



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Roberta Cristina Corvelo Oliveira

**REABILITAÇÃO DE SISTEMAS DE
CONTROLO OBSOLETOS POR
SISTEMAS DE CONTROLO ACTUAIS**

Relatório de Estágio no
Centro de Produção de Electricidade do Pego – PEGOP – Energia Eléctrica, S.A

Orientado por:

Doutor Jorge Guilherme – Instituto Politécnico de Tomar
Engenheiro Carlos Costa – PEGOP – Energia Eléctrica, S.A.

Relatório de Estágio
apresentado ao Instituto Politécnico de Tomar
para cumprimento dos requisitos necessários
à obtenção do grau de Mestre
em Mestrado em Controlo e Electrónica Industrial

Dedico este trabalho aos meus Pais, Roberto e M^a da Conceição,
às minhas irmãs, Mariana e Bárbara
e ao meu namorado, Diogo
por todo o apoio e incentivo.

RESUMO

O presente relatório traduz o trabalho realizado durante os nove meses em que estagiei no Departamento de Engenharia e Métodos na Central Termoelétrica do Pego, pela empresa PEGOP – Energia Eléctrica, S.A.

Inicialmente, começa por ser feita uma apresentação da empresa e quais os objectivos propostos para o estágio. Seguidamente, é descrito todo o trabalho realizado nos vários projectos que integrei na área de controlo. Grande parte do estágio centrou-se, essencialmente, em dois projectos, o primeiro sobre o sistema de limpeza do condensador, TAPROGGE, tendo sido estudados os seus problemas e encontradas soluções para os mesmos. O segundo projecto incide sobre a descarga dos silos de cinzas, em que foi feito o estudo da lógica do sistema e encontradas soluções para o controlo da válvula de regulação de caudal à saída dos silos.

Em anexo a este relatório seguem vários documentos que foram elaborados ao longo do estágio e que serviram também de base para algumas conclusões.

Palavras-chave: Sistemas de Controlo, autómato, programação, Taprogge, cinzas, simulação.

ABSTRACT

This report describes all the work developed during the nine month internship on the Department of Engineering and Methods of the Pego Thermal Plant, by the company PEGOP – Energia Eléctrica, S.A.

Initially, a small presentation is made about the company and the proposed objectives for the internship. Next, all the work developed for the various projects, involving the control and command area of expertise, that I have participated will be described. The majority of this internship focused mainly on two projects, firstly the cleaning system for the condenser, TAPROGGE, having been studied its problems and found the corresponding solution. The second project pertains to the loading system of the ash silos, in which a study was made to the logic system and found solutions to the flow regulation valve control at the end of the silos.

Attached to this report follows various documents elaborated during the internship, which serve as a base for some conclusions drawn at the end.

Key words: Control systems, automaton, programming, Taprogge, ash, simulation

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero dirigir os meus agradecimentos ao meu orientador, o Professor Doutor Jorge Guilherme, pela sua disponibilidade e pelo acompanhamento exercido durante os últimos meses na concretização deste relatório.

Quero também agradecer ao Engenheiro Carlos Costa, meu orientador na Pegop S.A, por ter aceite ser meu orientador e pela disponibilidade que sempre mostrou em ajudar-me.

Quero deixar uma palavra de apreço ao Engenheiro Pina Ribeiro, chefe do Departamento de Manutenção Eléctrica e Sistemas, pela oportunidade que me foi concedida de realizar o estágio numa organização prestigiada como é o caso da Pegop – Energia Eléctrica, S.A.

Um agradecimento muito especial, à Engenheira Fernanda Sousa, por me prestar toda a orientação e ensinamentos necessários para o meu bom desempenho durante esta experiência.

Agradeço, em geral, a todas as pessoas do departamento de Engenharia e Métodos, que tão bem me receberam e acompanharam ao longo do estágio, tornando a minha integração fácil e rápida.

Quero também agradecer ao Sr. Joaquim Lopes da SMA. Ce, pela disponibilidade que sempre mostrou em ajudar-me.

Ao Sr. Artur Gaspar, chefe da oficina eléctrica, por todo o acompanhamento durante o desenvolvimento do primeiro projecto.

Quero dar um enorme agradecimento aos meus Pais e irmãs, Mariana e Bárbara, por todo o apoio e incentivo dado ao longo do meu percurso académico, sem o qual não me teria sido possível realizar o mestrado. Não deixando também de agradecer ao meu namorado pela paciência e compreensão durante estes últimos meses.

Por último, quero agradecer a todos os docentes do departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores e a todos os meus colegas que me acompanharam ao longo deste meu percurso e em especial ao meu colega Miguel Folgado por todo o companheirismo ao longo destes 2 anos.

Um Muito Obrigada a todos!!

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	i
ÍNDICE DE TABELAS	v
ÍNDICE DE ESQUEMAS	vii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	ix
1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 - BREVE INTRODUÇÃO DA EMPRESA PEGOP – ENERGIA ELÉTRICA, S.A.	2
1.1.1 – Organigrama da Pegop – Energia Eléctrica S.A.	3
1.1.2 – Localização	5
1.2 - OBJECTIVOS ESPECÍFICOS	6
1.3 – METODOLOGIA	7
2 - CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTÁGIO	9
3 - PROJECTO DE REABILITAÇÃO DO SISTEMA TAPROGGE	12
3.1 – CONDENSADOR	12
3.1.1 - Princípio de Funcionamento	12
3.1.2 - Constituição do condensador	13
3.1.3 - Processos de limpeza dos tubos do condensador	15
3.2 - LIMPEZA DOS TUBOS DO CONDENSADOR	
ATRAVÉS DO TAPROGGE	15
3.2.1 - Descrição do sistema Taprogge	18
3.2.2 - Descrição dos componentes do sistema Taprogge	20
3.2.2.1 - Bolas de limpeza	20
3.2.2.2 - Secção do filtro	22
3.2.2.3 - Sistema de medida da pressão diferencial (DPMS)	24
3.2.2.4 - Unidade de Recirculação	26
3.2.2.4.1 - Bomba de Recirculação de bolas	27
3.2.2.4.2 - Colector de bolas	28
3.2.2.4.3 - Válvulas de bolas	30
3.2.2.4.4 - Monitorização da recirculação de bolas (BRM)	30

3.2.2.5 - Tubos de recirculação de bolas	31
3.2.2.6 – Actuadores	32
3.2.2.7 - Painel de controlo	32
3.2.3 - Estudo de possíveis alterações/melhorias ao sistema	34
3.2.3.1 - Identificação das alterações/melhorias	34
3.2.3.2 - Alteração e programação de temporizadores	35
3.2.3.3 - Simulação de alteração de temporizadores	45
3.2.3.3.1 - Simulador SIMATIC MANAGER	45
3.2.3.3.2 - Simulação prática (oficina eléctrica)	47
3.2.4 - Estudo da substituição do autómato	51
3.2.4.1 - Características do autómato existente	51
3.2.4.2 - Novo autómato	52
3.2.4.2.1 - Comparação	52
3.2.5 - Estudo de mercado	55
4 - PROJECTO DE SUBSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLO DE ARMAZENAGEM E DE DESCARGA DE CINZAS	57
4.1 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA	57
4.1.1 - Constituição do sistema de armazenagem e descarga das cinzas	58
4.1.2 - Descrição do funcionamento da armazenagem e descarga das cinzas	59
4.1.2.1 - Sequências de descarga e paragem dos silos principais e silo de arranque	62
4.1.3 - Constituição do sistema de controlo (SattCon 30-10)	76
4.2 - ALTERAÇÕES INTRODUZIDAS NO SISTEMA	78
4.3 - PROPOSTA DE SUBSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLO	79
5 – CONCLUSÕES	81
6 – BIBLIOGRAFIA	83

ANEXOS	85
ANEXO I – Ordem do processo de simulação do programa de controlo do Sistema de Limpeza dos Tubos do Condensador – TAPROGGE	87
ANEXO II – Especificações do programa de controlo do TAPROGGE do autómato S5-100U	88
ANEXO III – Alterações dos esquemas de comando do sistema de controlo TAPROGGE	92
ANEXO IV – Esquemas de alimentação dos módulos de entradas e saídas digitais do autómato S7-300	95
ANEXO V – Alterações na programação de S5 (STEP 5) para S7 (SIMATIC MANAGER)	97
ANEXO VI – Diagramas de tubagens e instrumentação do sistema de descarga das Cinzas	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Organigrama da Pegop – Energia Eléctrica, S.A.	3
Figura 1.2 – Localização da Central Termoeléctrica do Pego (N 39°27'57.5"; W 8°12'22.6")	5
Figura 1.3 - Metodologia de trabalho	7
Figura 2.1 – Funcionamento da Central Termoeléctrica do Pego	9
Figura 3.1 – Condensador	13
Figura 3.2 – Circulação de água no condensador	14
Figura 3.3 – Suporte elástico do condensador	15
Figura 3.4 – Circuito de água de circulação	16
Figura 3.5 – Sistema de limpeza dos tubos do condensador	18
Figura 3.6 – Bola de limpeza	20
Figura 3.7 – Painel de controlo do sistema de limpeza do condensador, onde está localizado o BRM.	21
Figura 3.8 – Secção do filtro	22
Figura 3.9 – Secção do filtro.	23
Figura 3.10 – Sistema de medida do diferencial de pressão DPMS	24
Figura 3.11 – Unidade de recirculação	26
Figura 3.12 – Bomba de Recirculação de bolas.	27
Figura 3.13 – Colector de bolas	28
Figura 3.14 – Colector de bolas. Fotografia tirada a 16-07-2013	29
Figura 3.15 – Monitorização da recirculação de bolas BRM	30
Figura 3.16 – Distribuidor	31
Figura 3.17 – Reintrodução de bolas de limpeza	32
Figura 3.18 – Código de programação do temporizador K2 (Tempo de recolha das bolas)	37
Figura 3.19 – Código de programação do temporizador K3 (Tempo de lavagem das grelhas)	38
Figura 3.20 – Condição “OR” K2/K3	39
Figura 3.21 – Código de programação do Oscilador para o temporizador K4 (Iniciar lavagem das grelhas)	40

Figura 3.22 – Código de programação do temporizador K4 (Iniciar lavagem das grelhas)	40
Figura 3.23 – Código de programação do temporizador K5 (Tempo de monitorização da lavagem do DP)	42
Figura 3.24 – Código de programação do temporizador K8 (Tempo para ligar as duas bombas de água de refrigeração)	43
Figura 3.25 – Código de programação do temporizador K9 (Tempo para ligar uma bomba de água de refrigeração)	44
Figura 3.26 – Programa do Taprogge em SIMATIC MANAGER. (1) – Icon para efectuar Download do programa; (2) - Icon de simulação	45
Figura 3.27 – Janela de simulação	46
Figura 3.28 – Criação de tabelas de estados do programa	46
Figura 3.29 – Conjunto de tabelas de estados do programa	47
Figura 3.30 – Conjunto de elementos necessários para a execução da simulação prática do programa	48
Figura 3.31 – Comunicação da PGM2 ao autómato S7-300	49
Figura 3.32 – Tabela para forçar as entradas	49
Figura 3.33 – Módulo de entradas digitais com 24V DC introduzidos nas entradas	50
Figura 3.34 – Módulos do Autómato S5-100U do sistema actual	51
Figura 3.35 – Função dos relés de interface	55
Figura 4.1 – Silos de armazenagem e descarga das cinzas (1) – Silo Principal 20; (2) Silo Principal 10; (3) Silo de Arranque 01. Fotografia tirada a 23-10-2013	57
Figura 4.2 – Unidade de Controlo Programável da SattControl 31-10 do sistema de armazenagem e descarga das cinzas	60
Figura 4.3 – Armário de controlo do silo principal 10 e silo de arranque	61
Figura 4.4 – Armário de controlo do silo principal 20	61
Figura 4.5 – Sequência de descarga seca do silo principal 10	63
Figura 4.6 – Sequência da paragem de descarga seca do silo principal 10	64
Figura 4.7 – Sequência de descarga húmida do silo principal 10	65
Figura 4.8 – Sequência da paragem de descarga húmida do silo principal 10	66

Figura 4.9 – Sequência da paragem temporária de descarga húmida do silo principal 10	67
Figura 4.10 – Sequência de descarga seca do silo principal 20	68
Figura 4.11 – Sequência da paragem de descarga seca do silo principal 20	69
Figura 4.12 – Sequência de descarga húmida do silo principal 20	70
Figura 4.13 – Sequência de paragem da descarga húmida do silo principal 20	71
Figura 4.14 – Sequência de paragem temporária da descarga húmida do silo principal 20	72
Figura 4.15 – Sequência de descarga húmida do silo de arranque 01	73
Figura 4.16 – Sequência de paragem da descarga húmida do silo de arranque 01	74
Figura 4.17 – Sequência de paragem temporária da descarga húmida do silo de arranque 01	75
Figura 4.18 – Sistema de controlo SattCon 30-10	76
Figura 4.19 – Expansão do sistema de controlo SattCon 30-10	77
Figura 4.20 – Display de regulação de abertura da válvula motorizada de regulação do caudal da cinza	78

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 – Dispersão recursos humanos	3
Tabela 1.2 – Cronograma de tarefas	8
Tabela 3.1 – Especificações (autómato atual)	51
Tabela 3.2 – Comparação das especificações gerais do autómato (S5 vs S7-300)	52
Tabela 3.3 – Especificações da CPU 314	53
Tabela 3.4 – Especificações dos módulos de entrada e saídas digitais do S7-300	53
Tabela 3.5 – Comparação das especificações gerais do autómato (S5 vs S7-1200)	53
Tabela 3.6 – Especificações da CPU 1214C	54
Tabela 3.7 – Especificações dos módulos de entrada e saídas digitais do S7-1200	54
Tabela 3.8 – Estudo de mercado do autómato e acessórios consultados	56

ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema 3.1 – Esquema de comando dos módulos de saídas A4 e A5 com as condições dos temporizadores K2 (Tempo de recolha das bolas), K3 (Tempo de lavagem das grelhas) e K4 (Tempo de iniciar a lavagem das grelhas)	36
Esquema 3.2 – Esquema de comando da condição ‘OR’ dos temporizadores K2 (Tempo de recolha das bolas) e K3 (Tempo de lavagem das grelhas)	38
Esquema 3.3 – Esquema de comando do módulo de entradas E0 com as condições para o temporizador K5 (Tempo de monitorização da lavagem do DP)	41
Esquema 3.4 – Esquema de comando do módulo de entradas digitais E9 com as condições para os temporizadores K8 (Tempo para ligar as duas bombas de água de refrigeração) e K9 (Tempo para ligar uma bomba de água de refrigeração)	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A - Ampère

A.P. – Alta pressão

Bar – Unidade de pressão

B.P. – Baixa pressão

BRM – Ball Recirculation Monitor

BS – British standart

CPU – Central Processing Unit

Cu – Cobre

DI – Digital Inputs

DO – Digital Outputs

DP – Diferencial de pressão

DPMS – Differential Pressure Measuring System

EDP – Electricidade de Portugal

EPROM – Erasable programmable read-only memory

FB – Blocos de Funções

FC – Funções

GGV – Grupo gerador de vapor

GTA – Grupo turbina-Alternador

H₂O – Água

I - Inputs

ISO – Internacional Standart organisation

Km – Quilometro

KV – Quilovolt

mbar – milibar

min. - Minuto

mm – milímetro

MPI – Multipoint interface

MW – Megawatt

MWh – Megawatt hora

N₂ – Azoto molecular

NH₃ – Amónia

NO_x -.Óxido de Azoto

NP – Norma Portuguesa

O – Outputs

OB – Blocos de organização

PAC – Pedido de Aprovisionamento e Compras

PG – Programming device

PS – Fonte de alimentação

PLC – Programmable Logic Controller

Q – Caudal

RAM – Random Access Memory

REN – Redes Energéticas Nacionais

SCPCV – Sistema de controlo de produção de cinzas volantes

SO₂ – Dióxido de enxofre

TAP – Turbina de Alta Pressão

TBP – Turbina de Baixa Pressão

TMP – Turbina de Média Pressão

V AC – Tensão em Volt Corrente Alternada

V DC – Tensão em Volte Corrente continua

Zn - Zinco

1 - INTRODUÇÃO

O presente relatório surge na sequência dos estudos do Mestrado em Controlo e Electrónica Industrial no âmbito da formação prática, ministrado pelo Instituto Politécnico de Tomar e conta com a orientação do Doutor Jorge Guilherme, Docente do Instituto Politécnico de Tomar, e do Eng^o. Carlos Costa, Engenheiro de Manutenção da Pegop – Energia Eléctrica, S.A..

O desenvolvimento do estágio curricular, no âmbito do Mestrado em Controlo e Electrónica Industrial, tem a duração de nove meses e está integrado num departamento que se enquadra na sua área de estudo. Garante ainda o desempenho de funções de carácter profissional relevantes e que envolvem aplicações práticas de conhecimentos adquiridos (teórico/práticos) em contexto curricular. Assim a Pegop – Energia Eléctrica, S.A., reunindo todas as condições para evolução pessoal e profissional na área de Controlo de Sistemas Industriais, foi escolhida para expandir os objectivos que irão ser enunciados seguidamente e descritos durante o presente trabalho escrito.

Neste sentido o tema de investigação elegido para os projectos podem designar-se genericamente por Reabilitação de sistemas de controlo obsoletos por sistemas de controlo actuais no Centro de Produção de Electricidade do Pego.

1.1 – BREVE INTRODUÇÃO DA EMPRESA PEGOP – ENERGIA ELÉTRICA, S.A.

Nos anos 70 com a crescente necessidade de energia eléctrica a propagar-se exponencialmente pelo país, e existindo apenas pequenas unidades de produção de energia, surge uma empresa que visa a união de todas as empresas de produção, transporte e distribuição de Portugal Continental – a EDP (Eletricidade de Portugal). Esta possui como principais objectivos, integrar a distribuição dos municípios e melhorar a qualidade da rede, continuar o processo de electrificação do território nacional e definir uma tarifa uniforme para todo o país, resultando assim numa empresa responsável não só pelo transporte e distribuição da Energia Eléctrica, mas também por 95% da sua produção total. Assim, a Pegop – Energia Eléctrica, S.A. surge na sequência da transferência do título de propriedade da Central Termoelétrica do Pego da EDP (Energia de Portugal) para a Tejo Energia, no dia 24 de Novembro de 1993, ficando esta responsável pelas áreas de operação e manutenção da Central.

Para além das questões relacionadas com a exploração da Central, a Pegop – Energia Eléctrica, S.A. tem, entre outras responsabilidades:

- O controlo das entregas e armazenagem do carvão;
- A manutenção do ramal ferroviário;
- Preparação de procedimentos;
- Implementação de sistemas de segurança e gestão ambiental.

A empresa subcontrata um conjunto de áreas para a operação e manutenção, tais como, a movimentação e manuseamento do carvão e cinzas, a manutenção da caldeira, as limpezas industriais e administrativas.

1.1.1 – Organigrama da Pegop – Energia Eléctrica S.A.

Actualmente, a Pegop – Energia Eléctrica S.A. está organizada em Departamentos por especialidades como mostra o organigrama da figura 1.1.

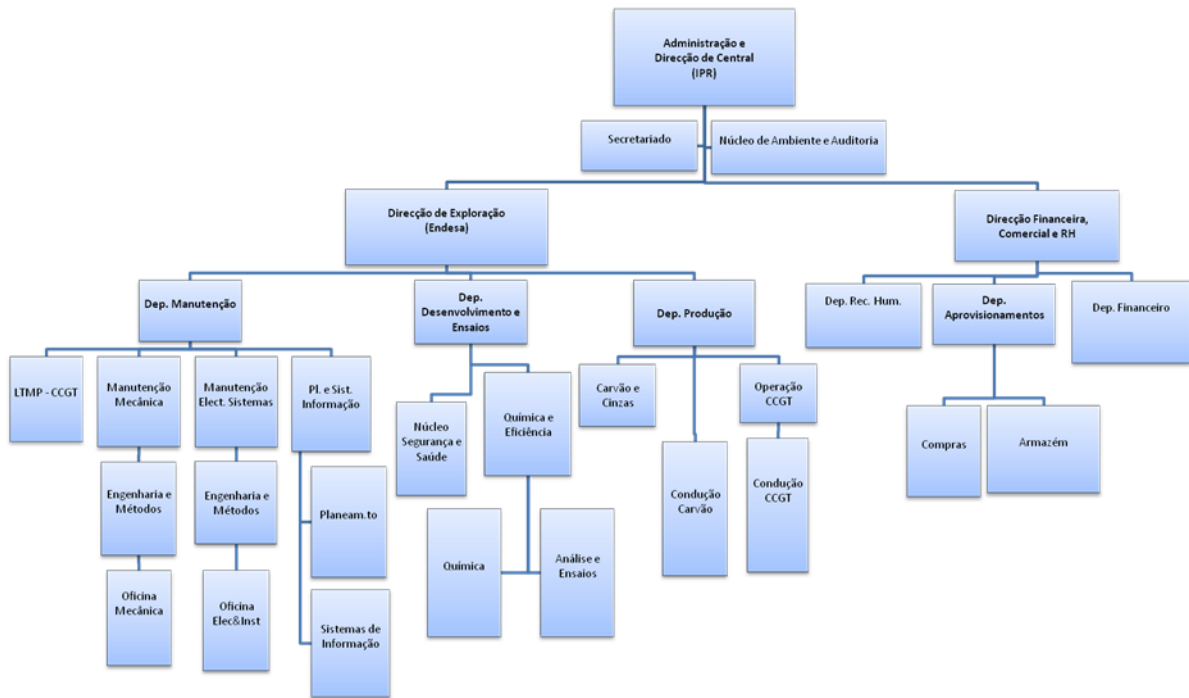


Figura 1.1 – Organigrama da Pegop – Energia Eléctrica, S.A.

Os recursos humanos globais da empresa, apresentam a seguinte composição:

Tabela 1.1 – Dispersão recursos humanos

	Homens	Mulheres	Total
Quadro Permanente	111	21	132
Contratos a Termo	5	1	6
Expatriados	2	0	2
PEGOP	118	22	140

A Pegop S.A. tem ao seu serviço 140 colaboradores. As políticas da Pegop colocam os assuntos relacionados com o Ambiente e Segurança e Saúde no Trabalho no topo das suas prioridades.

A gestão ambiental é feita através de um sistema certificado na norma ISO 14001 e registado no EMAS (Sistema Comunitário de Ecogestão e Auditoria). Por sua vez, o sistema de gestão de segurança da Central Termoeléctrica do Pego foi inicialmente orientado segundo a norma British Standard BS 8800, e posteriormente segundo a Norma Portuguesa NP 4397 (2001), entretanto surgida, e derivada da especificação OHSAS 18001.

Estes sistemas, tanto ambiental como de segurança, fazem parte do compromisso Pegop de proporcionar aos seus trabalhadores um ambiente de trabalho seguro e garantir que toda a sua atividade tenha em alta consideração a preservação do meio-ambiente e a segurança de toda a população.

