, teria de ser usado um autómato de uma gama superior. Chegou-se a um acordo que apenas seria necessário rejeitar no máximo três recipientes seguidos, casos fossem contaminados, com

base em experiências passadas sabe-se que a probabilidade de acontecer é diminuta, logo torna-se uma solução ótima em relação à já existente e de baixo custo.

Deste modo esta especificação facilitou sob o ponto de vista a programação dado que, o Logo não apresenta quaisquer comparadores, não disponibiliza uma palavra de um contador, o que não permite a comparação e a elaboração de um ciclo infinito.

Para a elaboração do programa foi necessário caracterizar as componentes do sistema, nomeadamente a velocidade do transportador, o espaçamento entre recipientes que terá em média um valor superior ou igual a 7 cm, e o diâmetro de cada lata com 7 cm. Por experiência sabemos *à priori* que desde que o sinal de rejeição é dado a lata demora cerca de 300 ms a percorrer o percurso até ao rejeitador.

Com estes dados consegue-se inferir o tempo entre leituras de recipientes bem como o tempo em que se deve iniciar a expulsão e a duração da mesma.

Em seguida será apresentado o fluxograma genérico do modo de funcionamento:

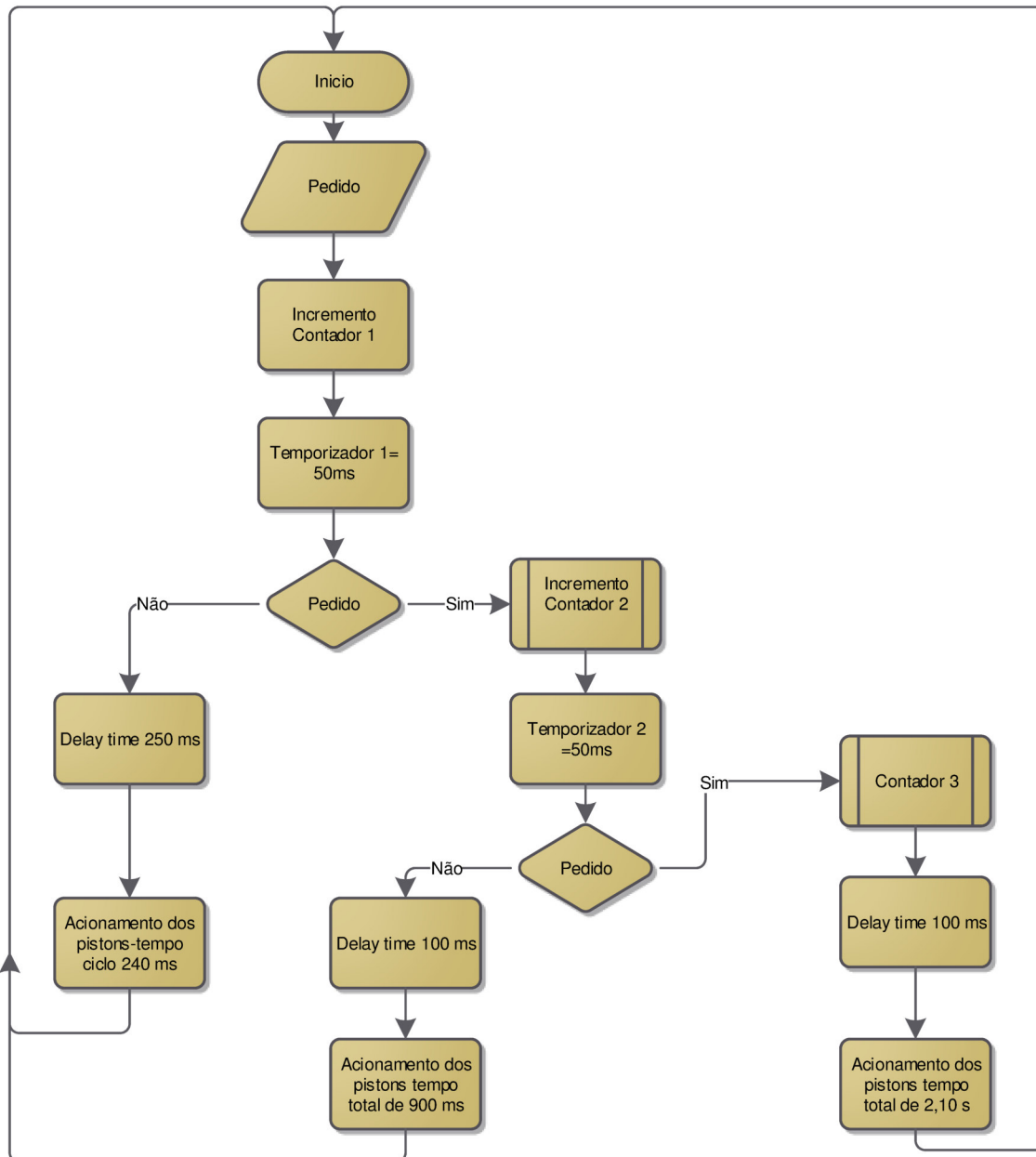


Figura 21 – Fluxograma Controlo e Rejeição de Recipientes

Como ilustra a Figura 21, inicialmente é dado um pulso (pedido) que nos indica a presença de uma lata com contaminante, sendo incrementado um contador, mas como a nova função do controlo é perceber se existem contaminantes nas próximas latas, o incremento do contador 1 aciona um temporizador que aguarda cerca de 50 ms para verificar se existe outra lata com contaminante. Este tempo permite que seja examinada outra lata. Caso não seja um recipiente contaminado este inicia imediatamente a contagem temporal para a expulsão da lata, que se iniciará após 250 ms. A definição inicial foi de 300 ms mas como existe um atraso de 50 ms,

definiu-se um tempo menor para o início da expulsão. Executada a ação de descida dos pistons, cada um estará atuado em 30 ms. Após este tempo retorna á posição de repouso. Caso a lata seguinte tenha contaminante, será incrementado o contador dois e este acionara o outro temporizador que contará mais 50 ms, permitindo verificar se existe uma terceira lata contaminada. Se sim, procederá à sua expulsão após 100 ms e manterá os