1.1.2 - Localização

O Centro de Produção de Electricidade do Pego situa-se a 150 quilómetros (km) a Noroeste da cidade de Lisboa, na margem esquerda do rio Tejo, no concelho de Abrantes, distrito de Santarém, conforme a figura 1.2



Figura 1.2 – Localização da Central Termoelectrica do Pego (N 39°27'57.5"; W 8°12'22.6")

Está localizado nas freguesias do Pego e Concavada, a cerca de 8 km a Este da cidade de Abrantes e a cerca de 3 km a Este da povoação do Pego, na margem esquerda do rio Tejo. Além do Pego, as povoações mais próximas são a Concavada (3 km a Sudeste), Mouriscas (4 km a Nordeste) e Alvega (5 km a Este). O Centro de Produção de Electricidade do Pego ocupa cerca de 130 hectares de terrenos adjacentes à margem sul do rio Tejo. Estes terrenos são marginados a Norte pelo rio Tejo e a Este e Oeste por alguns dos seus afluentes, respectivamente pela ribeira da Galhoufa e pelas ribeiras de Vale dos Peixes e dos Facheiros.

O acesso rodoviário é feito pela Estrada Nacional 118 que liga Abrantes ao Gavião, por Alvega. Este efectua-se a partir da linha da Beira Baixa, através de um ramal ferroviário construído para esse fim, o qual inclui uma ponte para a travessia do rio Tejo. Este acesso serve fundamentalmente para o abastecimento de carvão a partir do porto de Sines.

1.2 - OBJECTIVOS ESPECÍFICOS

Durante o período de estágio, desenvolveu-se diversos projectos com o intuito de desenvolver experiências no âmbito da análise e exploração de conhecimentos de automação e controlo. Primeiramente, foi desenvolvido um projecto para reabilitação do sistema de limpeza de tubos do condensador (Taprogge) e seguidamente a optimização do sistema de descarga das cinzas. Ambos os projectos têm como principais objectivos:

- Estudo do funcionamento dos sistemas de controlo propostos
- Análise da programação dos mesmos sistemas
- Propor possíveis alterações/melhorias aos sistemas para melhorar o seu funcionamento
- Implementação das alterações/melhorias

Durante o período de estágio, foi permitido o acompanhamento da execução de trabalhos tais como a alteração da sala de comando a nível do sistema de manuseamento, transporte e armazenamento de carvão.

Pretende-se com este relatório demonstrar as funções exercidas em vários níveis na Central Termoeléctrica, bem como as medidas de segurança impostas para a execução das mesmas.

1.3 - METODOLOGIA

Referente aos objectivos, ditados anteriormente, procurou-se em todo o período de desenvolvimento deste estágio, compreender e acompanhar a metodologia da empresa em questão. Deste modo, inicialmente, foi adquirido conhecimento de todo o funcionamento da Central Termeléctrica, através da leitura de documentos internos e visitas à instalação.

Após a aquisição dos conhecimentos gerais da empresa procurou-se então, desenvolver objectivos específicos. Esquemáticamente, a metodologia de estudo pode descrever-se de acordo com a figura 1.3.

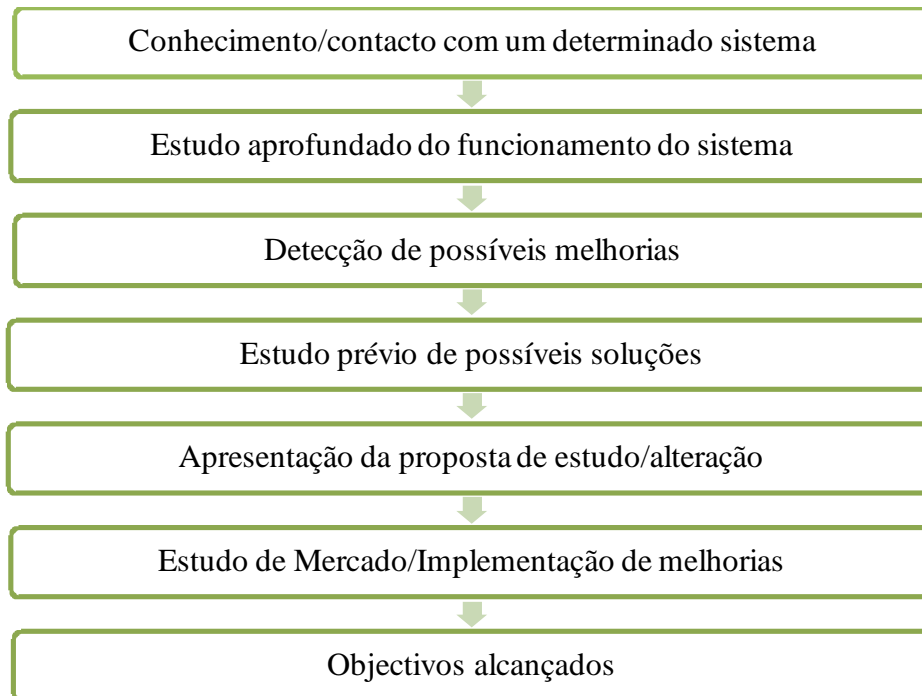


Figura 1.3 - Metodologia de trabalho

Deste modo, foi assim possível obter conhecimentos, ter proximidade com novas realidades, desenvolver uma maior capacidade de resolução de problemas e, também, contribuir para o desenvolvimento da empresa de acordo com a sua metodologia e princípios.

A realização de vários projectos exige uma organização temporal delicada de modo a que não haja dispersão dos objectivos definidos e que estes sejam cumpridos da melhor forma. Deste modo, procurou-se estabelecer períodos mensais para cada tarefa, sendo a duração destes determinada de acordo com a extensão de trabalho existente e organizadas de acordo com o cronograma de trabalho identificado na tabela 1.2.

Tabela 1.2 – Cronograma de tarefas

Tarefa \ Meses	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Integração e caracterização da empresa e seu funcionamento										
Estudo e optimização do sistema de limpeza do condensador - TAPROGGE										
Acompanhamento de execução de trabalhos na mudança da sala de comando do carvão										
Estudo e optimização do sistema de armazenamento de cinzas										
Implementação/substituição do autómato para controlo do sistema de descarga de cinzas										
Redação do relatório de estágio Mestrado										

2 - CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTÁGIO

É importante perceber genericamente os processos principais desde a chegada do carvão à central até à produção de energia.

A Central Termoeléctrica contém dois grupos idênticos a carvão, mas independentes, equipados cada um deles com um gerador de vapor, um grupo turbina-alternador e um transformador principal. A potência total é de 628 MW, sendo distribuída pelos dois grupos com potência unitária de 314 MW. Admitindo uma utilização plena dos dois grupos com uma disponibilidade média de 99%, a Central do Pego garante uma produção anual de cerca de 5 milhões de MWh. Esta capacidade de produção anual representa cerca de 10% a 12% do total de energia eléctrica consumida em Portugal.

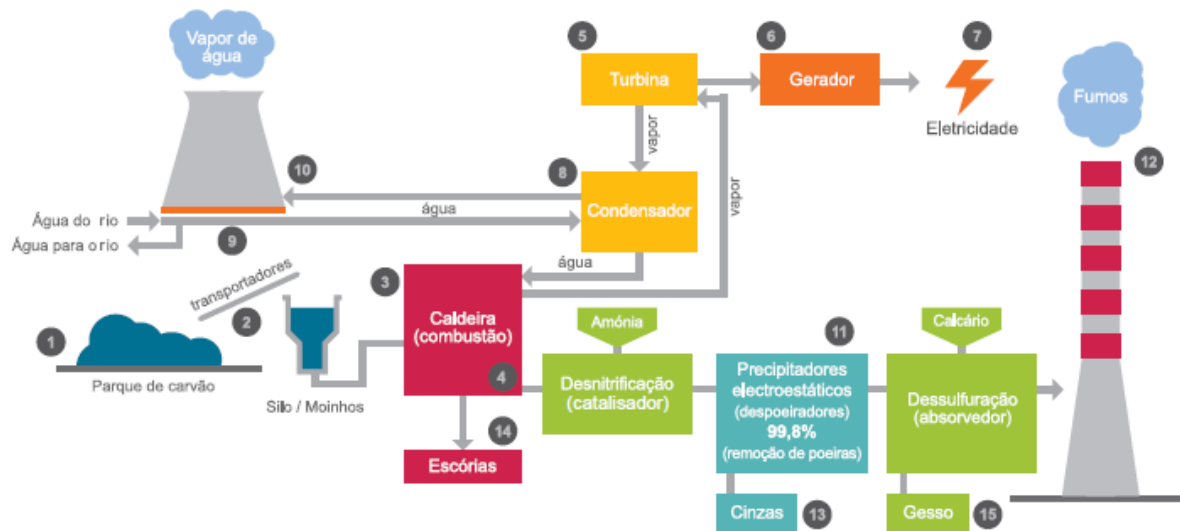


Figura 2.1 – Funcionamento da Central Termoeléctrica do Pego [3]

Legenda - Figura 2.1

- | | |
|----------------------------------|---|
| 1 – Parque de carvão | 9 – Bombas de Circulação |
| 2 – Transportadores de carvão | 10 – Torre de Refrigeração |
| 3 – Grupo Gerador de Vapor (GGV) | 11 – Precipitador Electrostático (Filtro) |
| 4 – Caldeira (Zona de Combustão) | 12 – Chaminé |
| 5 – Grupo Turbo-Alternador (GTA) | 13 – Sistema de Recolha de Cinzas |
| 6 – Alternador (Gerador) | 14 – Sistema de Recolha de Escórias |
| 7 – Transformador | 15 – Sistema de Recolha de Gesso |
| 8 – Condensador | |

A figura 2.1 representa de uma forma muito geral a produção de energia eléctrica a partir do carvão. O carvão mineral, é a matéria-prima utilizada na Central Termoeléctrica do Pego, sendo este proveniente de várias partes do mundo, predominantemente África do Sul e Colômbia, chega ao Porto de Sines e daí é transportado por caminho-de-ferro até à Central do Pego. Nesta, é descarregado automaticamente pela parte inferior dos vagões e conduzido em telas transportadoras cobertas para silos, no interior da Instalação ou para o Parque de Carvão. No Parque de Carvão (1) efectua-se a compactação e, quando necessário, aspersão com água para evitar a emissão de poeiras de carvão. O carvão é retirado do parque pela máquina de retoma seguindo por meio de telas transportadoras cobertas (2) para os silos situados junto dos geradores de vapor. Em seguida, os silos descarregam o carvão sobre os tapetes alimentadores os quais o enviam para os moinhos, onde é seco e reduzido a pó fino a fim de assegurar uma combustão completa na câmara de combustão de cada grupo (3).

O ar quente circulante na parte superior do edifício de cada caldeira é aspirado pelos ventiladores de ar secundário, passa através dos aquecedores de ar regenerativos e é conduzido à câmara dos queimadores. Uma parte do ar debitado pelos ventiladores de ar secundário, é impulsionado pelos ventiladores de ar primário e enviado aos moinhos, onde seca o combustível pulverizado e depois o transporta em suspensão para os queimadores. O carvão pulverizado inflama-se e é queimado na câmara de combustão da caldeira (4), envolvida por painéis tubulares onde circula água. O vapor separado da água ao nível do barrilete, passa depois por diversos sobreaquecedores, de onde segue através de tubagens de interligação para a turbina (5). Ao promover o movimento das pás da turbina cria-se energia mecânica que é transmitida a um gerador (6) convertendo a energia mecânica em energia eléctrica (7). Esta energia é convertida de 18 para 400 kV nos transformadores principais e escoada para a rede eléctrica nacional através da ligação da subestação do Pego à linha a 400 kV, Pego – Batalha e Rio Maior – Cedilho, que estabelece interligação com a rede eléctrica espanhola.

Após a sua expansão através do corpo de alta pressão da turbina, o vapor regressa à caldeira onde é novamente aquecido no ressobreaquecedor e volta à turbina para se expandir nos corpos de média e baixa pressão, escoando-se por fim para o condensador (8).

A água condensada é retirada do condensador por meio de bombas de extracção e regressa novamente ao barrilete, tendo entretanto circulado, sucessivamente, através dos pré-aquecedores de baixa pressão, do desgaseificador, da bomba de alimentação da caldeira, dos

pré-aquecedores de alta pressão e do economizador. Fecha-se assim, o ciclo água/vapor de funcionamento de cada um dos grupos da Central. A água que funciona como refrigerante do condensador principal é aspirada pelas bombas de circulação, da bacia das torres de refrigeração (9) e conduzida aos condensadores de onde volta às torres para arrefecimento (10). Esta água circula em circuito fechado a fim de diminuir a quantidade de água consumida. As torres de refrigeração arrefecem esta água com ar, lançando para a atmosfera o vapor de água daí resultante.

Os gases quentes saídos da câmara de combustão, aspirados pelos ventiladores de tiragem, passam pelo sobreaquecedor, ressobreaquecedor e pelo economizador, transmitindo calor ao vapor e à água que neles circula. Seguidamente sofrem injeção de vapor de amónia (NH_3), após o que passam por um reactor com catalisador para favorecer a redução dos óxidos de Azoto (NO_x) a azoto molecular (N_2) e a vapor de água (H_2O). Em seguida, passam pelos aquecedores de ar regenerativos onde transmitem calor ao ar de combustão – e pelos precipitadores electrostáticos – despoeiradores (11), para redução de partículas. Após os precipitadores os gases passam no absorvedor, onde o dióxido de enxofre (SO_2) é removido por contacto direto com o calcário moído em suspensão aquosa. Finalmente os gases são lançados na conduta principal de fumos e saem pela chaminé (12).

As cinzas volantes (13) são recolhidas em tremonhas situadas no percurso dos gases quentes, principalmente nas dos precipitadores electrostáticos, e conduzidas por via pneumática para um silo onde são armazenadas até serem transportadas a destino final. As escórias (14) são retiradas do fundo da câmara de combustão, no cinzeiro, são arrefecidas por água e transportadas por camião para o aterro de resíduos da Central. Daí, uma parte significativa, foi enviada para valorização externa.

Como resultado da reacção para remoção do SO_2 produz-se gesso (15) que é enviado para uma cadeia de secagem, armazenado temporariamente em silo até à sua expedição para valorização externa ou deposição no aterro de resíduos da Central.

3 - PROJECTO DE REABILITAÇÃO DO SISTEMA TAPROGGE

Neste capítulo irá ser descrito todas as fases de desenvolvimento do projecto sobre o sistema de limpeza dos tubos do condensador denominado por Taprogge. Primeiramente foi estudado o funcionamento do sistema e os seus constituintes, de seguida foi estudado possíveis alterações /melhorias para que o sistema seja mais optimizado, e por fim foi feita uma análise para uma proposta de alteração do autómato para um mais recente.

3.1 - CONDENSADOR

Numa Central Termoeléctrica o condensador tem como funções primordiais conservar o abastecimento de água de alimentação à caldeira (circuito fechado), aumentar o rendimento térmico da turbina e desgaseificar a água. Assim, o condensador representa a fonte fria da máquina térmica.

3.1.1 - Princípio de Funcionamento

O princípio de funcionamento do condensador requer duas operações distintas:

- Circulação contínua de água fria;
- Extracção contínua de condensados.

O condensador é uma grande câmara que se encontra na parte inferior do tubo de escape da turbina de baixa pressão. O vapor cuja expansão na turbina produz energia à saída do corpo de baixa pressão desta sendo conduzido para o condensador onde se dá a condensação [1].

O condensador é no seu interior, atravessado por milhares de tubos que contém água de circulação para o arrefecimento do vapor. O vapor em contacto com os tubos frios, condensa-se, formando gotículas que se precipitam na parte inferior do condensador [1].



Figura 3.1 – Condensador do Grupo 1. Fotografia tirada a 14-03-2013

A água de refrigeração, circuito aberto, é retirada do Rio Tejo. Após a sua circulação nos tubos do condensador, a temperatura de saída é superior, sendo redireccionada para as torres de refrigeração ou novamente para o rio. Na transmissão do calor do vapor para a água de circulação, os factores de maior influência são:

- Velocidade da passagem da água de circulação no interior dos tubos do condensador;
- Temperatura da água de circulação.

A capacidade de transmissão de calor aumenta com a velocidade de passagem da água de circulação e com a diminuição da sua temperatura [1].

3.1.2 - Constituição do condensador

O condensador principal é composto pelo corpo e câmara de chegada do vapor, por feixes tubulares, pelas caixas de água, por um suporte elástico, pelas condutas de vapor para o condensador, pelo fundo dos condensadores e pela água de circulação. O corpo do

condensador e câmara de chegada do vapor é formado para evitar todos os remoinhos e perdas de carga no percurso de vapor. Os feixes tubulares encontram-se no interior da câmara de condensação de vapor e estão dispostos de modo a facilitarem a passagem de vapor até à parte inferior do condensador. O feixe tubular é composto por milhares de tubos (10 a 20.000) tendo estes um diâmetro exterior que varia de 19 a 22 mm e uma espessura de 1 a 1,2 mm e geralmente são em latão (70% Cu e 30% Zn). Internamente, no feixe tubular circula água fria, ou seja, a água de circulação que provém do Rio Tejo.

Nas caixas de água verifica-se a entrada e saída de água de circulação, sendo as suas paredes revestidas com ebonite a fim de evitar corrosão. A figura 3.2 exemplifica a circulação de água no condensador, esta passa directamente da caixa de entrada para a caixa de saída, este tipo de condensador é designado por condensador de passagem directa ou de fluxo único [1].

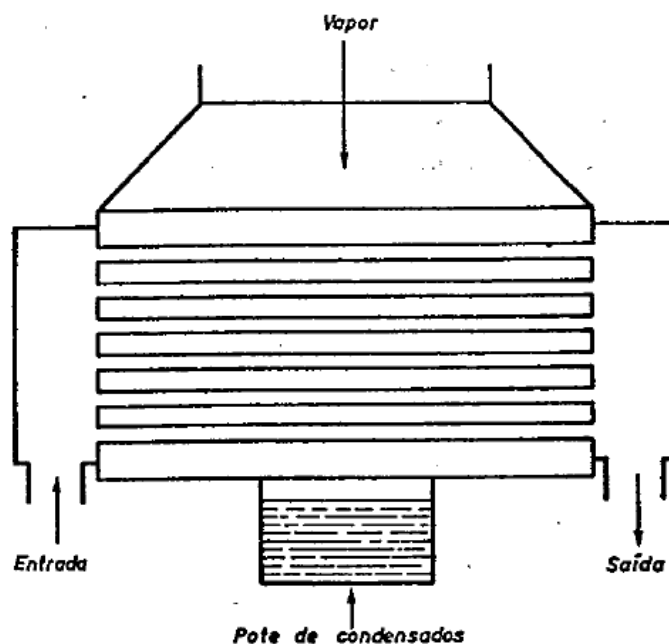


Figura 3.2 – Circulação de água no condensador [1]

Os suportes elásticos dedicam-se a atenuar esforços transmitidos ao corpo da turbina e simultaneamente permitir a sua dilatação. O condensador é suportado em serviço normal através de fortes molas que estão apoiadas em fixes próprios. O peso que as molas suportam

varia fundamentalmente como se encontra o condensador, ou seja, se se encontrar isolado com as válvulas de entrada e saída de água de circulação fechadas (vazio) ou, se se encontra em funcionamento com nível de água [1].

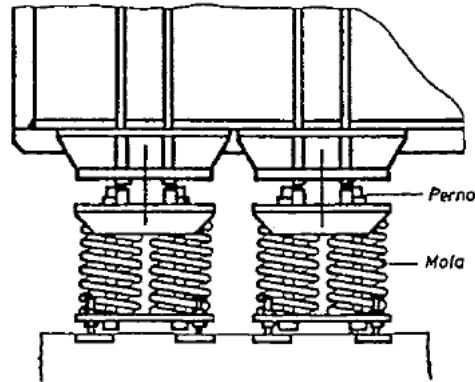


Figura 3.3 – Suporte elástico do condensador [1]

Existem, associadas às molas, como mostra na figura 3.3, pernos limitadores de compressibilidade que suportam o condensador na altura em que este é totalmente cheio de água, a fim de efectuar provas hidráulicas para detecção de eventuais rupturas no tubular. Além das câmaras de chegada do vapor de descarga da turbina, existem numerosas condutas de chegada ao condensador, sendo estas:

- Tubagem de extracção de gases não condensáveis dos pré-aquecedores de B.P. e de A.P.;
- Descarga de emergência dos condensados dos pré-aquecedores de B.P. e A.P.;
- Purgas de algumas tubagens de extracção de vapor;
- Tubagem de equilíbrio (arejamento) da aspiração das bombas extractoras;
- Chegada de água de compensação vinda do tanque tampão;
- Os condensados provenientes da condensação de vapor dos buçins;
- Tubagem de recirculação de água ao condensador;
- Chegada de vapor expandido no dispositivo de introdução de vapor no caso de serviço em bypass (dissipador de energia).

Por último, tem se o fundo dos condensadores que retêm os resíduos e evitam o arrastamento através da água de condensação. Este encontra-se, geralmente à saída dos potes e antes das bombas de extracção. O pote de condensados possui um nível visível e um nível

de regulação, permitindo o controlo e a manutenção do nível de água num valor constante. O circuito de água de circulação permite assegurar a alimentação do condensador com água de refrigeração, sendo vital para o funcionamento de um grupo gerador. Este circuito efectua a circulação de água ao condensador por meio de uma bomba, denominada bomba de recirculação. Esta bomba, aspira a água de um canal de adução a céu aberto, alimentado por outra bomba designada por bomba elevatória, e instalada junto do rio Tejo, comprimindo-a com um débito elevado, através de uma conduta, até ao condensador. A água, após circular pelo condensador, sai por uma conduta subterrânea para um canal de rejeição a céu aberto, sendo devolvida ao rio. A montante, tanto da bomba elevatória como da bomba de circulação, está montada uma grelha de barras verticais ou inclinadas, com o fim de reter os corpos flutuantes de média ou grande dimensão. Antes da bomba de circulação e logo a seguir às grelhas está montado um filtro rotativo, designado por tambor filtrante, que tem a função de eliminar todas as partículas de menor dimensão que possam provocar a obstrução dos tubos do condensador [1].

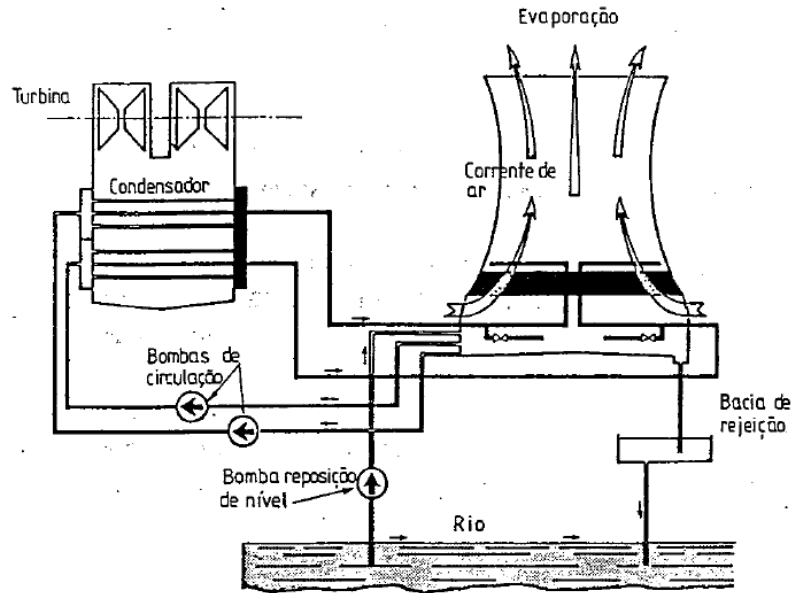


Figura 3.4 – Circuito de água de circulação [1]

3.1.3 - Processos de limpeza dos tubos do condensador

A obstrução dos tubos do condensador deve ser evitada, de forma a não haver diminuição da transferência de calor entre o vapor a condensar e a água que passa no interior do feixe tubular. Esta obstrução é sobretudo ocasionada por:

- Depósitos de lamas argilosas no interior dos tubos, arrastadas pela água de circulação nos períodos das cheias;
- Desenvolvimento no interior dos tubos de micro-organismos de origem biológica sob a forma gelatinosa.