pistons em baixo até expulsar a terceira lata ao fim de 2,10 s. Caso não exista uma terceira lata esta procederá à expulsão de duas latas seguidas e o tempo de início da expulsão será de 100 ms (este valor será igual para 2 ou 3 latas pois após testes verificou-se a solução ótima), após este tempo serão acionados os oito pistons perfazendo um tempo total de expulsão de 900 ms.

Estes tempos foram inicialmente estimados, tendo sido posteriormente afinados com a experimentação real, incorporando a irregularidade dos espaçamentos e da velocidade da passadeira devido a escorregamentos, chegando a uma solução que em geral proporciona um bom desempenho.

Uma solução mais perfeita passaria por usar um autómato de gama superior e um encoder. Desta forma seria possível controlar a expulsão em função do valor real de velocidade da passadeira. Contudo, a solução apresentada permite manter os obtendo resultados satisfatórios sem o incremento de custos.

4.1.4. Estudo e Implementação de um Sistema WI-FI para Monitorização de Sinais de Estados

A existência de um sistema de comunicação sem fios, que não estando a ser usado, permitiu idealizar um sistema para reduzir algumas carências da empresa a nível de sinais de alerta, nomeadamente a possibilidade de indicar falhas dos sistemas térmicos, relativos à produção de vapor para todo o processo de fabrico.

O produto DX79 desenvolvido pela Banner representa um sistema de entradas e saídas digitais e analógicas, que são discretizadas e envidas da Gateway para Node e em sentido contrário. Na Figura 22 abaixo encontre-se o DX70 Node e Gateway [16].



Figura 22 – DX70 [16]

A nível de implementação, os sistemas de comunicação irão transmitir, por agora, três sinais, um sinal por cada caldeira e um sinal analógico dado por um transdutor de pressão.

Os sinais digitais atuam diretamente em relés, que farão acender os indicadores embutidos na porta do quadro e os indicadores luminosos presentes na produção. A existência destes pontos de aviso serão necessários, de modo, a criar alertas de acontecimentos anómalos, o que leva a uma minimização dos tempos de paragem.

A saída analógica irá atuar um controlador onde estão parametrizados os valores mínimos e máximos a partir dos quais é despoletado um alarme e um sinal sonoro indicando assim que o vapor no circuito de tubagens se encontra em défice ou em excesso.