Existem dois processos de limpeza efectuados com o condensador em serviço:

- Limpeza através de injeção de cloro (cloragem);
- Limpeza através do sistema Taprogge

3.2 - LIMPEZA DOS TUBOS DO CONDENSADOR ATRAVÉS DO TAPROGGE

Na central Termoeléctrica do Pego a limpeza dos tubos do condensador é feita através do Taprogge. Neste ponto, vai ser descrito o funcionamento do sistema de limpeza Taprogge e os componentes que o constituem. Este processo consiste em efectuar a limpeza dos tubos com o condensador em serviço, através de bolas de borracha esponjosa de um diâmetro ligeiramente superior ao diâmetro interno dos tubos. As bolas são introduzidas por uma bomba na conduta ou condutas de entrada de água de circulação do condensador e, ao atingirem a caixa de entrada, distribuem-se uniformemente através de todos os tubos do condensador e, empurradas pela água de circulação, efectuem a limpeza das paredes interiores dos tubos do condensador. As bolas são recuperadas à saída do condensador em grelhas montadas nas condutas de saída de água de circulação e aspiradas novamente pela bomba, que as reinjecta, reiniciando-se o ciclo de limpeza.

A quantidade de bolas de limpeza em circulação é de aproximadamente 6 a 10% do número de tubos do condensador. Sempre que as bolas de limpeza atingem um determinado desgaste serão substituídas por novas. Este sistema deve ser colocado fora de serviço antes da paragem da bomba de circulação e as bolas recolhidas na caixa de distribuição [2].

3.2.1 - Descrição do sistema Taprogge

Como descrito anteriormente, uma maneira fiável de evitar depósitos nas paredes dos tubos de refrigeração e todos os problemas a isso devidos, é através da instalação do sistema de limpeza Taprogge no circuito de água de refrigeração [2].

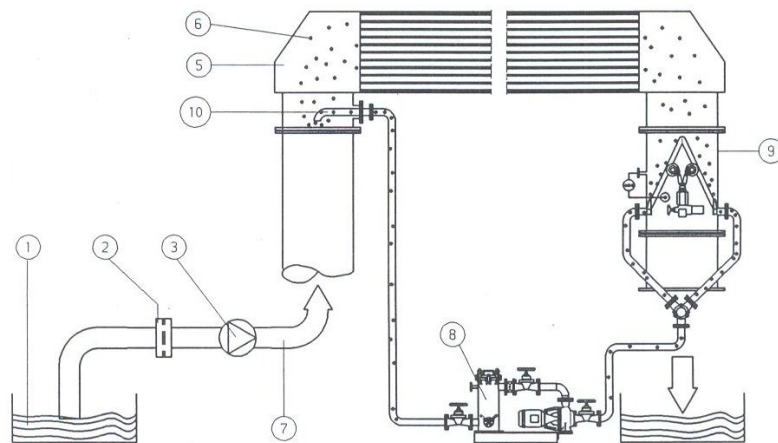


Figura 3.5 – Sistema de limpeza dos tubos do condensador [2]

Legenda - Figura 3.5

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Fonte de água | 7. Tubulação de água de Refrigeração |
| 2. Instalação de triagem | 8. Unidade de recirculação |
| 3. Bomba de água de refrigeração | 9. Secção do filtro |
| 5. Condensador | 10. Injecção de bola |
| 6. Bolas de limpeza | |

Na central termoelétrica do Pego, a fonte de água (1) é o Rio Tejo. A água que é retirada do rio passando por uma instalação de triagem (2), onde é filtrada, de modo a remover detritos e impurezas, sendo depois levada, com a ajuda de uma bomba de água de refrigeração (3), para o condensador (5) através da tubulação de água de refrigeração (7).

Após a filtração da água, a água de refrigeração ainda contém várias quantidades e tipos de impurezas. Estas impurezas podem trazer problemas dentro do condensador, tais como, o bloqueio dos tubos de refrigeração e das placas de arrefecimento. Isto é evitado com a utilização de um filtro de Taprogge [2].

Este filtro Taprogge, consiste na injeção de bolas de limpeza, com diâmetro adequado, no fluxo de água de refrigeração do condensador. As bolas de limpeza são forçadas através dos tubos de refrigeração pela água do circuito, sendo posteriormente, removidas do fluxo de água de refrigeração pelo tubo de saída por meio da secção do filtro (grelhas). As bolas são, então transportadas de volta para a injeção de bolas com a ajuda de uma bomba de recirculação, para novo ciclo. Quando é detectada uma perda de carga de +15mbar, no diferencial de pressão, o colector, recolhe as bolas durante 30min, as grelhas são posicionadas para lavagem e após 15min, as grelhas e o colector são posicionadas para operação. Quando é detectada uma perda de carga de +35mbar, é accionada a lavagem de emergência, em que as grelhas estão sobrecarregadas, sendo que estas são logo posicionadas para lavagem, o colector para recolha e a bomba de recirculação é desligada. Quando há lavagem de emergência há perda significativa de bolas, em que antes do rearranque do sistema deve-se confirmar o número de bolas em circulação [2].

A utilização do sistema de limpeza do tubo – Taprogge garante:

- Evitar as incrustações nos tubos de refrigeração;
- Um nível constante e elevado de transferência de calor no interior dos tubos de refrigeração;
- Redução do consumo de calor;
- Evitar a corrosão nos tubos de refrigeração;
- A redução do uso de aditivos químicos;
- Um prolongamento da vida dos tubos de refrigeração;
- Maior disponibilidade de serviço do condensador;
- Redução dos custos de mão-de-obra, sendo que nenhuma limpeza manual no interior dos tubos de refrigeração será necessária.

3.2.2 - Descrição dos componentes do sistema Taprogge

O sistema de limpeza dos tubos do condensador, sistema Taprogge, é constituído essencialmente por bolas de limpeza, sendo estas o elemento mais importante neste sistema, a secção do filtro, o sistema de medição da pressão diferencial, o colector de bolas, a bomba de recirculação de bolas, as válvulas, os actuadores e por fim o painel de controlo [2].

3.2.2.1 - Bolas de limpeza

As bolas de limpeza são o elemento essencial do sistema de limpeza dos tubos. Para se obter a maior eficiência na limpeza do condensador, é importante a selecção correcta da bola, como o tipo e o tamanho, tendo estas de ser sobredimensionadas relativamente ao diâmetro interior dos tubos de refrigeração [2].

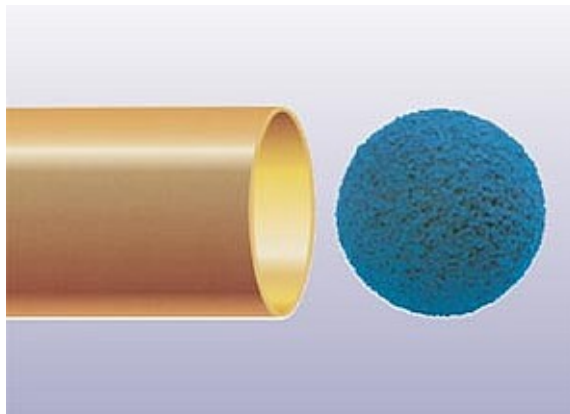


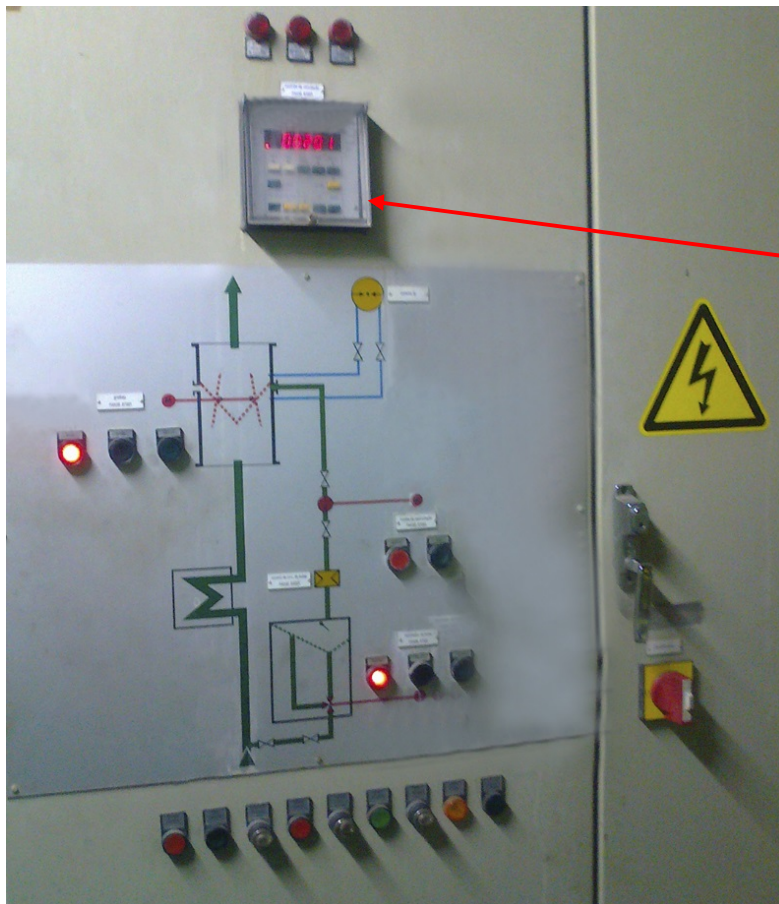
Figura 3.6 – Bola de limpeza

As bolas de limpeza, de borracha com textura esponjosa, onde são introduzidas no fluxo de água de refrigeração do condensador. Elas são forçadas através dos tubos de refrigeração pela água do circuito. As bolas de limpeza são removidas do fluxo de água de refrigeração, no tubo de saída, por meio de uma secção de filtragem. Elas são então, transportadas de volta para a injeção de bolas com a ajuda de uma bomba de recirculação de bolas [2].

Quando se efectua a selecção das bolas, há dois factores determinantes a ter em consideração:

- A limpeza eficiente do condensador combinado com o movimento contínuo das bolas de limpeza através dos tubos de refrigeração como uma consequência da pressão diferencial.
- Circulação livre das bolas de limpeza nas grelhas, secção de filtro, sob as condições de fluxo prevalentes.

O sistema de limpeza de circulação de bolas é contínuo e automaticamente monitorizado pelo BRM [2].



Monitor de
circulação de bolas
de limpeza.

Figura 3.7 – Painel de controlo do sistema de limpeza do condensador, onde está localizado o BRM.

3.2.2.2 - Secção do filtro

A secção do filtro, denominada também por grelhas, é instalado no tubo de descarga da água de refrigeração, e contém todos os componentes e subconjuntos precisos para separar as bolas de limpeza do fluxo de água de refrigeração, para lavar as grelhas e para segurar a operação sem problemas do sistema [2].

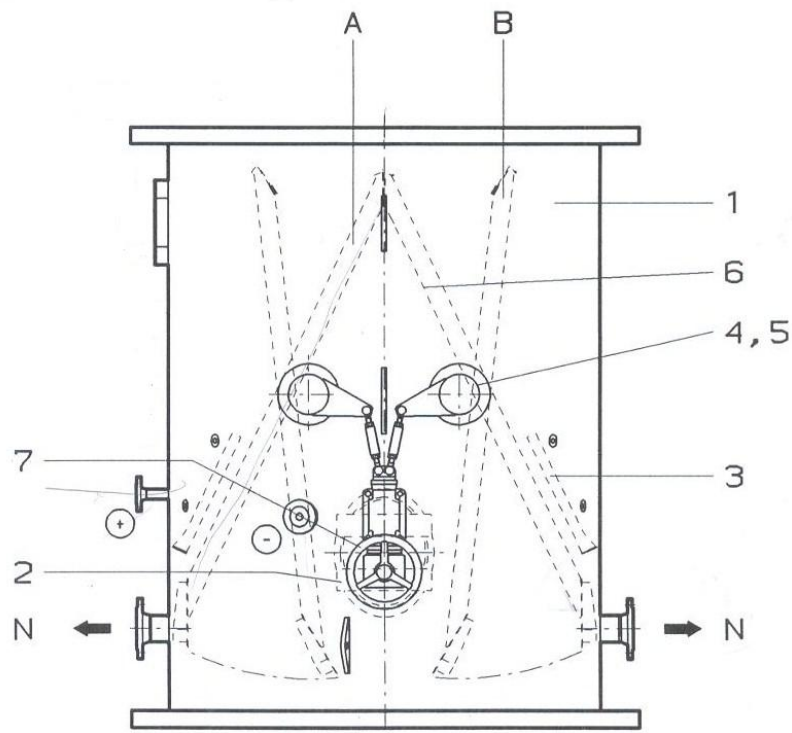


Figura 3.8 – Secção do filtro [2]

Legenda - Figura 3.8

- | | |
|--|---------------------------------|
| 1 – Tubo do filtro | 7 – Actuador com motor-reductor |
| 2 – Orifício de inspecção | N – Tubo de extracção de bolas |
| 3 – Secção da superfície hidrodinâmica | ⊕- Tubo do DPMS positivo |
| 4,5 – Chumaceiras | ⊖ Tubo do DPMS negativo |
| 6 – Filtros (Grelhas) | |

Os filtros semielípticos (6) conduzem as bolas de limpeza para os tubos de extracção das bolas (N). O ângulo do filtro é colocado de acordo com as condições do fluxo nos tubos de refrigeração de água. Sendo a secção do filtro, barras verticais, garante uma máxima rigidez das superfícies do filtro. Uma secção de superfície hidrodinâmica (3) cria turbulência que conserva a área exterior dos filtros livre de detritos. Também guia as bolas de limpeza para a extracção das mesmas. A secção interna do filtro pode ser visualmente verificada através do orifício de inspecção (2). O actuador exterior (7) é composto por uma engrenagem de impulso que permite posicionar simetricamente as grelhas [2].

Posição A: Operação (circulação de bolas) – As grelhas cobrem toda a secção transversal do tubo para separar as bolas de limpeza do fluxo de água de refrigeração.

Posição B: Lavagem – As grelhas são lavadas desde a parte de trás com água de refrigeração e os detritos acumulados são retirados.

Em caso de emergência, a actuação das grelhas é possível por meio de um actuador manual.



Figura 3.9 – Secção do filtro. Fotografia tirada em 16-07-2013

3.2.2.3 - Sistema de medida da pressão diferencial (DPMS)

O sistema de medição da pressão diferencial monitoriza constantemente a quantidade de detritos na secção do filtro. A acumulação nas grelhas faz aumentar a diferença de pressão. Quando um valor é excedido, é necessário proceder à lavagem de modo a evitar a má circulação das bolas ou que a secção do filtro fique danificada [2].

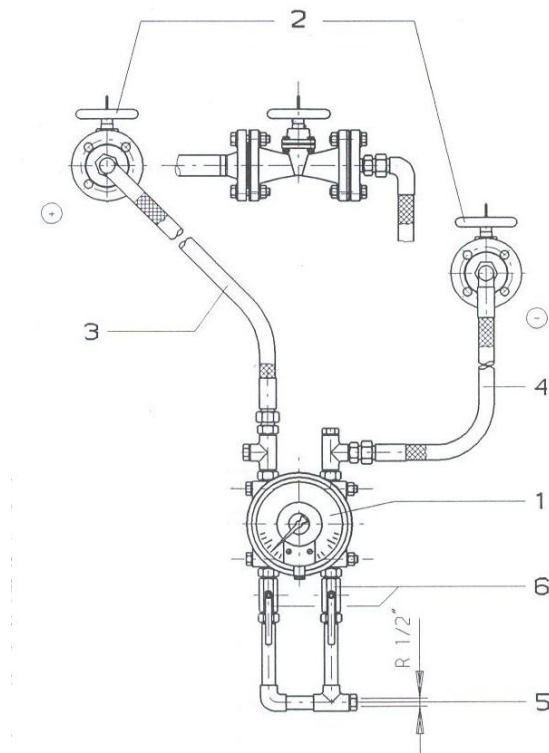


Figura 3.10 – Sistema de medida do diferencial de pressão DPMS [2]

Legenda - Figura 3.10

- | | |
|--------------------------------------|----------------------------|
| 1 – Manómetro de pressão diferencial | 4 – Linha de medição Menos |
| 2 – Válvulas de isolamento | 5 – Linha de descarga |
| 3 – Linha de medição Mais + | 6 – Válvulas de descarga |

O manómetro de pressão diferencial (1) dá uma leitura directa da pressão diferencial, isto é, a queda de pressão através da secção de filtro. Este manómetro é equipado com três contactos de sinal:

Caudal Q1:

- DP contato 1 → $DP_{\text{Limpeza Q1}} + 15\text{mbar}$, Recolha de bolas e lavagem das grelhas
- DP contato 2* → $DP_{\text{Limpeza Q1}} + 35\text{mbar}$, Lavagem imediata das grelhas

Caudal Q2:

- DP contato 2* → $DP_{\text{Limpeza Q2}} + 15\text{mbar}$, Recolha de bolas e lavagem das grelhas
- DP contato 3 → $DP_{\text{Limpeza Q2}} + 35\text{mbar}$, Lavagem imediata das grelhas
- O DP contato 2 é usado duas vezes, porque $DP_{\text{Limpeza Q1}} + 35\text{mbar} \approx DP_{\text{Limpeza Q2}} + 15\text{mbar}$

Os sinais dos DP contactos são processados pelo sistema de controlo. Tanto no caso de estar a bomba de água de refrigeração 1 ou a 2 em funcionamento, a quantidade de água Q1 é entregue. No caso de ambas as bombas de água de refrigeração 1 e 2 estarem em funcionamento a quantidade de água Q2 é entregue. As válvulas de isolamento (2) permitem que o sistema de medição fique isolado para manutenção. As duas válvulas de descarga (6) separam o calibre do DP a partir da ligação de água de descarga durante a medição. O DPMS é escoado para remover lixo que possa ter entrado no sistema. Para prosseguir com esta operação, cada válvula de descarga é aberta sucessivamente. A água de descarga passa pelo manómetro e a linha de medição. Durante a descarga, os valores pré-definidos dos contactos 1 e 3 são atingidos, fazendo com que os operadores possam ver que o sistema de medição está a funcionar correctamente. A pressão de água de descarga deverá ser de pelo menos 0,5bar acima da água de refrigeração no sistema de medição. Ao ligar uma bomba de água de refrigeração 1 ou 2, a medição do diferencial de pressão entre as grelhas é suprimido durante um período de 0,5-30 segundos para estabilização, indicado por uma luz sinalizadora [2].

3.2.2.4 - Unidade de Recirculação

A unidade de recirculação integra todos os componentes necessários para o transporte, recolha e substituição de bolas [2].

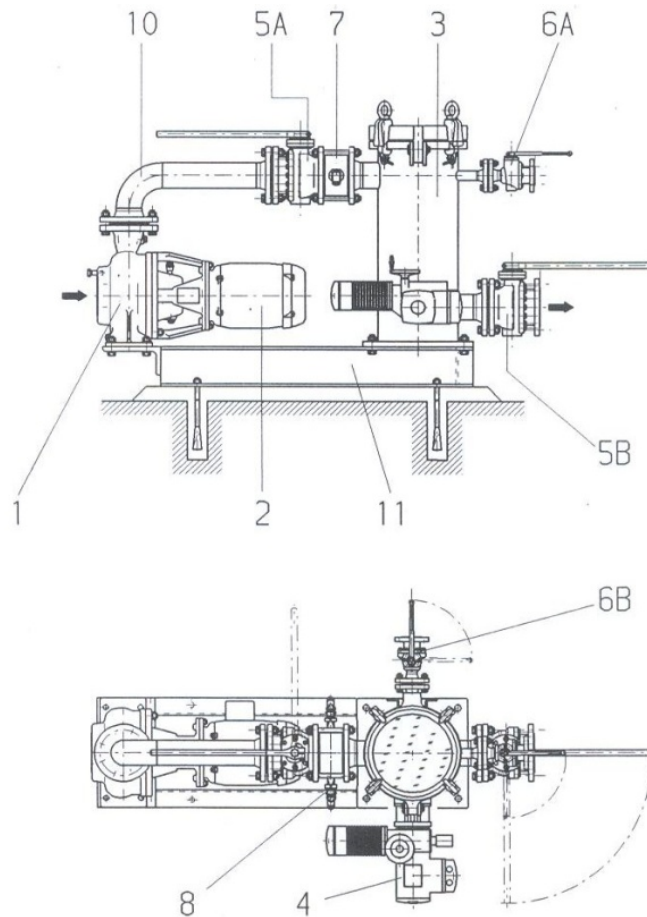


Figura 3.11 – Unidade de recirculação [2]

Legenda - Figura 3.11

1 - Bomba de recirculação	6A – Válvula de ventilação DN 25
2 – Motor	6B – Válvula de drenagem DN 25
3 – Colector de bolas	7 – Receptáculo (para monitor de recirculação de bolas)
4 – Actuador	8 – BRM
5A – Válvula de entrada DN 80	10 – Cotovelo
5B – Válvula de descarga DN 80	11 – Armação de base

3.2.2.4.1 - Bomba de Recirculação de bolas

A bomba de recirculação remove as bolas e um volume pré-definido de água das grelhas e transporta-as para a injeção de bola. A bomba é do tipo centrífuga, de canal duplo. O veio é suportado por uma chumaceira de rolamentos lubrificada com óleo, e selado através de um empanque mecânico. O impulsor foi especialmente desenhado para garantir um transporte não abrasivo das bolas com uma eficiência alta. A bomba de recirculação de bolas está protegida contra a eventualidade de ficar desferrada, devido à bomba de circulação de água estar desligada ou as válvulas não estarem completamente abertas. Se a bomba de água de refrigeração estiver desligada, a bomba de recirculação de água só pode ser ligada se o modo manual for ligado, mas a bomba irá parar após o tempo programado de 5 segundos de modo a evitar que trabalhe a seco [2].



Figura 3.12 – Bomba de Recirculação de bolas. Fotografia tirada a 16-07-2013

3.2.2.4.2 - Colector de bolas

O colector de bolas serve para introduzir as bolas de limpeza no sistema, recolher e finalmente trocá-las [2].