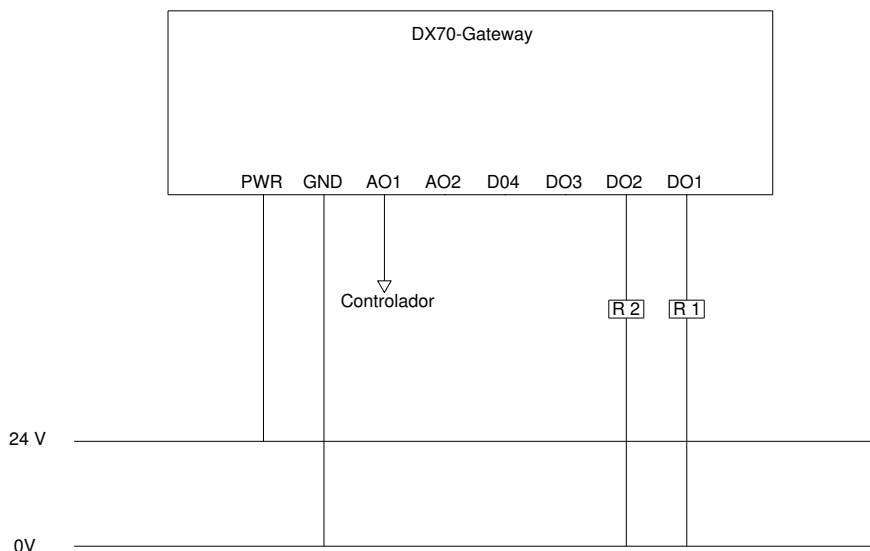


Figura 23 – Esquema de Ligação DX70-Gateway

Tal como ilustrado no esquema genérico da ligação, representado na Figura 23, as saídas DO1 e DO2 atuam os relés R₁ e R₂ que comandam os indicadores referentes à caldeira 1 e 2, respetivamente. No caso do dispositivo “Node” será semelhante apenas vai receber sinais através das suas entradas analógicas e digitais, não executando saídas. A entrada analógica direcionar-se-á para um controlador de processo da Emko, neste caso o modelo ESM-3700. Na Figura 24 abaixo encontra-se uma ilustração do equipamento [17].

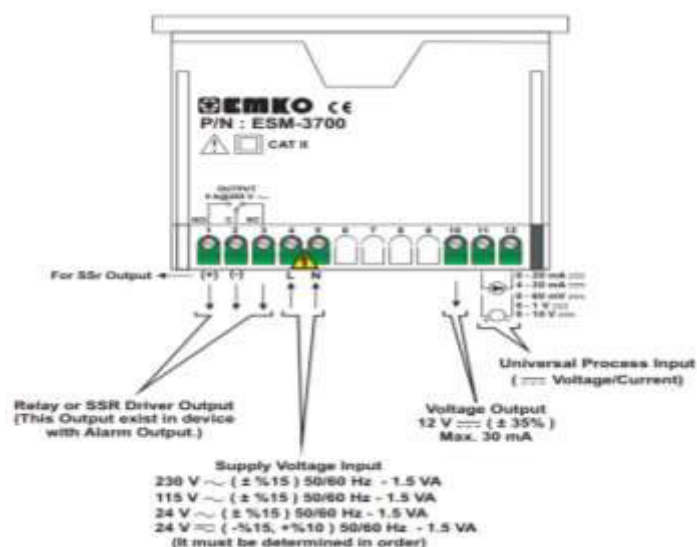


Figura 24 – ESM-3700 [17]

O transdutor de pressão a usar será da Danfoss MBS300, e tem uma escala entre 0 e 16 bar, sendo alimentado por uma tensão de 24 V_{dc} [18].

Ao nível do controlo de processo terão de ser alterados alguns dos parâmetros adequando assim o controlador ao projeto em questão. Na Tabela 7 abaixo encontram-se os principais parâmetros a alterar.

Parâmetro	Valor
uASL	4
dPnt	0
tPoL	6
tPoH	9
AotS	2

Tabela 7 – Parâmetros do Controlador de Processo

O primeiro parâmetro caracteriza o tipo de entrada analógica, sendo de 4 a 20 mA, o tPoL e o tPoH indicam a escala de funcionamento. O AotS traduz que será despoletado o alarme quando a pressão passar abaixo do valor mínimo. O alarme acionará um indicador luminoso no quadro, e na produção acionará um sinal sonoro e também um indicador luminoso.

4.2. Energia

Em seguida serão abordados os projetos referentes à vertente de energia, que neste caso estão divididos em dois tópicos abaixo descritos.

4.2.1. Central de Bombagem para Arrefecimento de Águas

O presente projeto acarreta vários dimensionamentos ao nível da distribuição de energia elétrica. Neste tópico irá ser retratado o upgrade de uma instalação já existente que tem por função o arrefecimento de águas quentes. O upgrade foi necessário para aumentar a produtividade da empresa corrigindo ineficiências. Os equipamentos encontram-se obsoletos o que implica atrasos e consequentemente um menor índice de produção.

O projeto descrito neste texto caracteriza-se pelo estudo e dimensionamento de uma solução, de modo a que a fosse possível a alimentação dos quadros de acionamento das bombas e controlo bem como a chegada de energia às bombas.

Os principais pontos de estudo são:

- Cálculo de potências elétricas;
- Dimensionamento da alimentação proveniente do quadro geral;
- Estudo da melhor solução para interligação de quadros;
- Dimensionamento dos condutores afetos às bombas.

Seguindo a ordem dos tópicos acima descritos o primeiro passo a ter em conta será o cálculo de potências, só assim será possível tomar decisões e efetuar dimensionamentos nos seguintes tópicos. Em seguida serão apresentados os equipamentos envolvidos bem como as suas características elétricas.

4.2.1.1. Cálculo de Potências

No sistema de bombagem irão ser implementadas bombas Caprari e Grundfos. Na Tabela 8 estão ilustradas as potências e algumas características das bombas bem como a corrente total envolvida.

Cálculo de Potências							
	P (kW)	FP	U (kV)	η	F _c	P _{in} (kW)	I (A)
B1	37	0,9	0,4	0,9	1	41,11	65,93
B2	37	0,9	0,4	0,9	1	41,11	65,93
B4	30	0,9	0,4	0,9	1	33,33	53,46
B5	30	0,9	0,4	0,9	1	33,33	53,46
B9	37	0,9	0,4	0,9	1	41,11	65,93
B10	2,2	0,8	0,4	0,85	1	2,59	4,67
						I _{total} (A)	309,71
						P _{total} (kW)	192,59

Tabela 8 – Características Elétricas e Calculo de Potências/Correntes

Com a informação demonstrada na Tabela 8 pode estimar-se a potência total, que neste caso será de 192,59 kW e a corrente de 309,71 A.

A bomba Gundfos de eixo vertical com uma potência elétrica de 30 kW e capacidade de 130 m³/h e uma altura manométrica máxima de 52 mca. As bombas Caprari serão de eixo horizontal, de corpo exterior em ferro fundido à semelhança da bomba Grundfos, no entanto têm uma capacidade de 250 m³/h a 25 mca para as bombas de 37 kW, no caso das bombas de 30 kW um caudal máximo de 130 m³/h para uma altura manométrica de 50 mca.

4.2.1.2. Dimensionamento do Condutor de alimentação

Ao nível das canalizações provenientes do quadro geral, a distribuição de energia é feita através de um condutor de alumínio isolado a polietileno reticulado (LXV-3×(1×120)+2×(1×120)) e por tabela sabe-se que a corrente máxima é de 260 A a 40 °C [19]. Sabe-se que o condutor já instalado não suporta o upgrade da instalação, logo terá de existir uma nova via.

Em seguida apresentam-se algumas características técnicas a considerar:

- Temperatura ambiente 40 °C;
- Fator de correção de agrupamento de cabos de 0,8;
- Comprimento L=120 m.

Seguindo a lógica da instalação a opção mais correta será implementar uma linha em paralelo de cabo LXV (designação comercial), o que irá perfazer uma corrente máxima admissível de 520 A a 40 °C. Contudo a corrente máxima será menor devido ao agrupamento de cabos. Neste caso será retirado 20 % aos 520 A ficando 416 A como a corrente máxima transitável no cabo de alimentação proveniente do quadro geral. Como enunciado no tópico acima a corrente de serviço encontra-se abaixo da corrente máxima.

Porém não se pode olhar apenas para o valor da corrente. Segundo o RTIEBT, secção 535, quadro 520, a queda de tensão admissível é de 8% [20]. Por definição este valor é calculado entre a origem da instalação e o seu extremo final. Com base no enunciado, e assumindo uma forma prática, dada a distância entre quadros ser muito superior à distância entre o quadro de alimentação e as bombas assume-se que a queda de tensão para o troço será no máximo de 4%. Esta consideração apenas é coerente sob um ponto de vista prático, não tendo qualquer sentido para o regulamento. Mas como o objetivo será manter a solução, caso a queda de tensão total entre a origem e o fim do circuito não seja comprida, será alterado apenas o condutor de alimentação à bomba baixando assim as perdas.