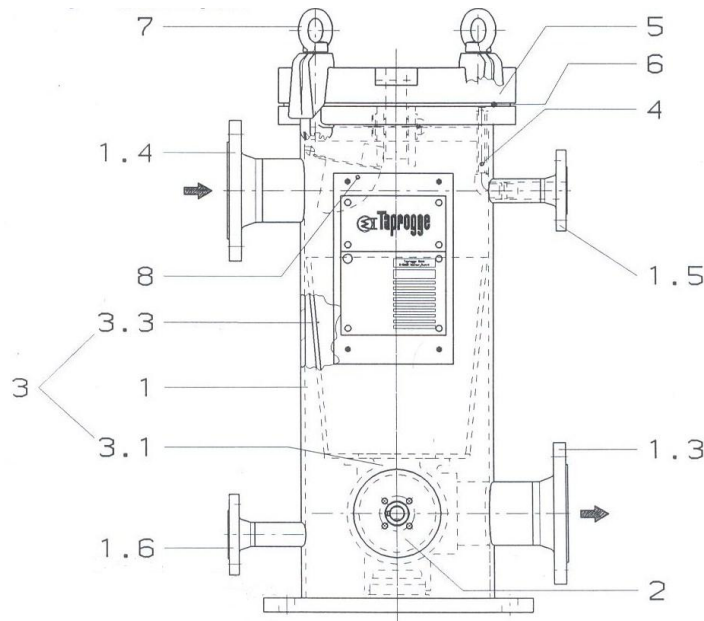


Figura 3.13 – Colector de bolas [2]

Legenda - Figura 3.13

1 – Corpo do Colector	3.1 – Aba de recolha de bolas
1.3 – Tubo de descarga	3.3 – Cesto
1.4 – Tubo de entrada	4 – Ventilação
1.5 – Tubo de ventilação	5 – Cobertura
1.6 – Tubo de drenagem	6 – Junta
2 – Aba de recolha (rolamento e actuação)	7 – Parafuso de aperto
3 – Partes internas	8 – Aba anti-retorno

A circulação das bolas pode ser observada através do visor de vidro na cobertura (5). O colector pode ser drenado e ventilado, respetivamente pelos bocais (1.6) e (1.5). As bolas de limpeza são introduzidas e removidas através de uma tampa aberta (5). Durante estas operações as válvulas de corte do colector de bolas estão fechadas. A aba anti-retorno (8) impede que as bolas de limpeza voltem para o sistema quando a bomba de circulação de bolas não está em funcionamento e as válvulas de corte estão abertas [2].

A aba de recolha de bolas (2) é operada por um motor e tem as seguintes posições de operação [2]:

- **Operação** (circulação de bolas)

A aba de recolha (2) quando em posição de operação está aberta. As bolas de limpeza são bombeadas para o colector de bolas com a água de refrigeração e deixa-a novamente através do tubo da descarga (1.3).

- **Recolha**

A aba de recolha (2) quando em posição de recolha está fechada. A água flui através do cesto de perfuração e a bolas de limpeza são retidas no cesto (3.3). Ambas as posições de funcionamento podem ser ajustadas por meio de um actuador. Em caso de emergência, o accionamento da aba de recolha de bolas é possível por meio de um volante do actuador.

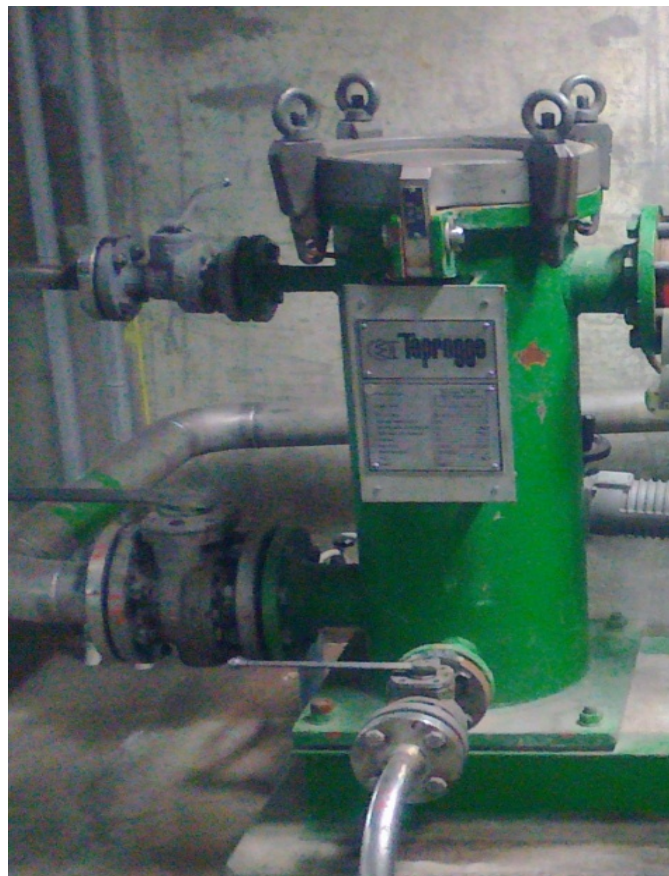


Figura 3.14 – Colector de bolas. Fotografia tirada a 16-07-2013

3.2.2.4.3 - Válvulas de bolas

As válvulas de entrada e descarga do recolhedor de bolas são válvulas mecânicas. Na posição aberta, as válvulas de bolas libertam a secção transversal de todo o tubo para uma limpeza livre de circulação de bolas. Quando fechadas, a introdução e a remoção de bolas de limpeza podem ser realizadas [2].

3.2.2.4.4 - Monitorização da recirculação de bolas (BRM)

O BRM é um dispositivo do sistema Taprogge para monitorização automática da quantidade de bolas de limpeza em circulação [2].

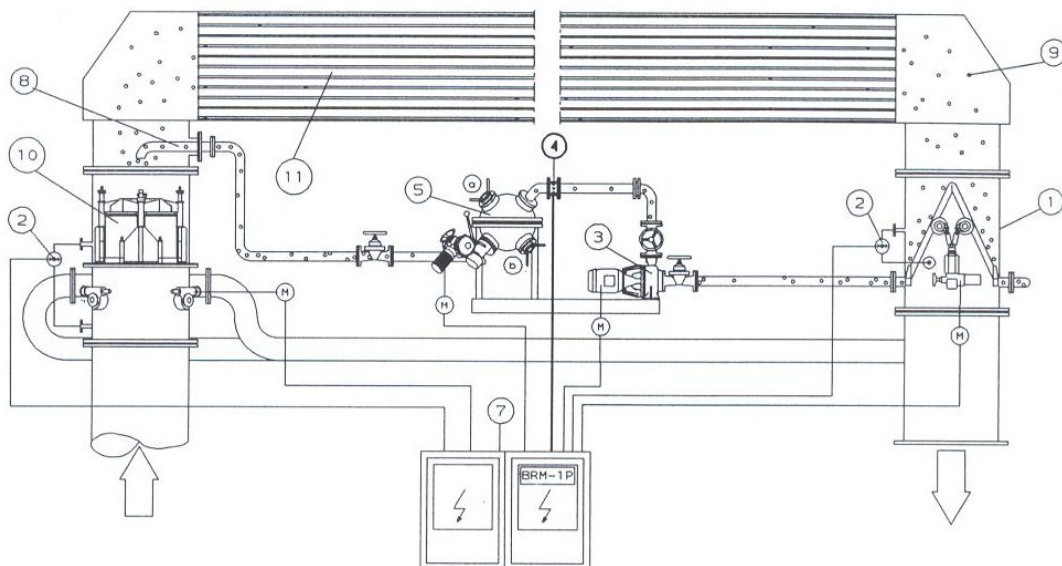


Figura 3.15 – Monitorização da recirculação de bolas BRM [2]

O BRM é constituído por uma barreira de luz e um processador. A barreira de luz é instalada no tubo de circulação de bolas entre a bomba de recirculação e o colectador de bolas. Desta forma, todas as bolas de limpeza passam pela barreira de luz em que cada passagem de bola cria um impulso que o transmissor gera um feixe de infra-vermelhos fortemente concentrado que termina no receptor. Uma percentagem das bolas de limpeza que passa no tubo de circulação de bolas e que quebre o feixe de luz infra-vermelhos o

receptor é escurecido e é transmitido um sinal para o processador e este armazena a contagem das bolas [2].

3.2.2.5 - *Tubos de recirculação de bolas*

No sistema de recirculação, as bolas de limpeza são transportadas desde a descarga da água de refrigeração para o tubo de entrada de água de refrigeração através do tubo de recirculação de bolas. O tubo de recirculação das bolas liga à secção de filtro, à unidade de recirculação e à injeção de bolas. Os seguintes componentes estão também integrados no sistema de recirculação de bolas [2]:

➤ **Válvulas**

As válvulas isolam o tubo de recirculação de bolas do tubo de água de refrigeração. Quando as válvulas estão abertas libertam a secção transversal total do tubo, sem desviar o fluxo de água [2].

➤ **Distribuidor**

O distribuidor divide a tubagem de recirculação de bolas em dois, ou então, une dois tubos de recirculação de bolas [2].

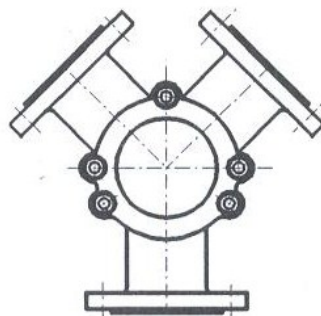


Figura 3.16 – Distribuidor [2]

➤ Injecção de bolas

As bolas de limpeza são reintroduzidas no tubo de entrada de água de refrigeração com a ajuda da injecção de bolas. A fim de garantir uma distribuição uniforme das bolas de todo o sistema, as cabeças de injecção estão direccionadas contra o fluxo de água de refrigeração [2].

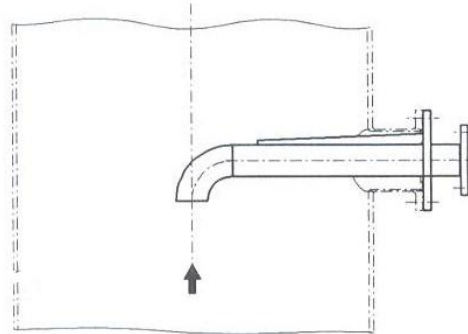


Figura 3.17 – Reintrodução de bolas de limpeza [2]

3.2.2.6 - Actuadores

As grelhas da secção de filtro e a aba de recolha do colector de bolas são manipulados por actuadores. Os actuadores estão equipados com fins de curso que transmitem a posição final correspondente ao painel de controlo [2].

Além disso, os actuadores estão equipados com interruptores de limite de binário que os protegem contra sobrecargas e os componentes relevantes [2].

3.2.2.7 - Painel de controlo

O sistema de controlo serve para operar, controlar e monitorar o sistema de limpeza dos tubos do condensador. As unidades básicas de monitorização são:

- Sistema de medição do diferencial de pressão;
- Monitor BRM da recirculação de bolas.

O sistema de controlo é um controlador lógico programável (PLC) da Siemens S5-100U. Todas as funções necessárias para os modos de operação de controlo e monitorização são automaticamente armazenadas num único programa (EPROM) [2].

O sistema de controlo tem duas opções para a operação de limpeza:

- Operação de limpeza continua;
- Operação de limpeza descontínua. Esta operação começa num tempo pré-seleccionado e dura tanto quanto o tempo programado. Esta selecção de tempo pode ser feita com um relógio de tempo. Este relógio é fixado no painel.

O painel de controlo é completamente pré-fabricado com componentes internos, com instrumentos embutidos nas portas, botões de pressão e luzes piloto. O painel de controlo está equipado com uma ampla abertura de portas articuladas que contém todas as facilidades para:

- A transmissão de sinal a partir de componentes do painel de controlo;
- A transmissão de sinal por meio de contactos livres de potencial a partir do painel de controlo para o centro de controlo;
- Fornecimento de energia para todos os componentes exteriores;
- Interruptor principal;
- Interruptores e botões de pressão para todas as funções necessárias;
- Luzes piloto que demonstram o actual estado de operação;
- Indica eventuais perturbações.

Os sinais livres de potencial, fornecidos a partir do painel de controlo para a sala de comando são os seguintes:

- Alarmes gerais:
 - Tempo de lavagem do sistema DP excedido;
 - Grelhas sobrecarregadas;
 - Sobrecarga térmica de todos os motores e actuadores;
 - Tempo de funcionamento dos actuadores.
- Quantidade de bolas muito baixa;
- Sistema ligado;
- Sistema desligado;
- Falha de tensão.

Os sinais livres de potencial, fornecidos a partir da sala de comando para o painel de controlo são os seguintes

- Um sinal combinado relacionado com o estado de:
 - Sistema de refrigeração ligado;
 - Bomba de água de refrigeração 1 ou 2 em operação;
 - Válvula de entrada do condensador aberta;
 - Válvula de saída do condensador aberta.
- Duas bombas de refrigeração de água em operação.

3.2.3 - Estudo de possíveis alterações/melhorias ao sistema

Após a análise da constituição e funcionamento do sistema, estudou-se eventuais melhorias e alterações para que este seja optimizado. As melhorias e alterações propostas são:

- Remover temporizadores externos, sendo esta operação executada pelo próprio autómato;
- Actualização do painel de controlo (botões de pressão para Touch Screen);

3.2.3.1 - Identificação das alterações/melhorias

O Painel de controlo continua a ser constituído por todos os componentes electrónicos necessários para:

- Operação e controlo do sistema de limpeza dos tubos;
- Transmissão dos comandos de controlo entre a sala de comando e o painel de controlo;
- Controlo e fornecimento de potência aos consumidores eléctricos exteriores.

As alterações identificadas são:

- Os novos módulos de entradas e saídas irão ser todos alimentados a 24V DC como se encontra no anexo III;
- Nos canais dos módulos de saídas digitais irá ser colocado um banco de relés de interface;

- Na zona frontal do painel de controlo irá manter-se:
 - ◆ Interruptor principal;
 - ◆ Selector para modo de operação – Manual/Automático Local/Automático Remoto;
 - ◆ Lâmpada de sinalização para indicação da mensagem de alarme comum.
- Irá ser adicionado um painel de operação (Touch) para as seguintes indicações:
 - ◆ Situação actual do sistema operacional;
 - ◆ Alarmes individuais;
 - ◆ Temporizadores de controlo;
 - ◆ Informação respeitante à resolução de avarias;
 - ◆ Linguagem alternativa.

O modo de operação do painel de controlo será:

- Execução de todas as funções operacionais;
- Accionamento dos temporizadores de controlo;
- Selecção da linguagem.

3.2.3.2 - Alteração e programação de temporizadores

Para inserir as linhas de comando é necessário os esquemas eléctricos para perceber como foi feita a programação dos temporizadores.

A programação dos temporizadores foi feita numa FC ('function'), denominada como FC 15 em linguagem FBD. O único temporizador que não foi programado nesta FC15 foi o temporizador K4, e este foi programado em linguagem STL.

Existem dois tipos de temporizadores:

- '*On-Delay*'

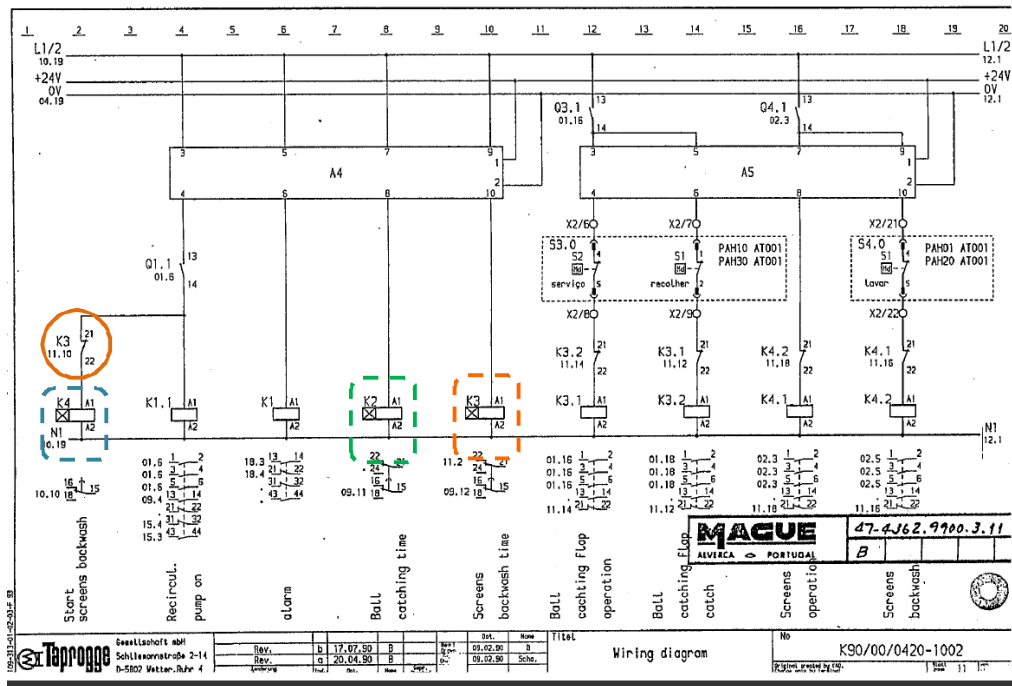
Quando a bobina de um relé temporizado '*on-delay*' é energizada, os contactos mudam os estados depois de um tempo pré determinado.

- '*Off-Delay*'

Quando a bobina de um relé temporizado ‘off-delay’ é energizada, os contactos mudam imediatamente os estados e depois de um tempo pré determinado voltam para a posição original.

➤ **Temporizador K2 (Tempo de recolha das bolas) e K3 (Tempo de lavagem das grelhas)**

O temporizador K2 e o temporizador K3 encontram-se nas saídas Q4.2 e Q4.3, respectivamente. O temporizador K2 corresponde, na figura abaixo, ao quadrado tracejado verde e o K3 corresponde ao quadrado tracejado laranja.



Esquema 3.1 – Esquema de comando dos módulos de saídas A4 e A5 com as condições dos temporizadores K2 (Tempo de recolha das bolas), K3 (Tempo de lavagem das grelhas) e K4 (Tempo de iniciar a lavagem das grelhas)

Para se proceder à programação destes temporizadores é necessário verificar se as saídas correspondentes são precisas noutras saídas.

O temporizador K2, é um temporizador do tipo ‘On-Delay’ e está programado para um tempo de 35 minutos, que para ser accionado é necessário que a saída Q4.2 tenha as devidas

condições para ficar a '1'. Foi verificado que o temporizador K2 não é necessário em mais nenhuma condição e então a saída Q4.2. foi substituída por uma memória (M24.2) ao longo do código do programa, libertando assim uma saída do autómato (Anexo III). Então o temporizador K2 foi programado como mostra a figura 3.18.

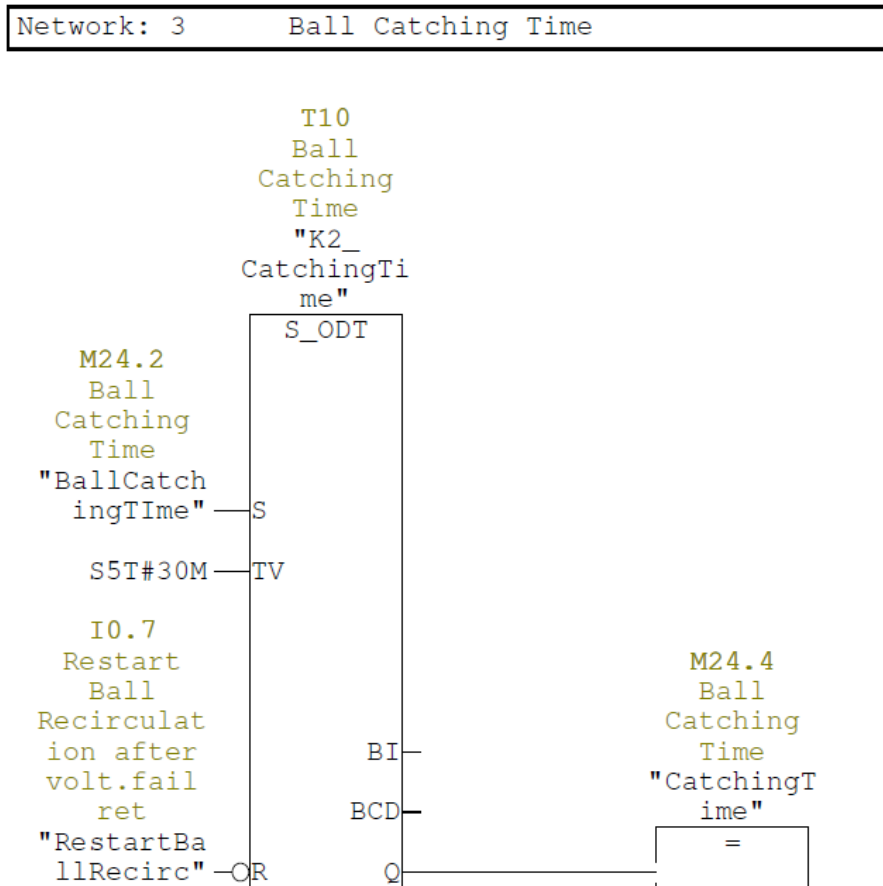


Figura 3.18 – Código de programação do temporizador K2 (Tempo de recolha das bolas)

Em programação S7, o temporizador K2 fica denominado por T10.

O temporizador K3 também é ‘On-Delay’ e está programado para 15 minutos. que para ser accionado necessita da saída Q4.3 a ‘1’. Este temporizador tem um contato que é utilizado na saída Q4.0 para accionar o temporizador K4, sendo assim, a saída Q4.3 não é substituída por uma memória, como mostra a figura 3.19.

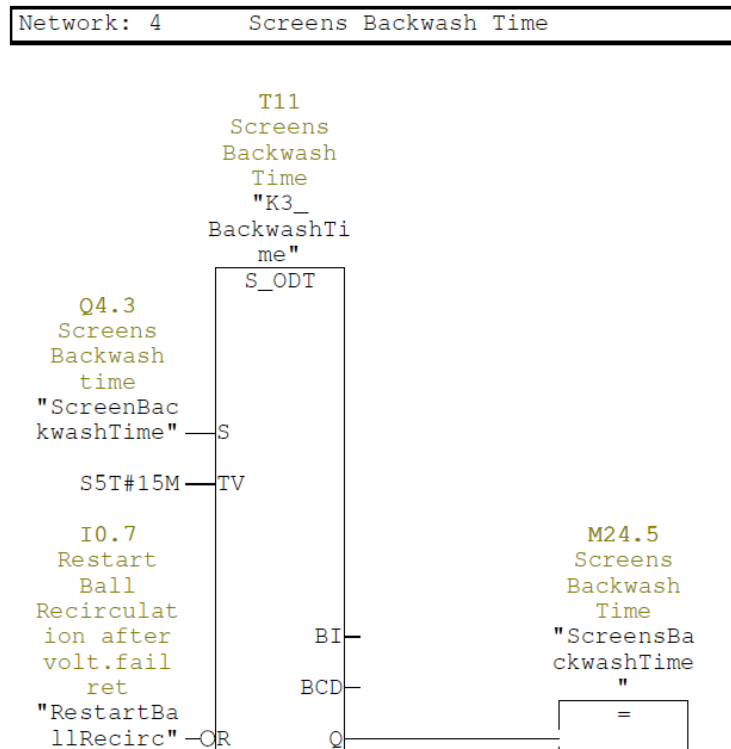
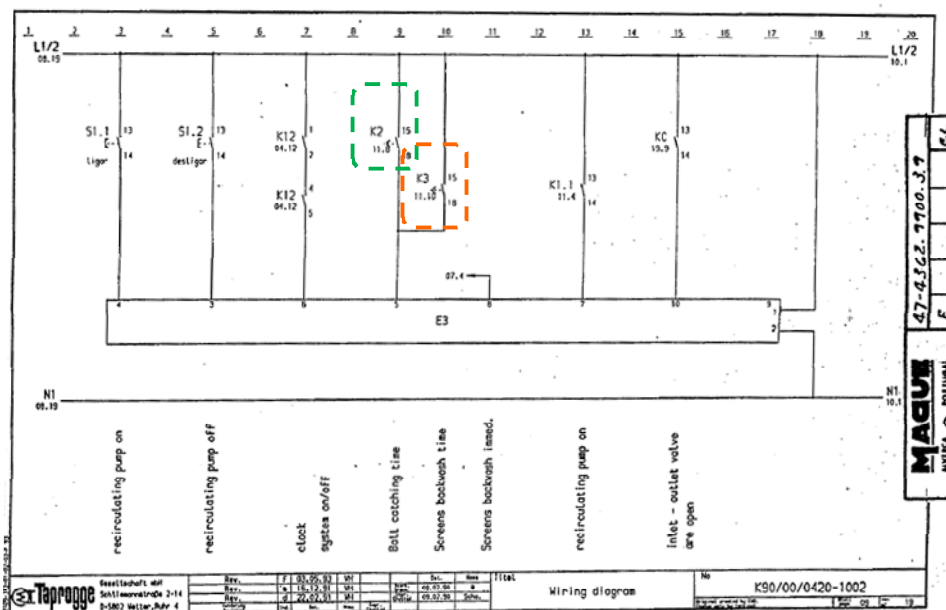


Figura 3.19 – Código de programação do temporizador K3(Tempo de lavagem das grelhas)

O temporizador K3, em código S7 fica denominado por T11. Feita a programação destes temporizadores, verifica-se que na entrada IO.3 é necessário o accionamento de um deles.