A suposição anterior veio a relevar-se pouco importante, pois após o dimensionamento comprova-se que a queda de tensão máxima será na ordem dos 5,81 V o que representa cerca de 1,45%, um valor muito inferior aos 4% assumidos.

Então a alimentação será feita através de uma via de $LXV-2 \times (3 \times (1 \times 120)) + 2 \times (1 \times 120)$, perfazendo assim duas vias em paralelo por cada fase.

4.2.1.3. Estudo da Interligação de Quadros

Com o aumento dos condutores de fase, o sistema anterior de recepção de energia deixou de ser viável, o que levou à necessidade de estudar uma forma de recepção da alimentação.

Dado o problema foi necessário a instalação de um quadro de barramentos o que possibilitou a interligação dos quadros afetos à instalação. Deste ponto surgiram as alimentações para os quadros de automação mais bomba B5 (Q.P.49A) e para o quadro das restantes bombas (Q.P.49B).

Ao ser implementado este sistema a instalação ficou preparada para o aumento de repartições, o que também evitou a junção dos equipamentos de automação e de energia.

Abaixo na Figura 25 encontra-se um esquema genérico da interligação de quadros:

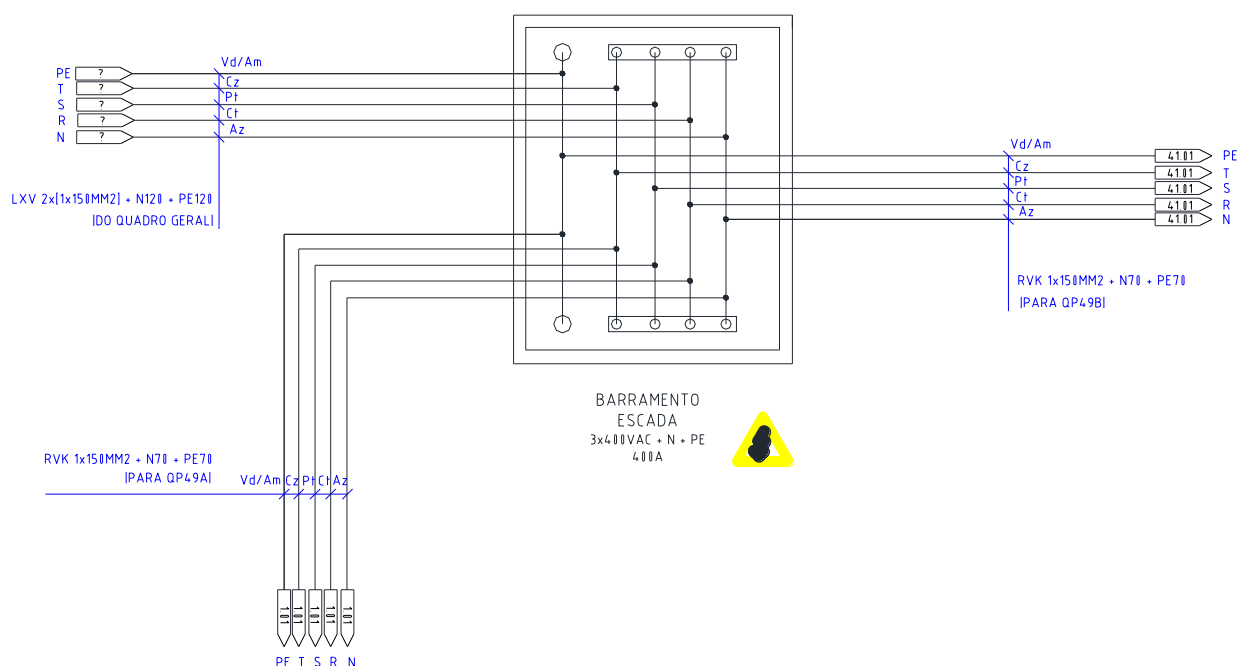


Figura 25 – Esquema Geral de Interligação de Quadros

Os barramentos foram dimensionados com base nas seguintes características:

- $I_{max}=400$ A
- $I_{ccmax}=10,46$ kA
- $P_{dc}=15$ kA
- $I_b=309,71$ A

Os barramentos a usar serão constituídos por barras de cobre retangular, de secção 150 mm^2 dispostas ao baixo, de dimensões 30×5 mm. Estes barramentos apresentam uma corrente máxima de 400 A, um valor superior à corrente de serviço I_b . As barras estarão separadas por uma distância mínima de 3,5 cm e a distância entre apoios será de 36 cm (L), a nível mecânico as características são as seguintes:

- $W_{min}=0,14\text{ cm}^3$;
- $W=0,46\text{ cm}^3$;
- Flecha (@) =0,00011%.