Esquema 3.2 – Esquema de comando da condição ‘OR’ dos temporizadores K2 (Tempo de recolha das bolas) e K3 (Tempo de lavagem das grelhas)

Então, para a entrada I0.3, é preciso uma condição “OR” como mostra o esquema 3.2. Para a programação do K3, o M24.4 corresponde ao temporizador K2 e o M24.5 corresponde ao temporizador K3. Após a condição de um ou outro temporizador se verificar, este estado é guardado numa memória (M24.6), o que irá fazer com que esta entrada deixe de existir no autómato e fica internamente, sendo que o I0.3 foi substituído ao longo do código por M24.6.

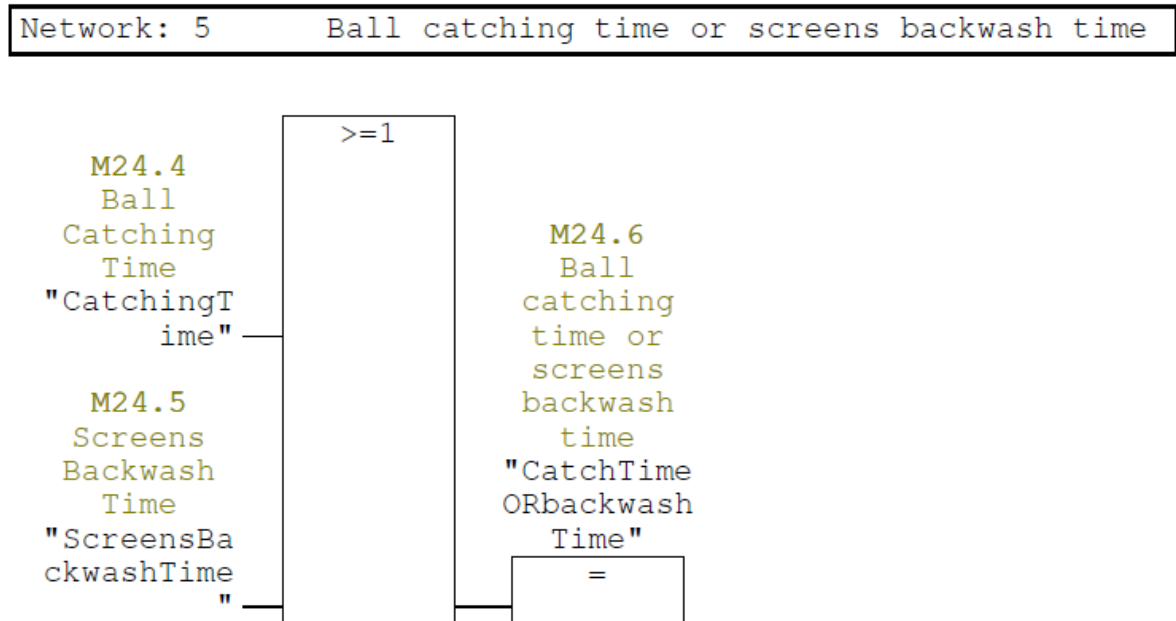


Figura 3.20 – Condição “OR” K2/K3

➤ **Para o temporizador K4 (Iniciar lavagem das grelhas)**

O temporizador K4 foi programado de forma diferente dos restantes. Isto porque este temporizador serve que mesmo o sistema esteja ou não em funcionamento, este após contar 24h acciona o sistema para lavagem das grelhas. Como este temporizador é de 24h e a função dos temporizadores internos não permite contar mais de 2h cada e para não encadear temporizadores uns nos outros optou-se por programar as 24h através de contadores com um oscilador. Estas duas funções foram programadas em FC’s distintas como é mostrado nas figuras seguintes.

```

Network: 1
-----
Oscilador
    
```

```

AN    T    20
S     M    26.0
L     S5T#500MS
SD    T    18
L     S5T#1S
SD    T    20
AN    T    20
R     M    26.0
A     T    18
=     M    26.1
    
```

Figura 3.21 – Código de programação do Oscilador para o temporizador K4(Iniciar lavagem das grelhas)

A figura acima mostra como foi efectuada a programação do oscilador. Este tem como principal função enviar pulsos para a contagem de segundos e de milésimos de segundos de modo a fazer uma contagem idêntica à dos temporizadores.

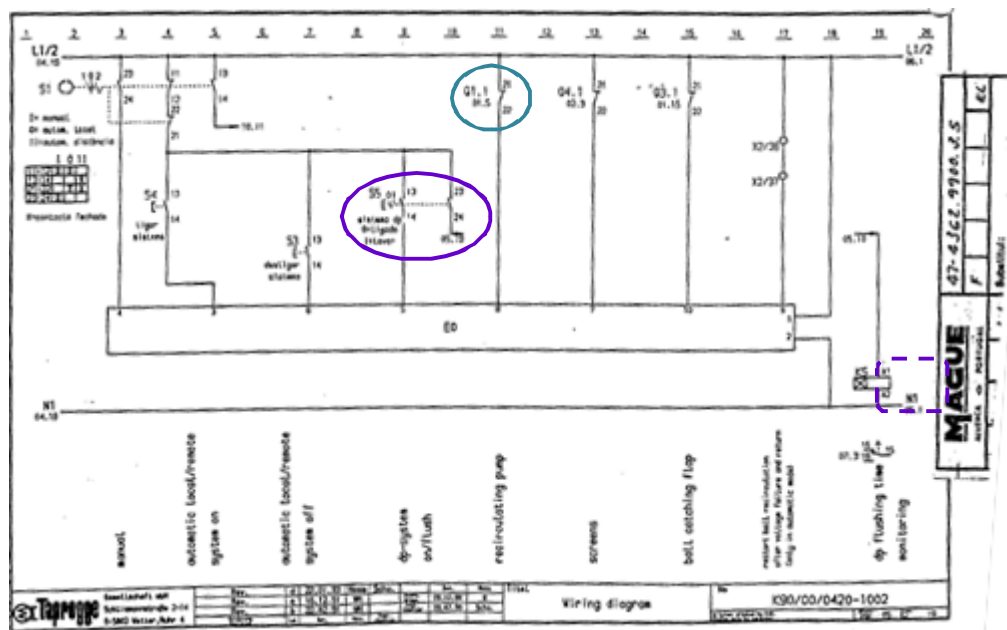
```

Network: 1      Seconds
-----
Programador de 24h para o temporizador externo K4 - Start Screens Backwash
    
```

A	"RecircpumpON"	Q4.0	-- Recirculating Pump ON
AN	"Rec_Pump"	I0.4	-- Recirculating Pump
A	"ScreensBackwashTime"	M24.5	-- Screens Backwash Time
A	M 26.1		
CU	"Seconds"	C1	-- Seconds
L	"Seconds"	C1	-- Seconds
L	60		
>=I			
=	M 26.2		
A	M 26.2		
R	"Seconds"	C1	-- Seconds
A	M 26.2		
CU	"Minutes"	C2	-- Minutes
L	"Minutes"	C2	-- Minutes
L	60		
>=I			
=	M 26.3		
A	M 26.3		
R	"Minutes"	C2	-- Minutes
A	M 26.3		
CU	"Hours"	C3	-- Hours
L	"Hours"	C3	-- Hours
L	24		
>=I			
=	M 26.5		
A	M 26.5		
R	"Hours"	C3	-- Hours

Figura 3.22 – Código de programação do temporizador K4 (Iniciar lavagem das grelhas)

No esquema 3.1, o temporizador K4 está sinalado pelo quadrado tracejado azul. As variáveis iniciais no código, Q4.0, I0.4 e M24.5, são as condições para que este temporizador seja accionado. Na figura 3.22, estão representadas as condições que o K4 necessita para ser accionado e como foi dito anteriormente este necessita do contacto do K3 fechado (após a contagem do tempo pré-determinado), que é a condição M24.5. O Q4.0 é a saída deste temporizador que é necessário estar a '1' para que tenha condições de ser executado. A entrada I0.4 corresponde ao contacto do Q1.1 que é feito na entrada, círculo azul no esquema 3.3 para accionar a saída Q4.0.



Esquema 3.3 – Esquema de comando do módulo de entradas E0 com as condições para o temporizador K5 (Tempo de monitorização da lavagem do DP)

Após as condições necessárias para a execução do temporizador K4 realizarem-se, procede-se à contagem dos segundos, minutos e por fim as horas. Primeiramente, o contador regista 60 segundos, seguidamente 1 minuto e assim consecutivamente. Assim que chegue aos 60 minutos conta 1 hora até chegar às 24h. Quando chegar às 24h, este faz 'reset' e começa a contar de novo quando tiver as condições iniciais novamente.

➤ **Para o temporizador K5 (Tempo de monitorização da lavagem do DP)**

O temporizador K5 é 'Off-Delay' e para que seja accionado é necessário que o estado da entrada I0.3 esteja a '1' de modo a que o sistema de diferencial de pressão seja lavado. Quando esta entrada está a '0' significa que o sistema está ligado. O temporizador K5 está programado com um tempo de 10 minutos.

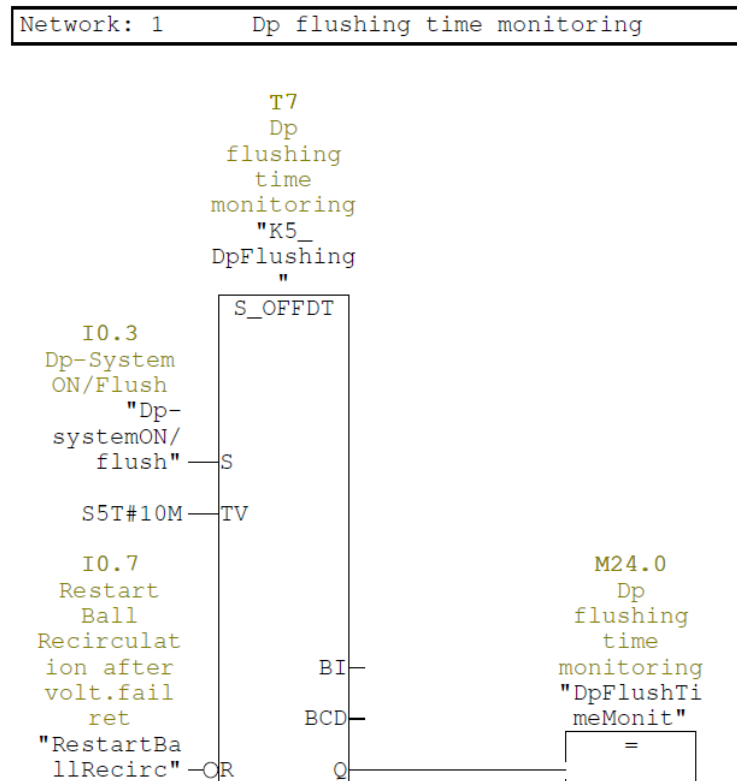
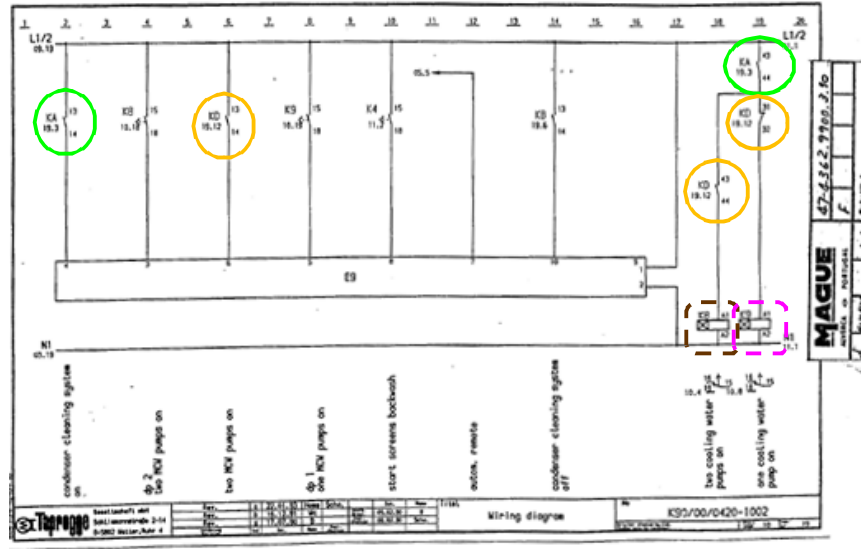


Figura 3.23 – Código de programação do temporizador K5 (Tempo de monitorização da lavagem do DP)

➤ **Para o temporizador K8 (Tempo de duas bombas de água de refrigeração ligadas) e K9 (Tempo de uma bomba de água de refrigeração ligada)**

O temporizador K8 refere-se a um estado em que duas bombas de água de refrigeração são ligadas e o temporizador K9 refere-se ao estado em que só uma bomba é ligada. Ambos os temporizadores são 'Off-Delay'. Para serem accionados são necessárias condições vindas da sala de comando que façam atracar os contactos dos relés auxiliares KA e KD.



Esquema 3.4 – Esquema de comando do módulo de entradas digitais E9 com as condições para os temporizadores K8 (Tempo para ligar as duas bombas de água de refrigeração) e K9 (Tempo para ligar uma bomba de água de refrigeração)

Os contactos KA e KD são contactos normalmente abertos, ou seja, para o temporizador K8 accionar os contactos KA e KD tem que estar a ‘1’ (fechados), como mostra na condição ‘&’ (And) na figura abaixo.

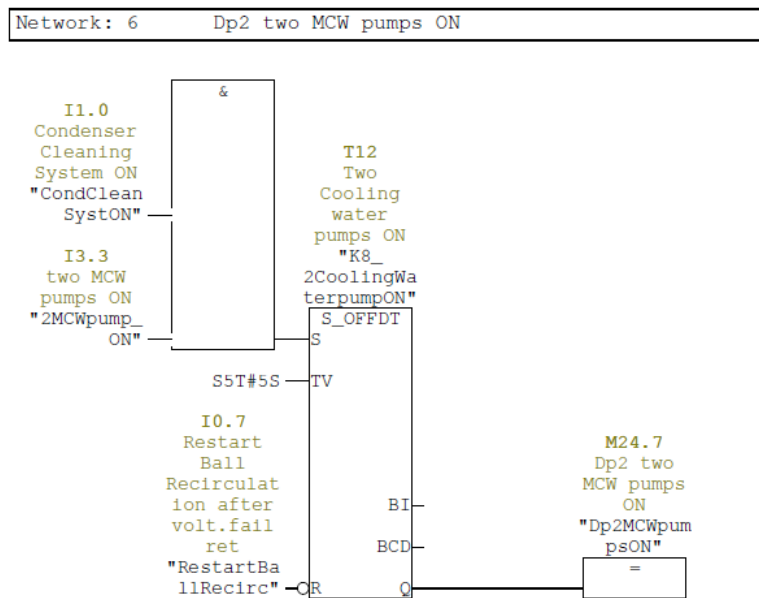


Figura 3.24 – Código de programação do temporizador K8 (Tempo para ligar as duas bombas de água de refrigeração)

As entradas I1.0 e I3.3 correspondem às entradas I9.0 e I9.2 respectivamente. Isto acontece, porque ao programar o autómato S7-300 foi necessário alterar algumas das entradas. Ao programar este temporizador conseguiu-se poupar mais uma entrada, sendo a entrada I9.1 substituída ao longo do código por uma memória M24.7.

O temporizador K9 processa-se da mesma forma que o temporizador K8, sendo que este só é accionado com o KA a '1' e o KD a '0', ou seja, o KD é uma condição negada. Como mostra a figura seguinte.

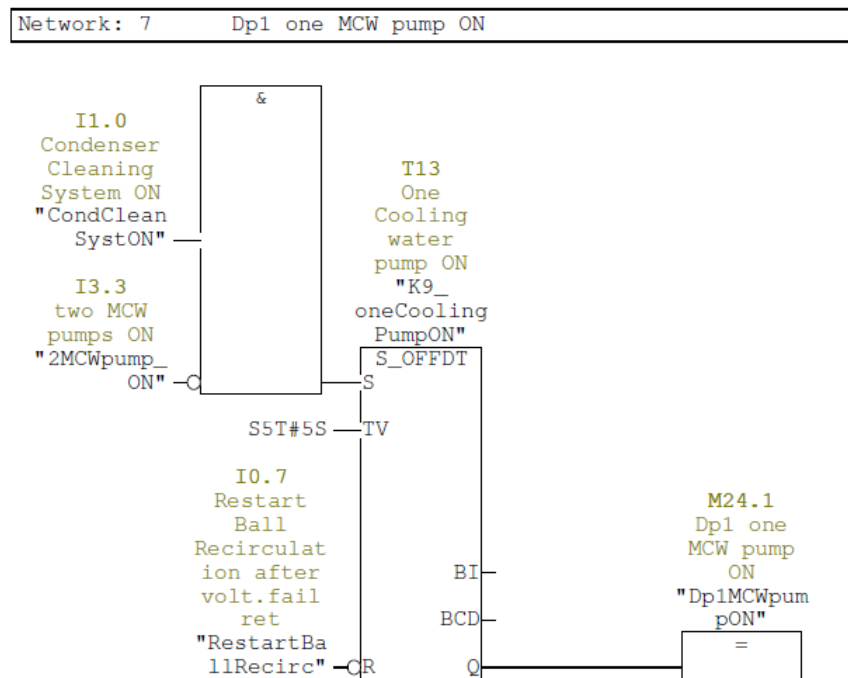


Figura 3.25 – Código de programação do temporizador K9 (Tempo para ligar uma bomba de água de refrigeração)

Ao programar este temporizador conseguiu-se poupar mais uma entrada, sendo a entrada I9.3 substituída ao longo do código por uma memória M24.1.

3.2.3.3 - Simulação de alteração de temporizadores

Para executar estas simulações foi necessário requisitar um autómato disponível em armazém com as respectivas cartas de entrada e saída. A simulação das alterações feitas no programa decorreu em dois passos:

- Simulador SIMATIC MANAGER
- Simulação prática (oficina eléctrica)

3.2.3.3.1 - Simulador SIMATIC MANAGER

De modo a simular as alterações feitas no programa, primeiro é necessário carregar o ficheiro (1) para o simulador.

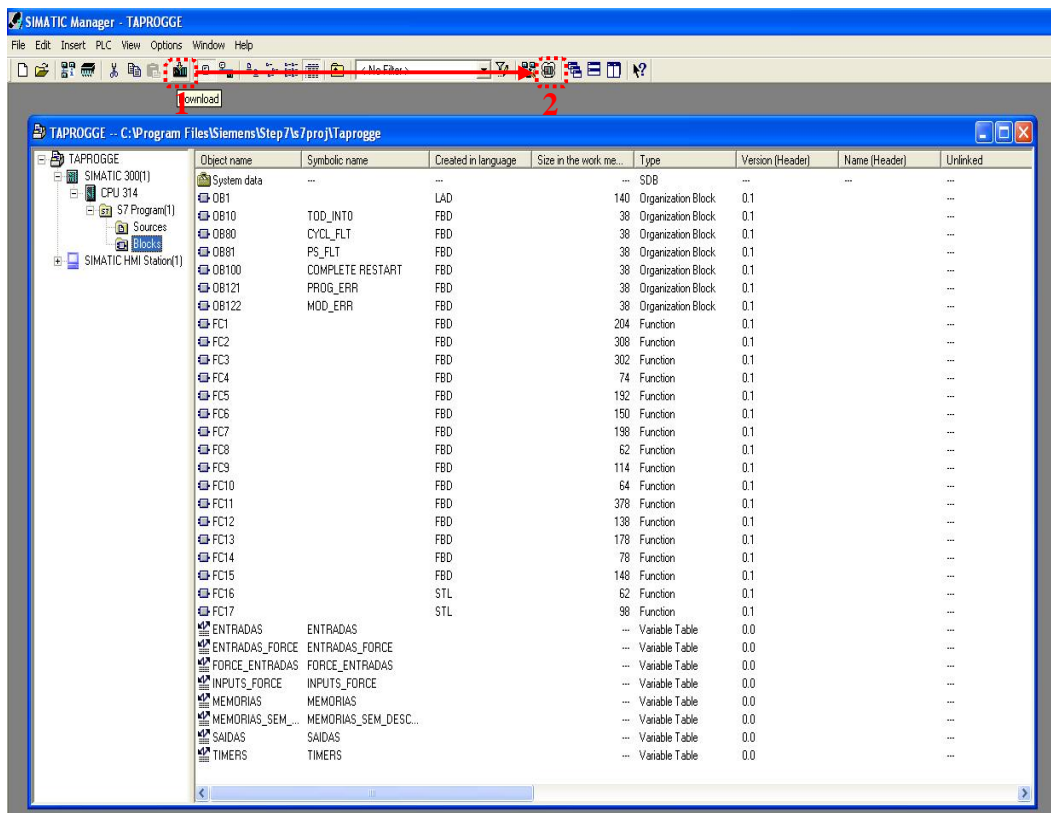


Figura 3.26 – Programa do Taprogge em SIMATIC MANAGER. (1) – Icon para efectuar Download do programa; (2) - Icon de simulação

De seguida, escolhe-se a opção de simulação (2) para testar o programa em questão. Esta operação irá abrir uma janela com as entradas e saídas do autómato.

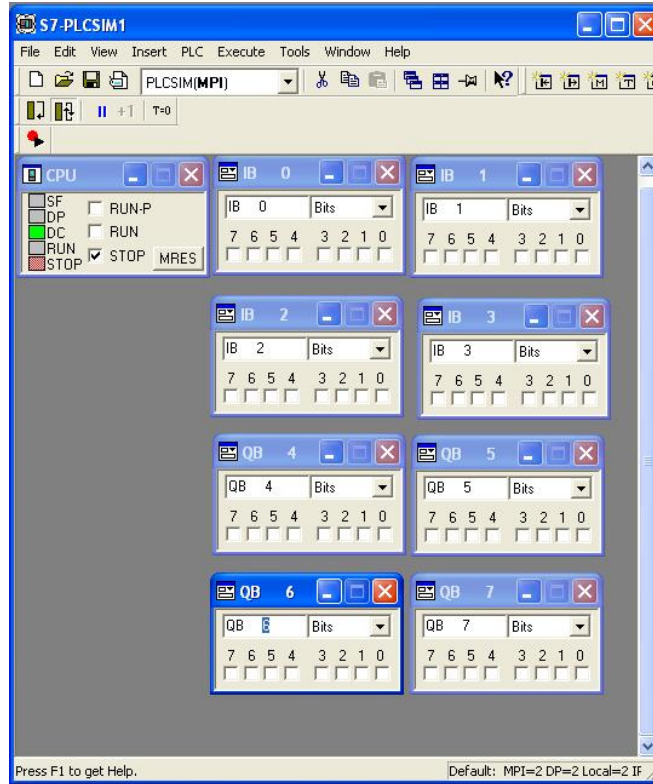


Figura 3.27 – Janela de simulação

Após o simulador estar pronto, criou-se um conjunto de tabelas com as memórias e os temporizadores de modo a verificar os seus estados.