De modo a que os barramentos escolhidos possam ser usados estes devem garantir limites elétricos, o que já foi validado, mas também mecânicos. Desde já o momento de flexão (W) deverá ser superior ao momento flexão mínimo (W_{min}), o que se verifica, contudo a flecha (@) deverá ser inferior a $0,5\%\times L$ como traduz a equação 21:

$$\wp < 0,5\% \times L \quad (21)$$

$$\wp < 0,5\% \times 36 \Leftrightarrow \wp < 0,18 \quad (22)$$

Como verificado na equação 22 a flecha é inferior ao limite. Assim todas as características mecânicas estão garantidas, permitindo assim avançar com barramentos em cobre acima mencionados.

A interligação entre o quadro de barramentos e os quadros 49A e 49B será efetuada através de um condutor de cobre isolado a polietileno reticulado. O condutor de fase será de 150 mm² passando o neutro e o condutor de proteção para metade da seção, segundo o RTIEBT seção 543.1.2 quadro 54 F [20]. O condutor apresenta a seguinte designação comercial FXV-3×150+2×70. Segundo o fabricante, a 40°C o cabo suporta uma corrente máxima de 385 A. Contudo, como a temperatura típica do meio será 30 °C o fator de correção será de 1,1 o que perfaz uma intensidade máxima de 418 A. No pior dos cenários a corrente de serviço será de 197,8 A, sendo que a queda de tensão total desde a origem até ao fim do circuito é de 1,62%. O cabo poderá então ser implementado.

A utilização destes condutores para a interligação de quadros é importante pois, segundo especificações superiores, a proteção deveria ser garantida pelo bloco vigi NSX 400 da Schneider. Deste modo os cabos teriam de apresentar características que tornassem viável a sua proteção a partir do quadro geral.

4.2.1.4. Dimensionamento dos condutores afetos às bombas

As bombas serão comandadas por variadores eletrónicos da Fuji, os denominados Aqua. Esta gama é específica para sistema de bombagem de fluidos. No presente caso, surge apenas como um variador normal não sendo usadas as inúmeras capacidades de controlo que o próprio variador apresenta, visto existir um sistema de supervisão e controlo implementado a partir de um autómato siemens da gama s7-200.

Dado que o arranque dos motores é feito através de variação eletrónica a corrente a considerar será apenas a presente na Tabela 8.

Em seguida serão apresentados algumas características a considerar:

- $L=45\text{m}$;
- $T(^{\circ}\text{C})=30$;
- $\text{Cos } \phi=0,9$;
- $K1=1.1$;
- $K2=0,9$.

De modo a simplificar os cálculos, a distância a considerar entre o quadro e as bombas será o pior dos cenários, assim assegura-se um correto dimensionamento para todas as alimentações.

O pior caso será a ligação a uma eletrobomba de 37 kW, que tem uma corrente nominal de 65,93 A. O condutor a usar será de cobre flexível isolado a polietileno reticulado (XLPE), o método de referência será o E ou F segundo o RTIEBT [20].

O condutor deverá ser de 25 mm^2 e segundo o fabricante apresenta um I_z de 110 A a 40°C . Aplicando os fatores de correção, o I_z' rondará os 108 A o que valida uma das principais regras para o bom dimensionamento de condutores. A corrente de serviço (I_b) terá de ser menor ou igual ao I_z' , o que se verifica. Em relação à queda de tensão desde a origem do circuito até à eletrobomba, esta rondará os 3%, valor muito inferior ao $\Delta U_{\text{máx}}$ de 8% [20].

Em relação ao calibre da proteção (I_n) este deverá cumprir a seguinte regra $I_b \leq I_n \leq I_z$. Logo para o presente cabo a proteção adequada será de $I_n=80\text{A}$. A proteção seria aplicada caso não existisse variador, mas como neste tipo de acionamentos elétricos o variador fará a proteção do cabo terá sim de ser implementado uma proteção recorrendo a fusíveis de calibre $I_n=125\text{A}$, exigida pelo fabricante. De certa forma esta exigência não invalida o uso do calibre dimensionado de 80A pois encontra-se abaixo de 125A.