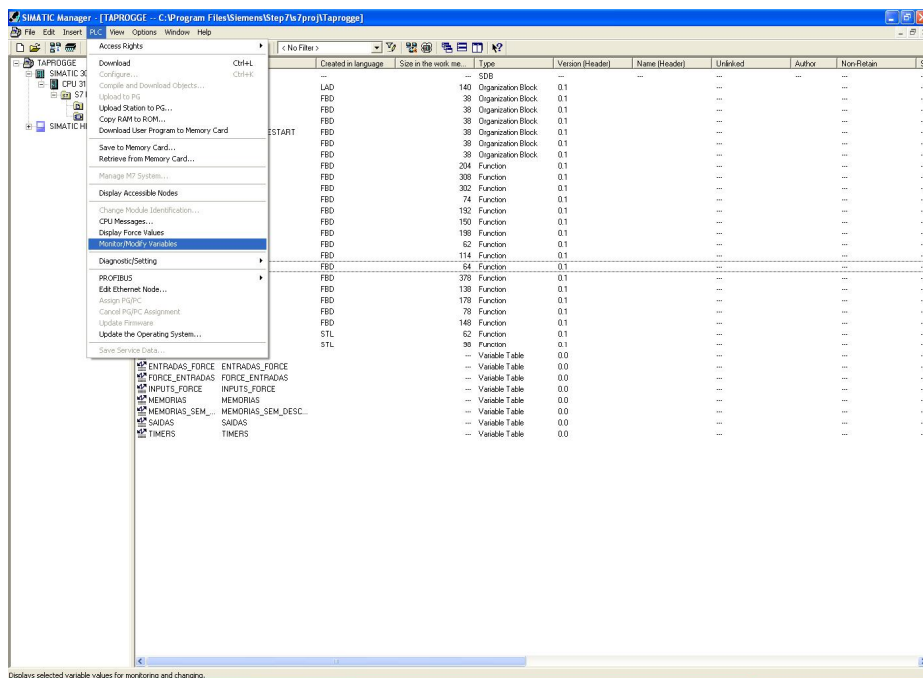


Figura 3.28 – Criação de tabelas de estados do programa

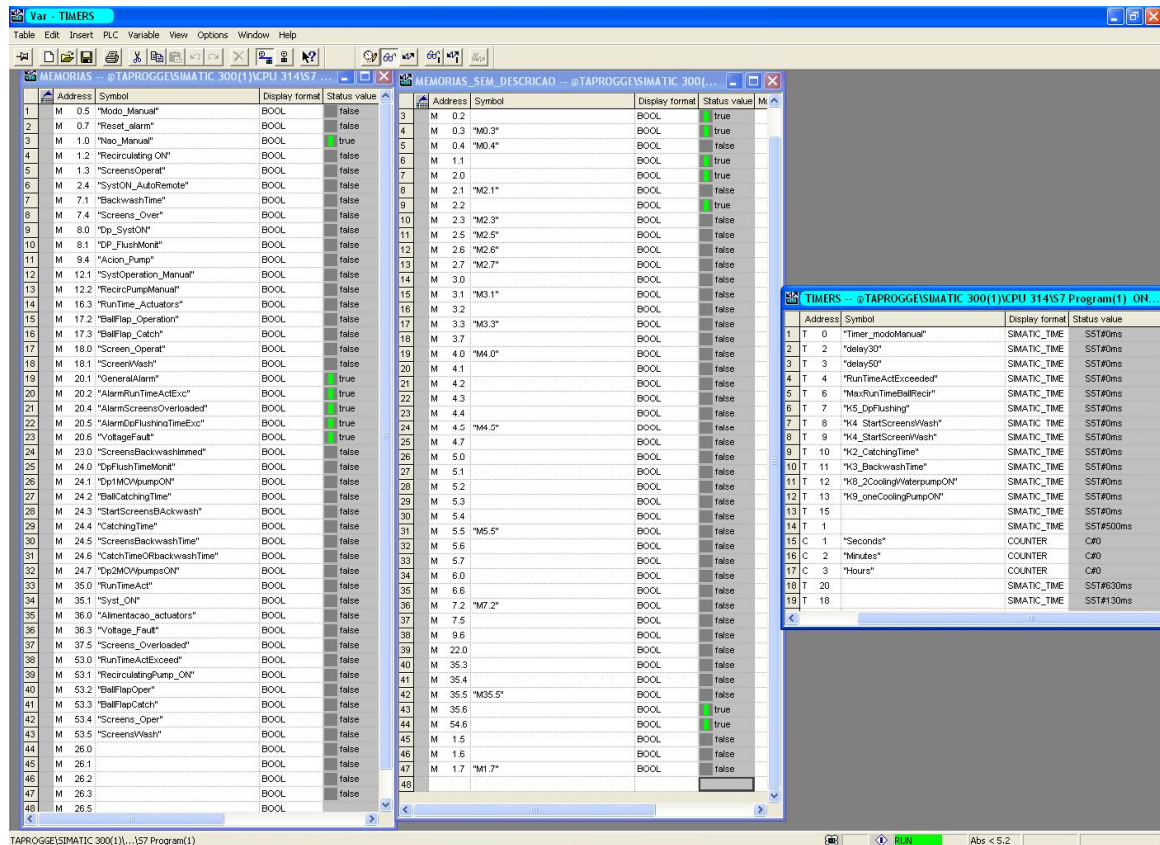


Figura 3.29 – Conjunto de tabelas de estados do programa

Assim que as tabelas estiverem elaboradas, dá-se início à simulação do programa (consultar anexo I para verificar ordem de funcionamento). Após ter-se verificado o correcto funcionamento do programa, procedeu-se à simulação prática com o autómato.

3.2.3.3.2 - Simulação prática (oficina eléctrica)

A figura 3.30 mostra a bancada de trabalho com o material que foi necessário para a execução da simulação na oficina. Foi necessário uma fonte de alimentação para alimentar a CPU e os módulos de entradas e saídas do autómato com 24V DC. A PGM2 onde contém o programa necessário e onde se faz certas execuções, o cabo MPI para efectuar a comunicação entre a PGM2 e a CPU do autómato e os cabos para fazer as respectivas ligações.

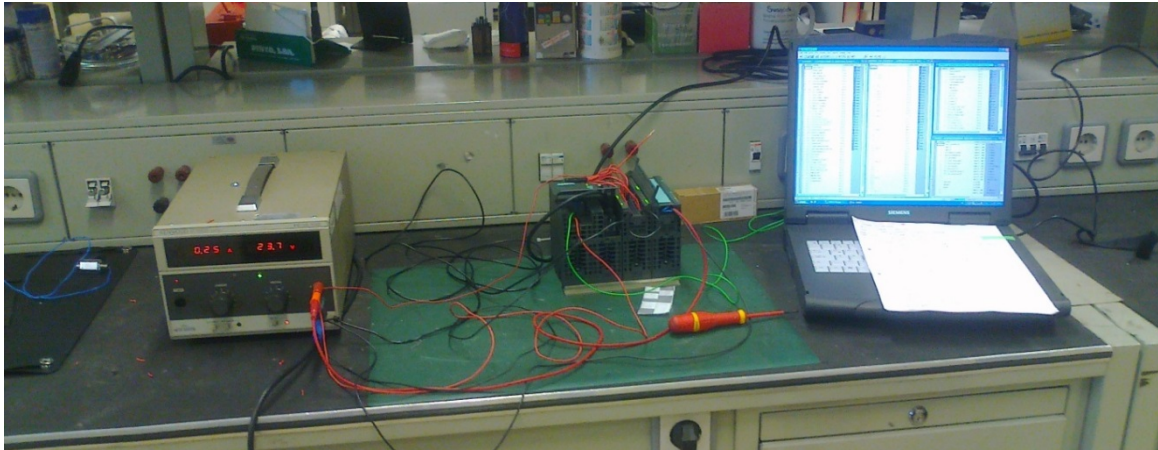


Figura 3.30 – Conjunto de elementos necessários para a execução da simulação prática do programa.

A simulação prática do programa foi feita de dois modos. Em primeiro as entradas do autómato foram forçadas através do programa SIMATIC MANAGER. Em segundo, foram introduzidos 24V DC nas entradas do autómato através da sua alimentação.

Primeiramente, antes de iniciar a simulação prática foi necessário fazer um levantamento dos autómatos disponíveis em armazém, como a CPU, módulos de entradas digitais e módulos de saídas digitais. Após este levantamento requisitou-se uma CPU 314 (6ES7314-1AE04-0AB0), um módulo de 32 entradas digitais (6ES7321-1BL00-0AA0) e um módulo de 32 saídas digitais (6ES7322-1BL00-0AA0).

- **Simulação: Forçar entradas no SIMATIC MANAGER**

O primeiro método de simulação prática executada na oficina foi forçar as entradas do autómato através do programa SIMATIC MANAGER. Para que a simulação seja executada é necessário, em primeiro lugar, alimentar a CPU e respectivos módulos de entrada e saída com a fonte de alimentação (esquemas em Anexo IV), posteriormente ligar a PG M2 à CPU do autómato através de um cabo RS485 e fazer a comunicação entre a PG M2 e o respectivo autómato através do programa SIMATIC MANAGER. Esta comunicação entre o autómato e a PGM2 é MPI, como mostra a figura abaixo.

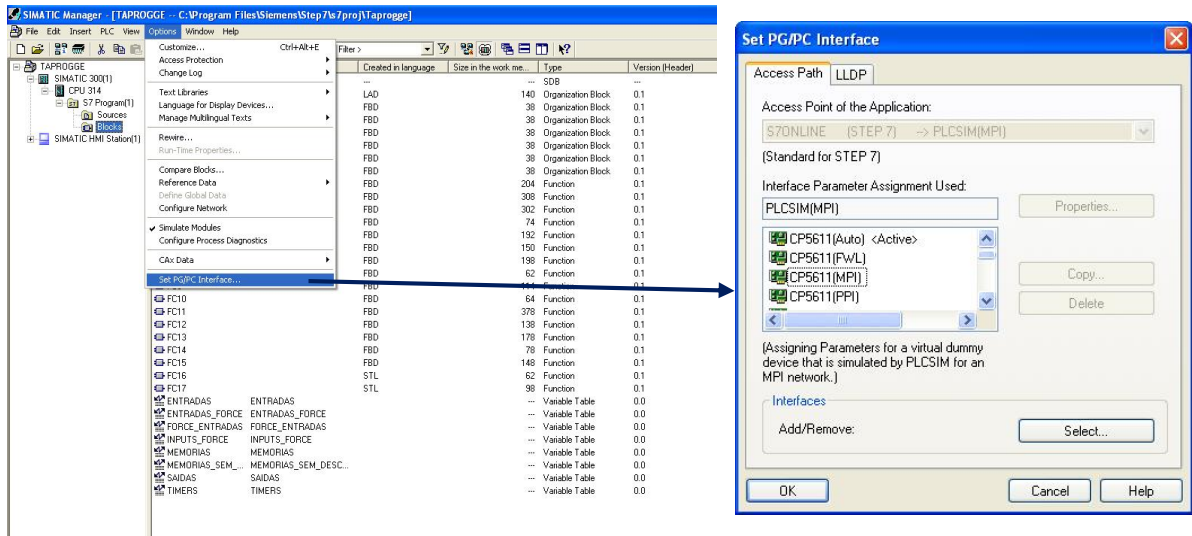


Figura 3.31 – Comunicação da PG M2 ao autómato S7-300

Feita a comunicação, carrega-se em modo online o programa para o autómato como feito na simulação anterior. Seguidamente cria-se uma tabela própria para forçar as entradas do autómato como mostra na figura 3.30.

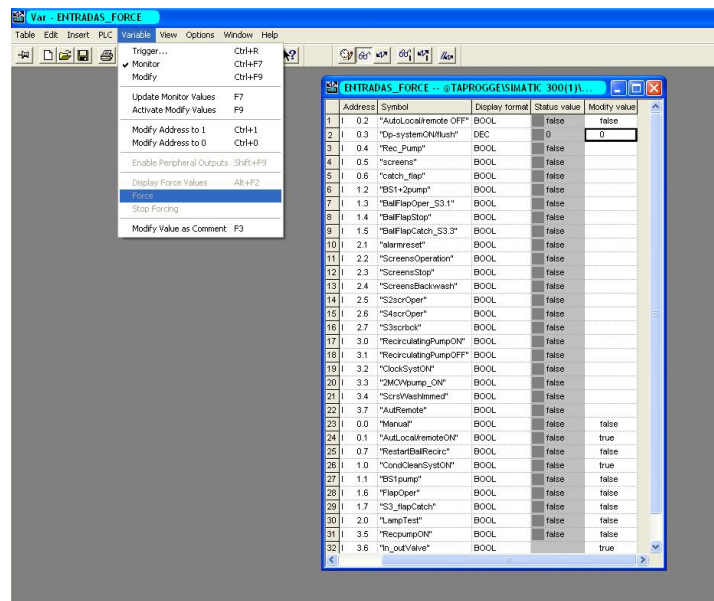


Figura 3.32 – Tabela para forçar as entradas

Criada a tabela para forçar as entradas, abre-se as tabelas de estados das memórias e dos temporizadores já criadas anteriormente e procede-se à simulação. A janela de simulação que foi utilizada na simulação anterior não é necessária visto que as entradas e saídas são

vistas no próprio autómato. Assim, procedeu-se à simulação do programa que se encontra no anexo I e verificou-se o correcto funcionamento do programa. Por fim, procedeu-se ao último método de simulação de introduzir 24 V DC nas entradas através da fonte de alimentação.

- **Simulação de introduzir 24V DC nas entradas**

O segundo método de simulação prática na oficina consistiu em introduzir 24V DC nas entradas necessárias ao processo de simulação. Estes 24V DC foram introduzidos com o '+' da fonte de alimentação.

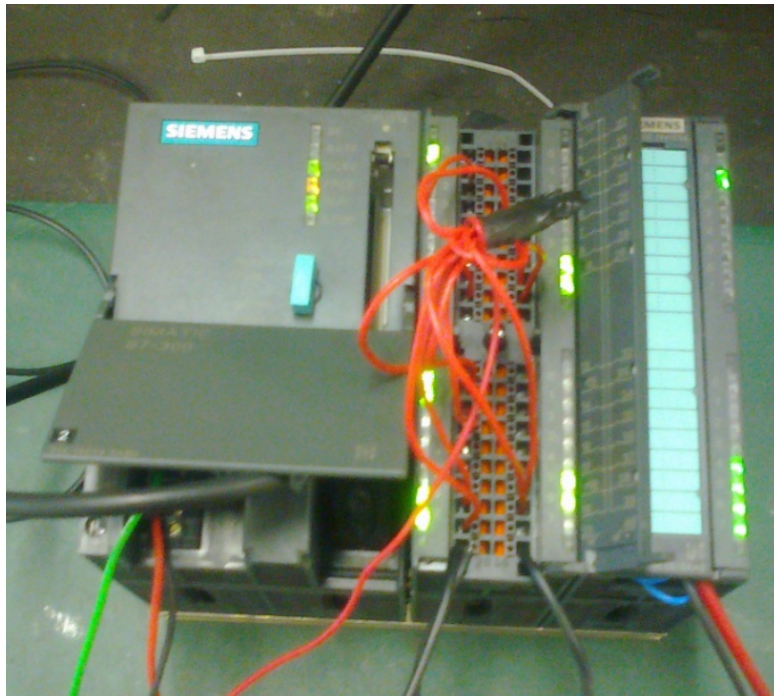


Figura 3.33 – Módulo de entradas digitais com 24V DC introduzidos nas entradas

Os procedimentos efectuados antes da simulação são exactamente idênticos ao da simulação anterior, sendo que não é necessária a tabela de forçar as entradas. Assim, procede-se novamente ao processo de simulação que se encontra no anexo I e verificou-se o correcto funcionamento do programa.

3.2.4 - Estudo da substituição do autómato

Neste ponto, irão ser especificadas as características do autómato existente no sistema de controlo do Taprogge e, posteriormente, irá ser descrito o estudo para a substituição do autómato.

3.2.4.1 - Características do autómato existente

Para se fazer o estudo do novo autómato é necessário primeiro saber as características do autómato existente.

Tabela 3.1 – Especificações (autómato actual)

CPU	S5 -100U - 6ES5 102 - 8MA11
MÓDULOS DE ENTRADAS DIGITAIS 431 (E0, E1, E2, E3,E9)	6ES5 431 - 8MD11 (8 X 230 VAC)
MÓDULOS DE SAÍDAS DIGITAIS 452 (A4, A5, A6)	6ES5 452 - 8MR11 (4 RELAY X 30 VDC/ 230VAC)
MÓDULO DE SAÍDAS DIGITAIS 441 (A7)	6ES5 441 - 8MA11 (8 X 24 VDC/0.5A)
MÓDULO DE SAÍDAS DIGITAIS 440 (A8)	6ES5 440 - 8MA11 (4 X 24 VDC/0.5A)
NÚMERO DE ENTRADAS DIGITAIS	33
NÚMERO DE SAÍDAS DIGITAIS	11
NÚMERO DE SAÍDAS DIGITAIS C/ RELÉ	9
DADOS DE MEMÓRIA	1270 Bytes

A Figura abaixo mostra a CPU com respectivos módulos de entrada e saídas digitais do sistema actual.



Figura 3.34 – Módulos do Autómato S5-100U do sistema actual

3.2.4.2 - Novo autómato

Ao ser proposto a alteração do autómato existente, ficou acordado que seria um autómato da série S7 da Siemens. Então, para este estudo, efectuou-se uma pesquisa de mercado sobre as especificações da série S7-200 e da série S7-300. Ao ser feita a pesquisa do S7-200 verificou-se que esta série foi descontinuada e a série que a substitui é a S7-1200. De seguida foi feita a comparação entre o autómato existente e os autómatos considerados para a sua substituição. Para que a comparação seja feita de forma eficiente é necessário saber quantas entradas e saídas é composto o programa e a memória de dados que o programa compõe. Para isso foi retirado um ficheiro através do programa STEP5 que se encontra na PG própria para o S5. O ficheiro retirado do programa que se encontra no anexo II descreve todas as entradas, saídas e ‘flags’ do programa bem como a estrutura do programa e a memória de dados. Posto isto, tem-se todas as características necessárias para se proceder à comparação.

3.2.4.2.1 - Comparação

- S5-100U versus S7-300

A comparação do autómato S5 é feita primeiramente com o autómato S7-300.

Tabela 3.2 – Comparação das especificações gerais do autómato (S5 vs S7-300)

	S5	S7 - 300		
	CPU 102	CPU 312	CPU 313	CPU 314
ENTRADAS/SAÍDAS DIGITAIS	5 IN/ 5 OUT	10 IN/6 OUT	24 IN/16 OUT	-----
MEMÓRIA DE DADOS	1270 BYTES	1024 BYTES	2048 BYTES	2048 BYTES

De acordo com a análise da tabela 3.2 verifica-se que o número de entradas e saídas que as CPU's da série S7-300 têm não são suficientes. Assim são necessários módulos de entrada e saída. Neste caso, foi escolhido a CPU314 por existir uma em armazém como especificado na tabela abaixo.

Tabela 3.3 – Especificações da CPU 314

Número de ordem	Modelo CPU	Fonte de alimentação(Nominal)	Entradas Digitais	Saídas Digitais
6ES7314-1AE04-0AB0	CPU 314	24 VDC	-----	-----

Visto que são necessários módulos de entrada e saídas, estes estão especificados na tabela abaixo.

Tabela 3.4 – Especificações dos módulos de entrada e saídas digitais do S7-300

Número de ordem	Modelo das cartas	Entradas Digitais	Saídas Digitais
6ES7321-1BL00-0AA0	SM 321 Entradas Digitais 32 x 24 VDC	32 x 24 VDC	-----
6ES7321-1BH02-0AA0	SM 321 Entradas Digitais 16 x 24 VDC	16 x 24 VDC	
6ES7322-1BL00-0AA0	SM 322 Saídas Digitais 32 x 24 VDC -0,5A	-----	32 x 24VDC/0,5A
6ES7322-1BH01-0AA0	SM 322 Saídas Digitais 16 x 24 VDC -0,5A	-----	16 x 24VDC/0,5A
6ES7322-1BF01-0AA0	SM 322 Saídas Digitais 8 x 24 VDC -2A	-----	8 x 24VDC/2A

Para o caso em questão, é necessário um módulo de 32 entradas digitais de 24 V DC, um módulos de 32 saídas digitais e um módulo de 8 saídas digitais de 24V DC, com a opção de colocar um banco de relés nas saídas que necessitam.

- S5-100U versus S7-1200

Tabela 3.5 – Comparação das especificações gerais do autómato (S5 vs S7-1200)

	S5	S7 - 1200		
	CPU 102	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
ENTRADAS/SAÍDAS DIGITAIS	5 IN/ 5 OUT	6 IN/4 OUT	8 IN/6 OUT	14 IN/10 OUT
MEMÓRIA DE DADOS	1270 BYTES	4096 BYTES	4096 BYTES	8192 BYTES

De acordo com a análise da tabela 3.5 verifica-se que o número de entradas e saídas que as CPU's do S7-1200 tem não é suficiente. Assim, são necessários módulos de entrada e

saída. Para o caso em estudo foi escolhido a CPU 1214C com as especificações descritas na tabela abaixo.

Tabela 3.6 – Especificações da CPU 1214C

Número de ordem	Modelo CPU	Fonte de Alimentação (Nominal)	Entradas Digitais	Saídas Digitais
6ES7 214-1AG31-0XB0	CPU 1214C	24 VDC	14 X 24 VDC	10 X 24 VDC
6ES7 214-1HG31-0XB0	CPU 1214C	24 VDC	14 X 24 VDC	10 X RELÉ

Segundo a análise feita na tabela 3.3 verificou-se que são necessários módulos de entradas e saídas. Na tabela abaixo estão expostos os módulos todos os possíveis módulos de entradas e saídas digitais para a CPU 1214C.

Tabela 3.7 – Especificações dos módulos de entrada e saídas digitais do S7-1200

Número de ordem	Modelo das cartas	Entradas Digitais	Saídas Digitais
6ES7 221-1BF32-0XB0	SM 1221 Entradas Digitais 8x24 VDC	8 X 24 VDC
6ES7 221-1BH32-0XB0	SM 1221 Entradas Digitais 16x24 VDC	16 X 24 VDC	
6ES7 222-1BF32-0XB0	SM 1222 Saídas Digitais 8x24 VDC-0,5A	8 x 24 VDC - 0,5A
6ES7 222-1BH32-0XB0	SM 1222 Saídas Digitais 16x24 VDC-0,5A	16 x 24 VDC - 0,5A
6ES7 222-1HH32-0XB1	SM 1222 Saídas Digitais 16x RELÉ	16 x RELÉ

Efectuada toda a análise das CPU's e dos respectivos módulos de entrada e saídas digitais optou-se pela seguinte escolha:

- CPU 1214C (6ES7 214-1AG31-0XB0) com entradas e saídas digitais a 24V DC;
- 1 Módulo de entradas digitais – 16 x 24 V DC (6ES7 221-1BH32-0XB0);
- 1 Módulo de entradas digitais – 8 x 24 V DC (6ES7 221-1BF32-0XB0);
- 1 Módulo de saídas digitais – 16 x 24 V DC (6ES7 222-1BH32-0XB0)
- 1 banco de 9 relés de interface nas saídas que necessitam de relés.