Este dimensionamento replica-se para as restantes, pois, sob o ponto de vista comercial a compra da mesma secção torna-se mais económica, do que adotar diferentes secções. Apenas a bomba B10 terá um condutor diferente o qual já se encontra implementado e não sofrerá alterações.

A título de resumo o material integrado na solução será:

- Condutor FXV-4G25mm²;
- Porta fusíveis In=125A (Eletrobombas 37kW) e In=100A (Eletrobombas 30kW);

Perante todo o dimensionamento a solução encontra-se viabilizada compreendendo todos os requisitos técnicos para a sua instalação/implementação.

4.2.2. Torres de Ventilação

As torres de ventilação representam um complemento do sistema descrito em 4.2.1 pois, o sistema descrito na subsecção anterior, tem a função de circulação de água e as torres de ventilação serão o elemento que proporcionará o arrefecimento do fluído, neste caso, será água desmineralizada.

O sistema de arrefecimento será da Evapco contemplando quatro turbinas acionadas individualmente por um motor trifásico de 15 kW. O motor será da Seipee e apresenta as seguintes características:

- $I_n=27,3$ A;
- $\cos \varnothing=0,9$;
- $n=1475$ rpm;
- $\eta=92,1\%$;
- $U=400$ V.

A separação criada entre a ventilação e bombagem deve-se ao facto de ser impossível juntar os ventiladores ao quadro de bombagem. Cada ventilador apresenta a corrente nominal descrita na equação 23.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \Leftrightarrow P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta} = \frac{15}{0,921} = 16,29 \text{ kW} \quad (23)$$

Multiplicando por 4 fica:

$$P_t = 4 \times 16,29 = 65,16 \text{ kW} \quad (24)$$

Somando a corrente de 104 A a 309,71 A demonstra-se que invalida a solução apresentada em 4.2.1. Contudo, como existe o Q.P.42 que apresentava uma saída disponível de 160 A foi adotada a opção de alimentar o Q.P.42.4 (refente ao acionamento dos ventiladores) a partir deste.

Incidindo agora sobre o cálculo dos condutores de alimentação dos ventiladores, importa apresentar algumas características a ter em conta:

- $K_1=1,1$;
- $K_2=0,8$;
- $T=30 \text{ }^\circ\text{C}$
- $L=50 \text{ m}$.

O condutor será dimensionado usando K_2 como fator de correção para aglomerações de cabos e K_1 como sendo a correção da temperatura pois no catálogo [19] a corrente máxima admissível é enunciada para uma temperatura de $40 \text{ }^\circ\text{C}$ e como especificado no projeto em questão a temperatura rondará os $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Os cabos serão conduzidos até ao ponto de entrega recorrendo a calha aramada, tal como na distribuição de alimentação às bombas, usando-se assim o método de referência E ou F [20].

A secção a usar será de 16 mm^2 que suporta uma corrente de 72 A. Sendo assim a corrente de serviço I_b será menor que a corrente I_z . A queda de tensão para o cenário mais crítico rondará os 4%. Aqui foi considerado este cabo de modo a ser possível o upgrade dos ventiladores.

Como solução final o cabo a usar será um FXV-4G16mm², que permitirá o bom funcionamento da instalação, reduzindo o número de perdas do circuito.

Conclusão

A empresa onde decorreu o estágio aqui relatado, a Cistér, contempla no seu processo um número significativo de vertentes da engenharia eletrotécnica, possibilitando assim uma experiência muito rica. O trabalho executado teve assim a possibilidade de incidir em diferentes aspetos, como a manutenção, a supervisão da cogeração e a realização de vários pequenos projetos de automação e de energia.

Ao longo do relatório foram enunciadas várias considerações acerca da manutenção exercida, verificando-se uma dependência de inúmeros equipamentos elétricos e mecânicos e uma forte necessidade de uma equipa de manutenção coesa e conhecedora dos equipamentos.

A garantia da fiabilidade de um equipamento e da sua disponibilidade passa pela gestão da manutenção. Existem equipamentos que funcionam muitas vezes abaixo das suas capacidades por falta de manutenção preventiva, tanto sistemática como condicionada.

Existe assim a necessidade de solidificar mais a gestão da manutenção, criando planos de intervenção mais rigorosa e assertivos, e apostando numa manutenção preventiva sistemática. Este é o principal ponto a melhorar, pois alguns equipamentos, dado o número de horas de funcionamento carecem de intervenções sistemáticas e condicionadas de modo a garantir sempre a sua fiabilidade máxima e disponibilidade.

Por outro lado, existem outros equipamentos que não carecem de um acompanhamento tão exaustivo, mas mesmo assim, de modo a encontrar possíveis pontos de avarias, seria importante a vistoria visual e a formulação de alguns dados técnicos durante as inspeções. Deste modo, a gestão da manutenção decidiria um período para uma intervenção com base em informações credíveis, para aumentar a fiabilidade dos equipamentos.

Durante o estágio na Cistér, uma das vertentes do estagiário consistiu no contato com um sistema de produção de energia, tanto térmica como elétrica. Foi possível perceber os sistemas de interligação, os principais indicadores tanto económicos e elétricos que deveriam ser controlados e ter no fundo uma experiência prática sobre estes sistemas. O sistema encontra-se bem dimensionado não apresentando problemas de maior.

A formulação do estudo económico torna-se importante, pois permite visualizar as dependências financeiras. Se estes sistemas não tivessem incentivos a sua rentabilidade era muito inferior. Além disso, foi possível desenvolver um sistema de controlo de temperatura para a cabine insonorizada, pois não estava a responder corretamente. Este foi um melhoramento do processo. Com este sistema a produção deixou de ser inconstante, melhorando as oscilações mecânicas o que trouxe para o motor melhores condições de funcionamento.

Os vários projetos elaborados incidiram em melhoramentos e substituições, que exigiram formulações técnicas de modo a encontrar as soluções mais viáveis para o problema exposto. Os problemas solucionados trouxeram para a empresa uma maior capacidade de resposta às encomendas e como consequência o aumento do nível de satisfação dos clientes.

Foram ainda identificadas pistas de trabalho futuro, nomeadamente no que toca a organização da manutenção, com vista a possibilitar um aumento da produção sem grandes implicações em termos de estrutura. Esse trabalho passa pela recolha e registo sistemático de informações que permitam programar ações de manutenção preventiva, minimizando custos e prejuízos associados a paragens imprevistas.

Bibliografia

- [1] Fogliato, flavio/ribeiro,jose, *Confiabilidade e Manutenção Industrial*. Elsevier Brasil, 2009.
- [2] J. P. S. Cabral, *Organização e Gestão da Manutenção*, 4ª Edição. Lidel, 2004.
- [3] F. M. Barbosa, “INTRODUÇÃO À FIABILIDADE DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE ENERGIA,” FEUP, 2013.
- [4] C. V. Pinto, *Organização e Gestão da Manutenção*, 1º edição. Monitor, 1999.
- [5] G. Major, *Small-scale Cogeneration*. Netherlands, 1995.
- [6] “Cogeração,” *Cogen Portugal*. [Online]. Available: <http://www.cogenportugal.com/>. [Accessed: 01-Dec-2014].
- [7] MWM, “Especificación Técnica-Grupo Motogenerador MWM TCG2020V16.” 21-Jan-2010.
- [8] M. da Economia, *Portaria nº 58/2002*. 2002.
- [9] Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento, *Portaria n.º 596/2010*. 30 de Julho.
- [10] S. M. da Silva, “Controladores PID: métodos de adaptação.” Nov-2013.
- [11] A. P. Moreira, A. Matos, and G. Veiga, *Controlo 2014: Proceedings of the 11th Portuguese Conference on Automatic Control*. Springer, 2014.
- [12] A. Campilho, *Instrumentação electrónica: métodos e técnicas de medição*. FEUP edições.
- [13] F. Electric, “Micro-controller X Model: PXR4/5/7/9.” .
- [14] Siemens, “6ES7223-0BD30-0XB0.” 26-Feb-2014.
- [15] Siemens, “S7-1200 Programmable controller-System Manual.” Apr-2012.
- [16] Banner, “SureCross DX70 Wireless Point-to-Point Kits.” 18-Feb-2014.
- [17] Emko Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş., “EPM-3790 77 x 35 DIN Size Control Panel For V/F Speed Controller.” .
- [18] Danfoss, “060G1133.” .
- [19] G. Cable, “CABOS DE BAIXA TENSÃO.” .
- [20] “Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão.” Diário da República Electrónico, 11-Nov-2006.