Segundo as duas comparações feitas, concluiu-se que a escolha mais adequada ao sistema em questão será a do S7-1200 com a CPU 1214C e os respectivos módulos de entradas e saídas digitais enunciados anteriormente. Optou-se por colocar um banco de relés nas saídas do autómato visto que do ponto de vista da manutenção a aplicação de relés externos torna mais prático a substituição do mesmo caso seja necessário, em vez da substituição de uma carta com vários canais para reparação apenas de um. Dado o sistema em questão, não existe a necessidade de aplicação de cartas a relés, pois apenas saem ordens de comando para equipamentos com as proteções devidas. A função dos relés de interface é mostrada na figura a seguir:

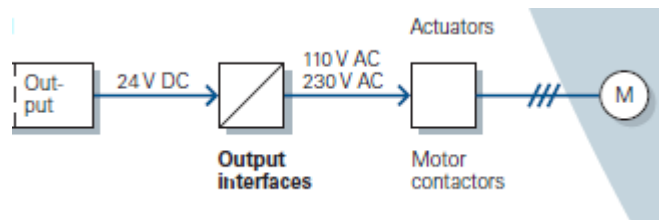


Figura 3.35 – Função dos relés de interface [17]

Estes relés tem como funcionalidade de quando a saída do autómato é ativada, a bobina do relé é energizada, com uma tensão de 24V DC e conseqüentemente os contactos mudam de estado fechando o circuito de potência em que o contactor é actuado com uma tensão de 230V AC.

3.2.5 - Estudo de mercado

Após a recolha de dados de todas as opções viáveis existentes no mercado, o autómato seleccionado para este projecto, tendo em conta todas as características pedidas, foi o S7-1214C.

Foi feito um estudo de mercado, através do departamento das compras e aprovisionamento, onde foram elaborados PAC's de consulta dos vários equipamentos de modo a saber o valor monetário praticado no mercado. A tabela seguinte demonstra o resultado do estudo de mercado.

Tabela 3.8 – Estudo de mercado do autómato e acessórios consultados

ELEMENTO	QTD	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
S7 1200 c/CPU 1214C Entrada digital SM 1221 8DI Entrada digital SM 1221 16 DI Saída digital SM 1222 8DO Saída digital SM 1222 16 DO Cartão memória 12 MB	-	-	640,88€
Relé interface MT221024	10	10,72 €	107,2 €
Base p/relé MT78755	10	5,3 €	53 €
SIPLUS HMI KTP600	1	976,84 €	976,84 €
TOTAL CONJUNTO			1777,92 €

A tabela acima descreve o conjunto de elementos necessários para a alteração/melhoria do sistema. Neste caso, foi pedido um estudo sobre os relés de interface, tendo sido verificado que existem em armazém relés de interface adequados para o projecto.

4 – SUBSTITUIÇÃO E OPTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLO DE ARMAZENAGEM E DE DESCARGA DE CINZAS

Neste capítulo vai ser descrito o projecto que tem como âmbito a substituição do sistema de controlo de armazenagem e de descarga de cinzas (SattCon 31-10) e interligação com o sistema de pesagem existente e tem como objectivo principal a actualização do sistema para interligação com o sistema de pesagem, automatização da descarga de cinzas e melhorar o interface existente.

4.1 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE ARMAZENAGEM E DESCARGA DAS CINZAS

O sistema de armazenagem e descarga de cinzas é composto por dois Silos principais, 10 e 20, e um Silo de arranque, 01, como mostrado na figura seguinte.



Figura 4.1 – Silos de armazenagem e descarga das cinzas (1) – Silo Principal 20; (2) Silo Principal 10; (3) Silo de Arranque 01. Fotografia tirada a 23-10-2013

A função deste sistema de armazenagem e descarga de cinzas é captar a cinza volante nos precipitadores e transportá-la para o silo de transferência e daí para os silos principais de cinza e de arranque, aonde é armazenada. A cinza armazenada no silo de arranque é descarregada para o exterior por um sistema de descarga húmida, onde é armazenada no parque de cinzas.

A cinza armazenada nos silos principais pode ser descarregada para o exterior por um sistema de descarga húmida ou por um sistema de descarga seca. A cinza transportada para o silo de arranque é a que não tem condições de ser vendida, sendo esta, depois, armazenada no parque de cinzas.

4.1.1 - Constituição do sistema de armazenagem e descarga das cinzas~

Este sistema de armazenagem e descarga das cinzas é constituído pelos seguintes equipamentos/subsistemas:

- **Silos Principais**
- “Aeration” do fundo dos silos constituída por, 24 segmentos de aeração por cada silo principal;
- 2 sensores de nível por cada silo principal;
- 2 monitores de nível de cinza – 1 por cada silo;
- 2 humidificadores;
- Telescópio de queda de descarga húmida;
- 2 Filtros de ventilação por cada silo para um caudal unitário de 150Nm³/min;
- 2 Ventiladores por cada silo com um caudal unitário de 95Nm³/min e pressão de 1,02 bar abs;
- 1 Válvula de regulação de diafragma por cada silo;
- 1 Válvula de borboleta pneumática tudo ou nada por cada silo;
- 1 Válvula de segurança por cada silo;
- 2 Válvulas de regulação de caudal de cinza por cada silo;
- 2 Válvulas pneumáticas de isolamento por cada silo;
- 2 Válvulas de guilhotina por cada silo;

- 1 Válvula pneumática para desvio por cada silo;
- 1 Válvula de desvio;
- 2 Ventiladores de ar de fluidificação por cada silo, com uma capacidade de 810m³/h e pressão de 0,8 bar;
- 2 Transportadores de ar de deslizamento de cinza por cada silo, com uma capacidade de 250m³/h;
- 3+3 Ventiladores de ar de deslizamento de cinza por cada silo;
- 4 Compressores de ar auxiliar;

➤ **Silo de Arranque**

- 3 Sensores de nível no silo de arranque;
- Aquecedores de fundo do silo de arranque;
- 1 Porta de injeção do silo de arranque;
- 1 Equipamento de descarga húmida constituído por:
 - 1 humidificador;
 - Telescópio de rampa de descarga húmida;
- 2 Filtros de ventilação;
- 2 Ventiladores;
- 1 Válvula de segurança;
- 1 Válvula de regulação do caudal de cinza;
- 1 Válvula pneumática “Tudo ou Nada”;
- 1 Válvula de guilhotina;
- 1 Válvula manual de regulação por diafragma;
- 2 Compressores de ar auxiliar;
- 2 Filtros.

4.1.2 - Descrição do funcionamento da armazenagem e descarga das cinzas

O silo de cinzas de arranque e os dois silos principais de cinza recebem a cinza volante das tremonhas do precipitador via transmissores de cinza. O silo de arranque é equipado com dois filtros de cassete para o ar evacuado. O filtro é provido com ar comprimido proveniente

de dois compressores para a limpeza das cassetes. O filtro que é colocado no topo do silo tem dois metros de altura e uma área de filtragem de 7,5m². No topo de cada filtro, há uma distribuição de ar comprimido, para limpeza da cassete, proveniente do reservatório de pressão através de duas electroválvulas. Um ventilador situado no topo do filtro aspira o gás carregado de cinza através do material filtrante desde o fundo do filtro. Os três silos são descarregados através de condutas de descarga seca ou húmida. As sequências de descarga são controladas por uma Unidade de Controlo Programável (PLC) da SattCon 31-10, como mostra a figura 4.2, que se encontra nos armários de controlo principais como mostra a figura 4.3.

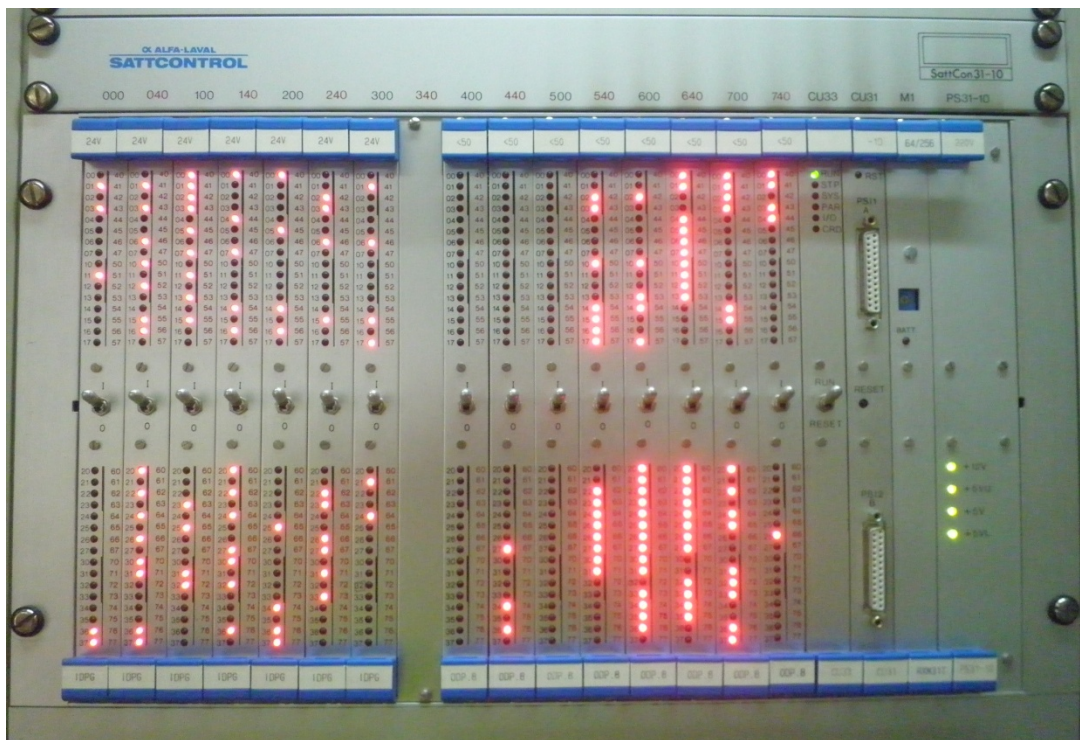


Figura 4.2 – Unidade de Controlo Programável da SattControl 31-10 do sistema de armazenagem e descarga das cinzas

O armário de controlo localizado na sala de comando do silo principal 10 (figura 4.3) controla e permite a visualização do silo de arranque e silo principal 10.



Figura 4.3 – Armário de controlo do silo principal 10 e silo de arranque 01

O armário de controlo localizado na sala de comando do silo 20 (figura 4.4) controla e permite a visualização do silo principal 20.



Figura 4.4 – Armário de controlo do silo principal 20

A frente dos painéis tem os diagramas mímicos, alarmes e interruptores para permitir a visualização do sistema como se pode observar nas figuras anteriores 4.3 e 4.4. Existem 6 quadros de controlo locais para controlar a descarga húmida e seca dos silos de arranque e principais para as condutas de descarga na área do silo. Há 6 unidades de controlo para comando local dos filtros de ventilação localizados no topo dos silos.

4.1.2.1. Sequências de descarga e paragem dos silos principais e silo de arranque

O estudo das sequências de descarga e paragem tem como principal objectivo entender como é que o sistema de descarga das cinzas funciona. As sequências de descarga das cinzas foram conseguidas através dos diagramas que se encontram no anexo VI e pela observação na sala de comando dos silos de

➤ Sequências de descarga ou paragem do silo principal 10

A – Sequência de descarga seca do silo principal 10

Antes de se iniciar a descarga seca do silo principal 10 é necessário primeiro fazer a selecção da sequência de descarga seca e das condutas de descarga no selector existente no armário de controlo principal, a sequência de descarga inicia-se pela actuação da botoneira de arranque do painel de controlo local e se não ocorrer nível baixo do silo ou existência de alarmes.

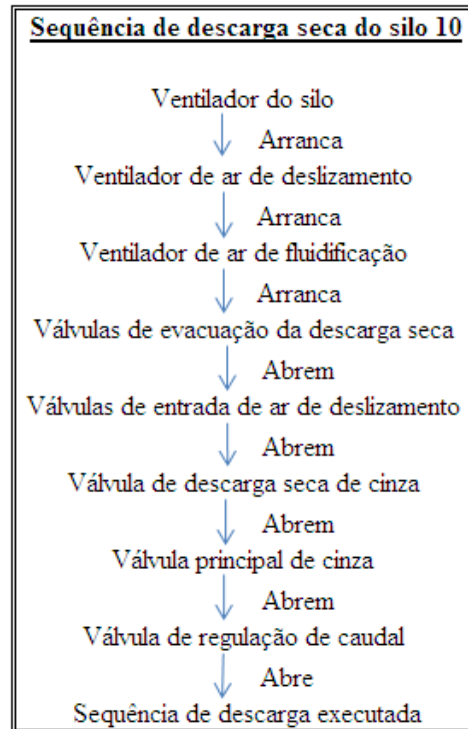


Figura 4.5 – Sequência de descarga seca do silo principal 10

B – Paragem da sequência de descarga do silo principal 10

A paragem da sequência de descarga ocorre quando se dá umas das seguintes situações:

- Nível baixo do Silo;
- Ordem de paragem no painel de controlo local;
- Activação do nível da manga de descarga.

A paragem decorre segundo o que mostra na figura 4.6.

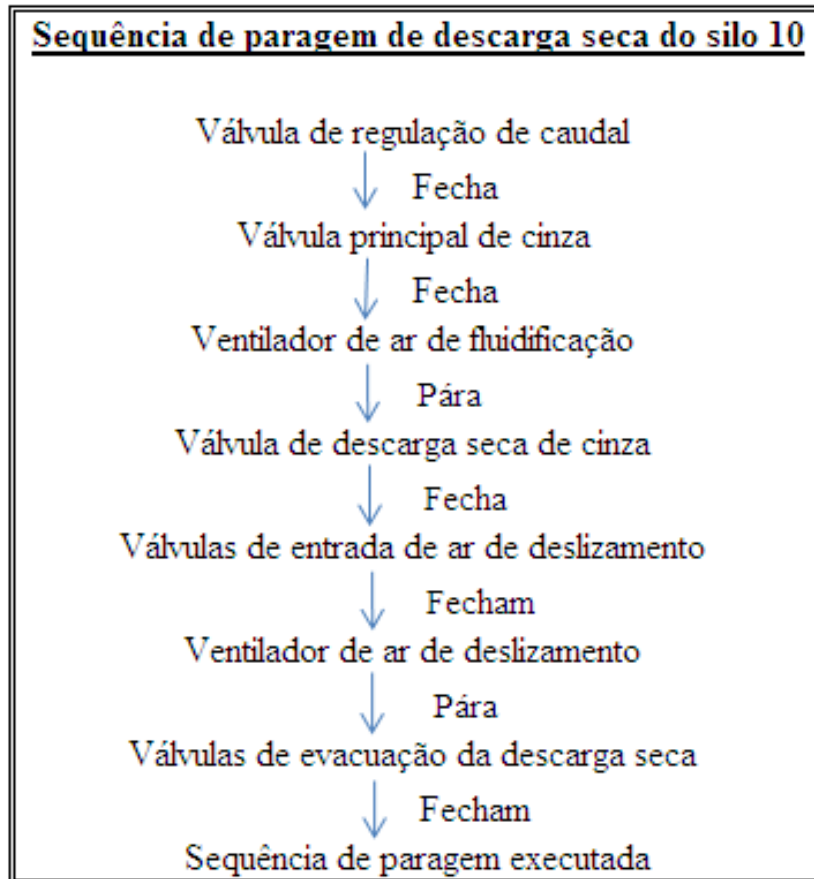


Figura 4.6 – Sequência da paragem de descarga seca do silo principal 10

C – Sequência de descarga húmida do silo principal 10

Após se ter feita a selecção de descarga húmida e das mangas de descarga no painel de controlo principal 10 a sequência de descarga inicia-se pela actuação da botoneira de arranque do painel de controlo local e não ocorrer nenhuma das seguintes situações:

- Nível baixo do Silo;
- Existência de alarmes;
- Pressão da água baixa.

A sequência de descarga húmida ocorre de acordo com o que mostra na figura 4.7.

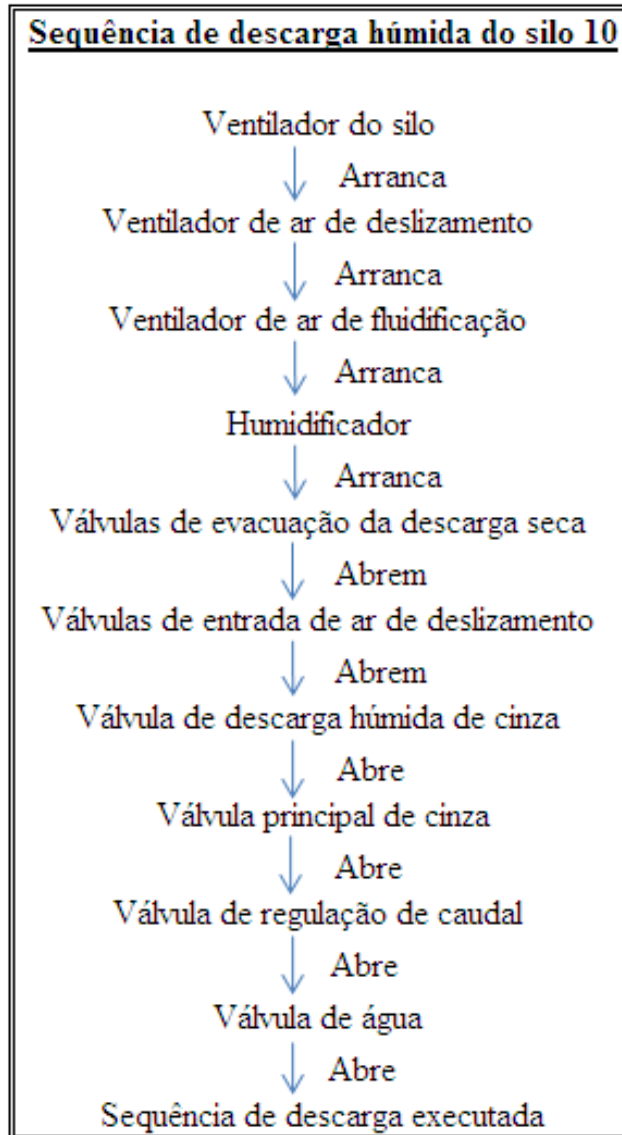


Figura 4.7 – Sequência de descarga húmida do silo principal 10

D – Paragem da sequência de descarga húmida do silo principal 10

A paragem da sequência de descarga húmida ocorre quando se dá uma das seguintes condições:

- Ordem de paragem de sequência através da botoneira do painel de controlo local;
- Nível baixo do Silo;
- Encravamento de nível baixo não seleccionado;
- Pressão baixa de água.

A paragem decorre segundo a figura 4.8.

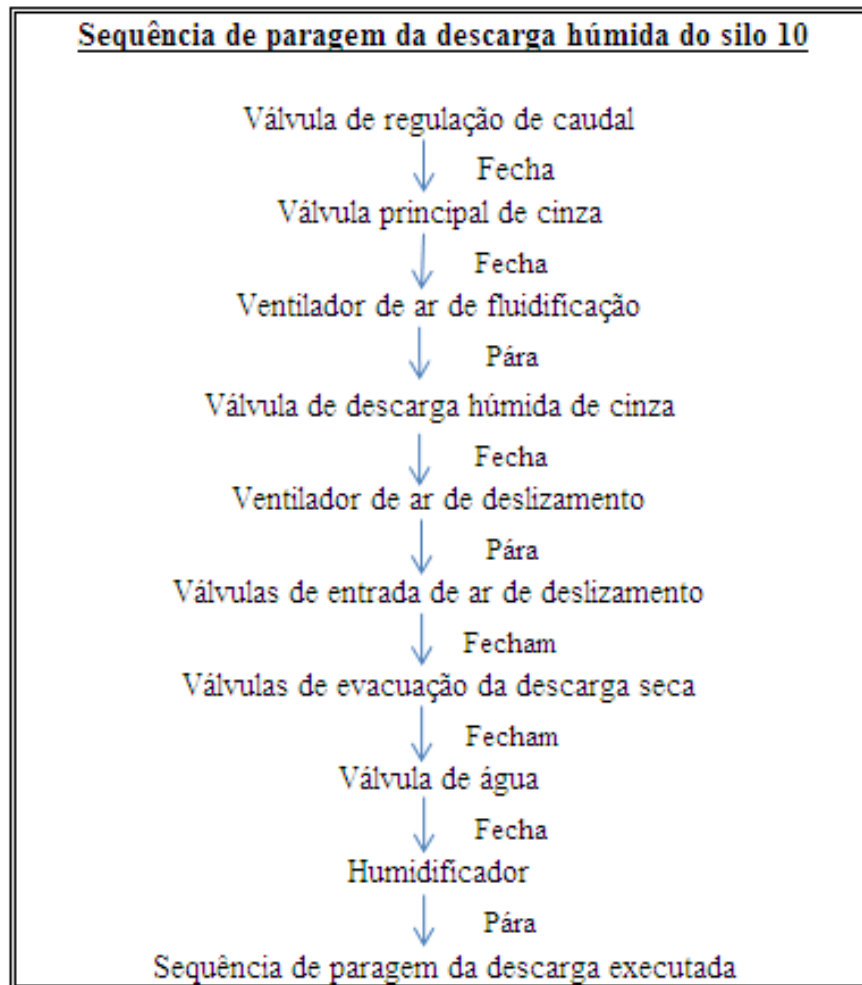


Figura 4.8 – Sequência da paragem de descarga húmida do silo principal 10

E - Paragem temporária da sequência de descarga húmida no silo principal 10

A função de paragem temporária é activada pela actuação do painel de controlo local. O caudal de cinza é imediatamente interrompido. Esta sequência de paragem temporária dá ao operador a possibilidade de gerir situações em que o silo está cheio em demasia sem ter em conta a cinza contida no humidificador. Após a activação da função paragem temporária efectua-se a seguinte sequência:

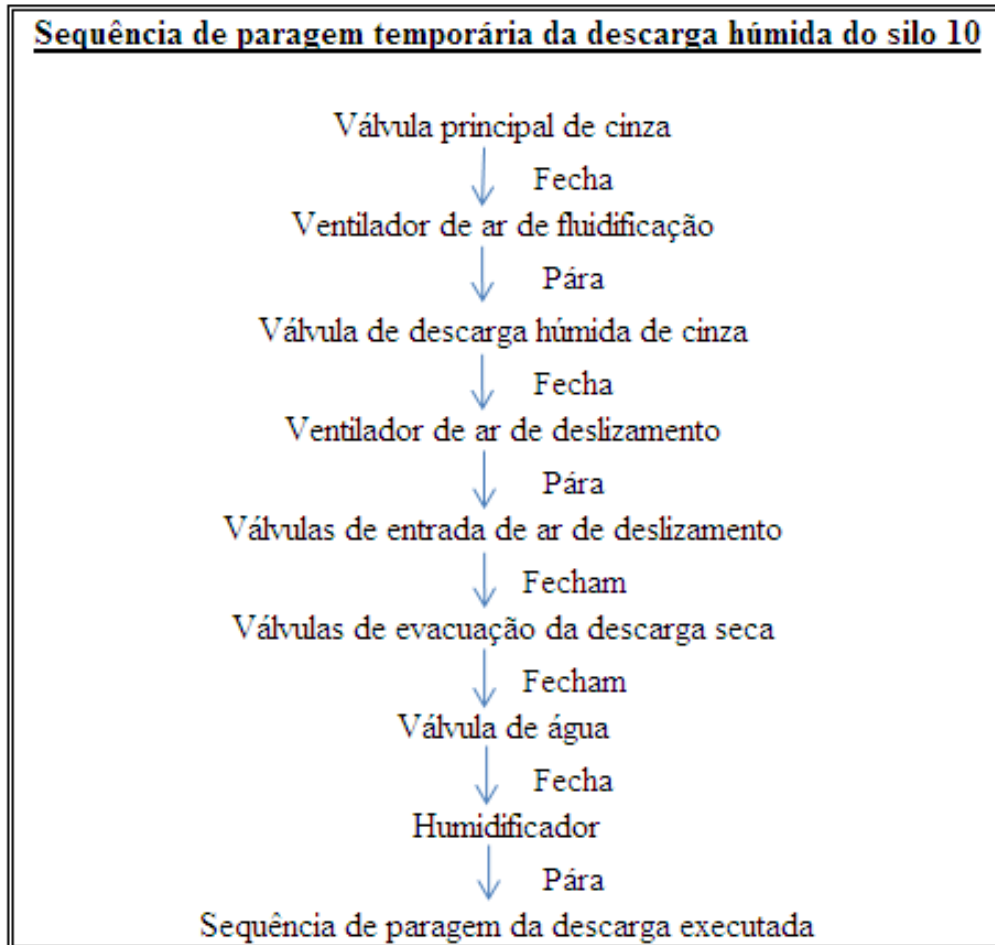


Figura 4.9 – Sequência da paragem temporária de descarga húmida do silo principal 10

Quando após a paragem temporária é activada a ordem de arranque do painel de controlo local, a sequência de descarga prossegue em que abrem as válvulas e recebem ordem de arranque os equipamentos que fecharam e passaram por acção de ordem de paragem temporária.

➤ **Sequências de descarga ou paragem do silo principal 20**

A - Sequência de descarga seca do silo principal 20

A sequência de descarga seca do silo principal 20 é iniciada após se ter feito a selecção da sequência de descarga seca e as condutas de descarga no selector existente no armário de controlo principal 10, a sequência de descarga inicia-se pela actuação da botoneira de arranque do painel de controlo local e não ocorrer nível baixo do silo ou existência de alarmes.

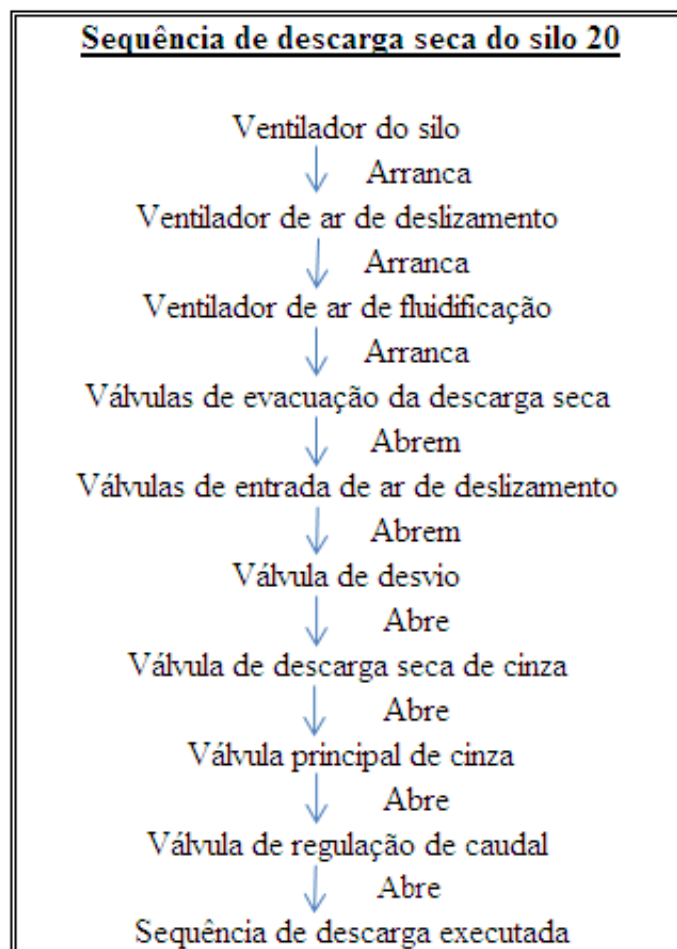


Figura 4.10 – Sequência de descarga seca do silo principal 20

Durante a descarga o caudal de cinza pode ser moderado do painel de controlo local através da válvula de regulação de caudal.

B – Paragem da sequência de descarga seca do silo principal 20

A Paragem da sequência de descarga ocorre quando se dá uma das seguintes condições:

- Nível baixo do Silo;
- Ordem de paragem no painel de controlo local;
- Ativação do nível da conduta de descarga.

A paragem ocorre segundo os passos seguintes:

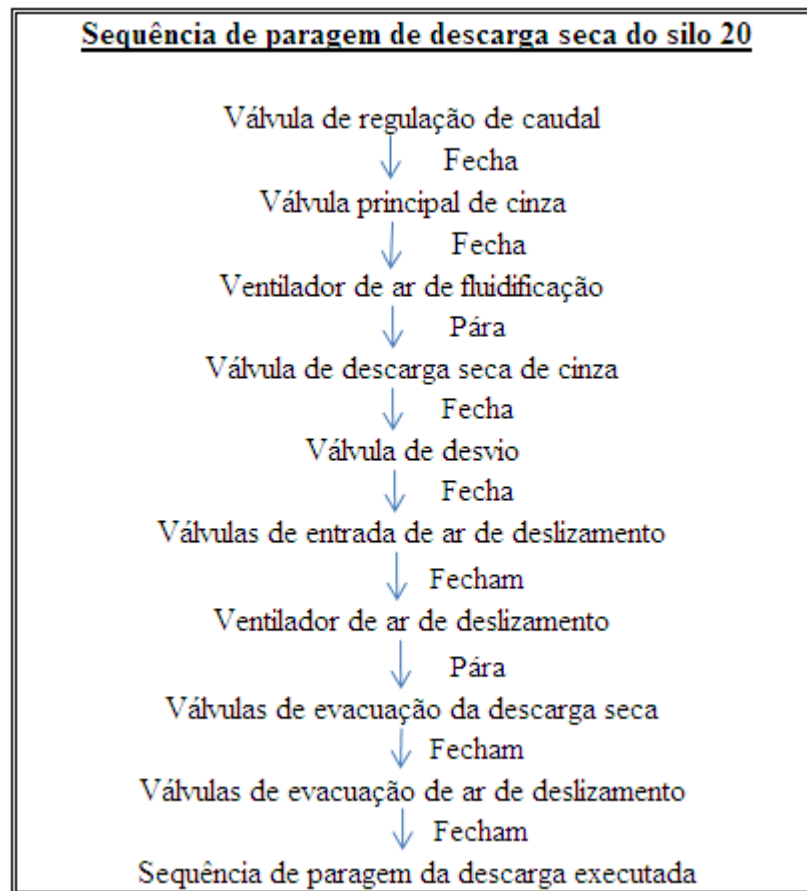


Figura 4.11 – Sequência da paragem de descarga seca do silo principal 20

C – Sequência de descarga húmida do silo principal 20

Após se ter feito a seleção da sequência de descarga húmida e das mangas de descarga no painel de controlo principal, a sequência de descarga inicia-se pela actuação da botoneira de arranque do painel de controlo local e não ocorrer nenhuma das situações:

- Nível baixo do silo;
- Existência de alarmes;
- Pressão de água baixa.

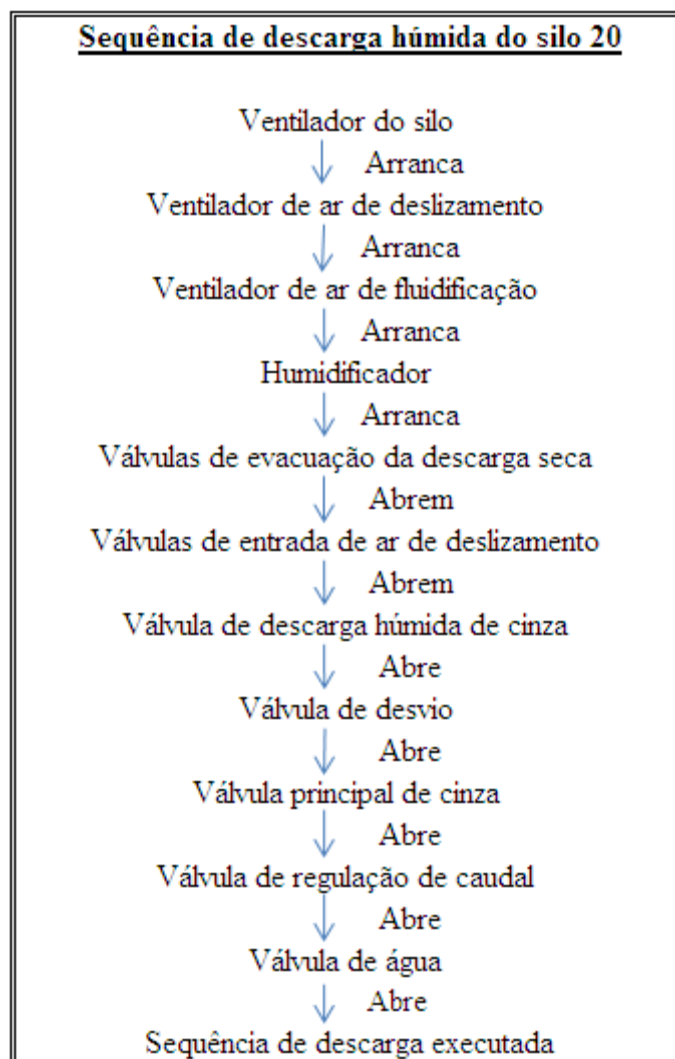


Figura 4.12 – Sequência de descarga húmida do silo principal 20

Durante a descarga húmida, o caudal de cinza pode ser ajustado e a válvula de água temporariamente fechada através do painel de controlo local.

D – Paragem da sequência de descarga húmida do silo principal 20

A paragem da sequência de descarga húmida ocorre quando se dá uma das seguintes condições:

- Ordem de paragem através da botoneira do painel de controlo local.
- Nível baixo do silo;
- Encravamento do nível baixo não seleccionado;
- Pressão baixa de água.

A paragem decorre segundo a figura 4.13.

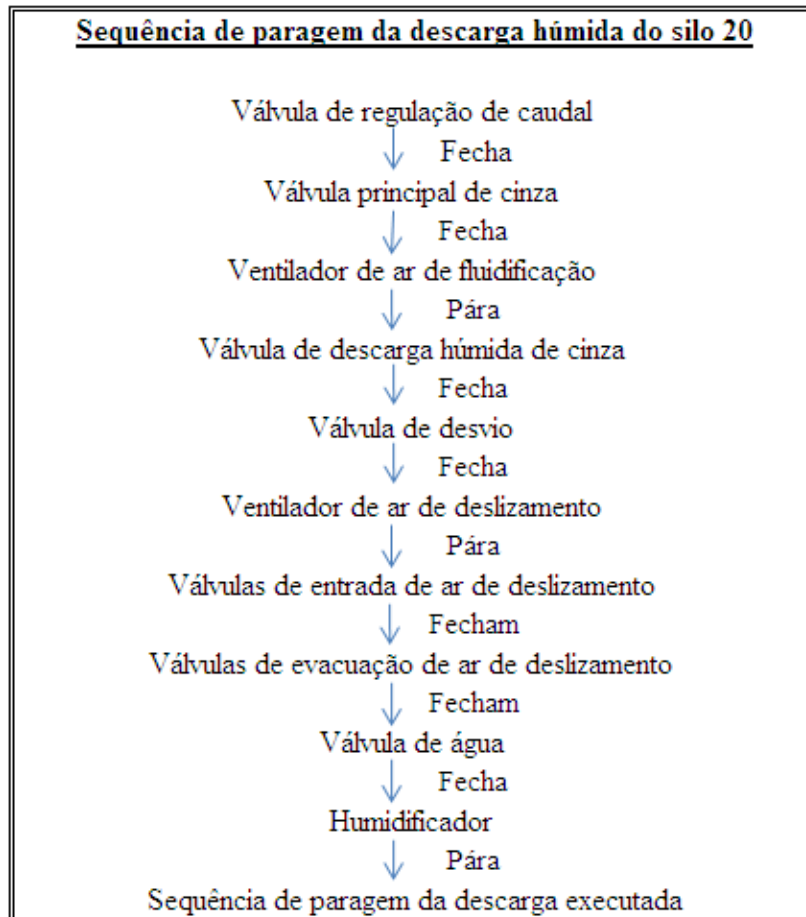


Figura 4.13 – Sequência de paragem da descarga húmida do silo principal 20

E – Paragem temporária da sequência de descarga húmida do silo principal 20

A função da paragem temporária é activada pela actuação do painel de controlo local. O caudal de cinza é imediatamente interrompido. Dá ao operador a possibilidade de gerir situações em que o silo está cheio em demasia sem ter em conta a cinza contida no humidificador. Após a activação da função paragem temporária efectua-se a seguinte sequência:

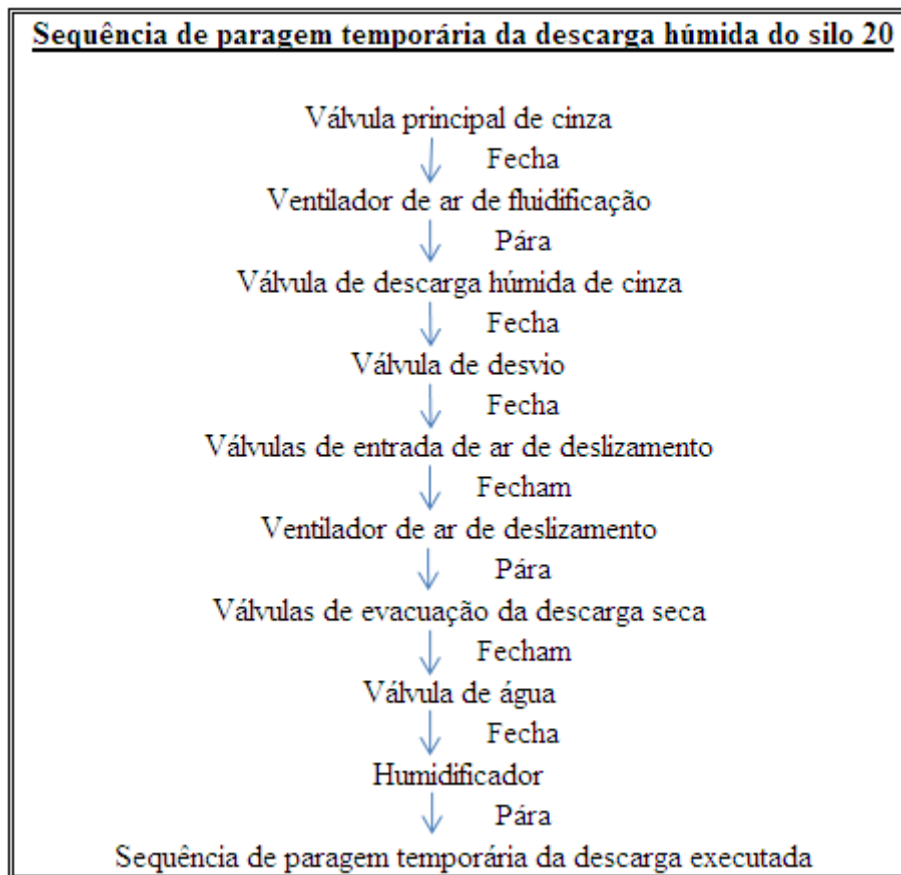


Figura 4.14 – Sequência de paragem temporária da descarga húmida do silo principal 20

Quando após a paragem temporária é ativada a ordem de arranque no painel de controlo local, a sequência de descarga prossegue em que abrem as válvulas e recebem ordem de arranque os equipamentos que fecharam e passaram por ação de ordem de paragem temporária.

➤ **Sequência de descarga e paragem do silo de arranque 01**

A – Sequência de descarga húmida do silo de arranque 01

A sequência de descarga húmida do silo de arranque é feita através do humidificador e tem como condições prévias para ser executada:

- Inexistência de alarmes no silo de arranque;
- Pressão da água baixa;
- Nível não baixo no silo de arranque.

A ordem de arranque é dada no painel de controlo local. Após ser dada a ordem de arranque decorre a seguinte sequência:

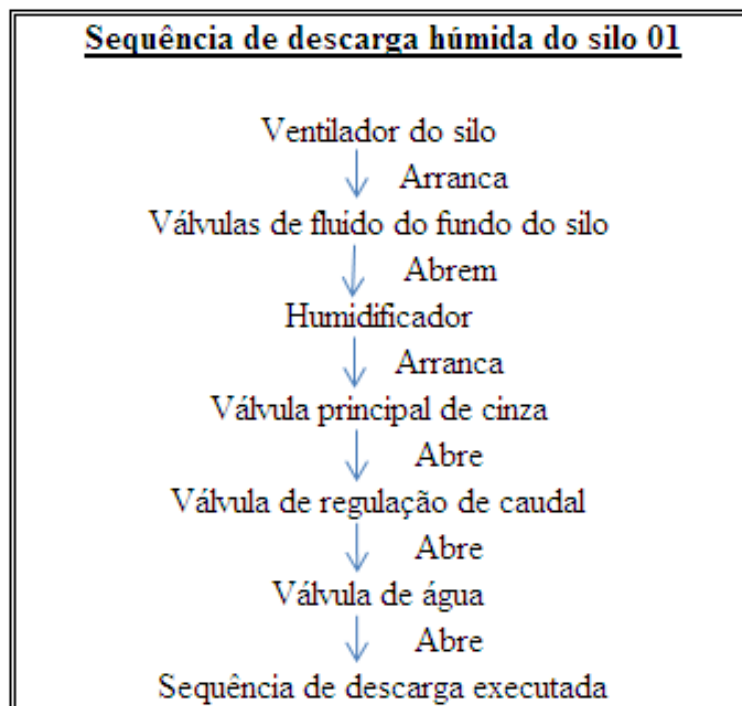


Figura 4.15 – Sequência de descarga húmida do silo de arranque 01

Durante a descarga húmida, o caudal de cinza pode ser ajustado e a válvula de água temporariamente fechada através do painel de controlo local.

B – Paragem da sequência de descarga húmida do silo de arranque 01

A paragem da sequência de descarga húmida ocorre quando se dá uma das seguintes condições:

- Ordem de paragem de sequência através da botoneira do painel de controlo local;
- Nível baixo do Silo;
- Encravamento de nível baixo não seleccionado;
- Pressão baixa de água.

A paragem decorre segundos os passos seguintes:

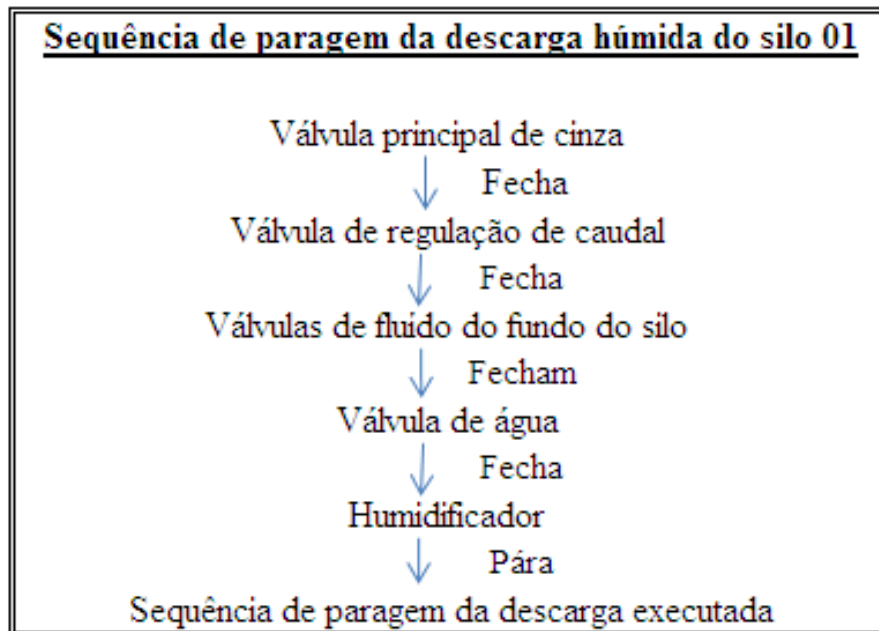


Figura 4.16 – Sequência de paragem da descarga húmida do silo de arranque 01

C – Paragem temporária da sequência de descarga húmida do silo de arranque 01

A função paragem temporária é activada pela actuação do painel de controlo local. O caudal de cinza é imediatamente interrompido. Após a activação da função paragem temporária efectua-se a seguinte sequência:

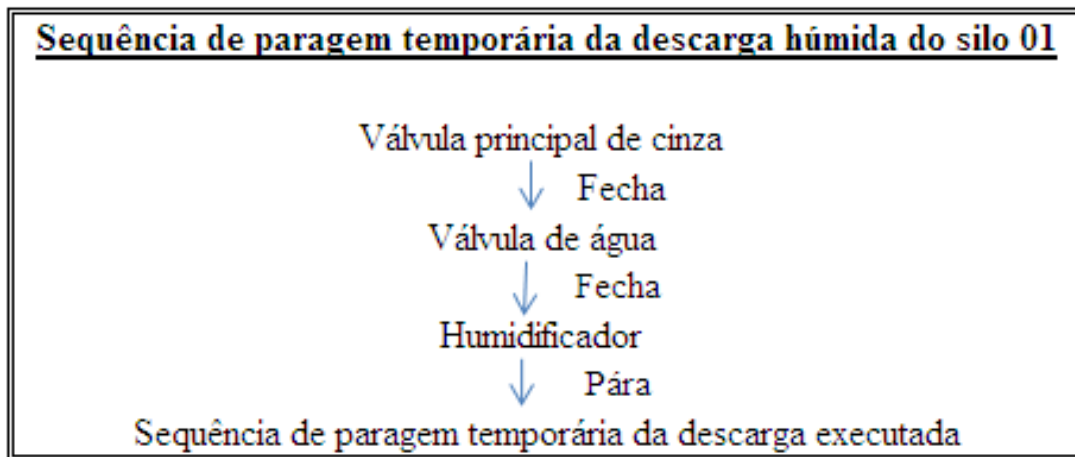


Figura 4.17 – Sequência de paragem temporária da descarga húmida do silo de arranque 01

Quando a ordem de arranque é de novo dada através do painel controlo local e não havendo alarmes presentes cumpre-se a sequência de descarga em que abrem as válvulas e recebe ordem de arranque os equipamentos que fecharam e pararam por acção da ordem de paragem temporária.

4.1.3 - Constituição do sistema de controlo (SattCon 30-10)

O sistema de controlo SattCon 30-10 responsável pelo controlo do sistema de armazenagem e descarga das cinzas é constituído por vários elementos como mostra a Figura 4.18.

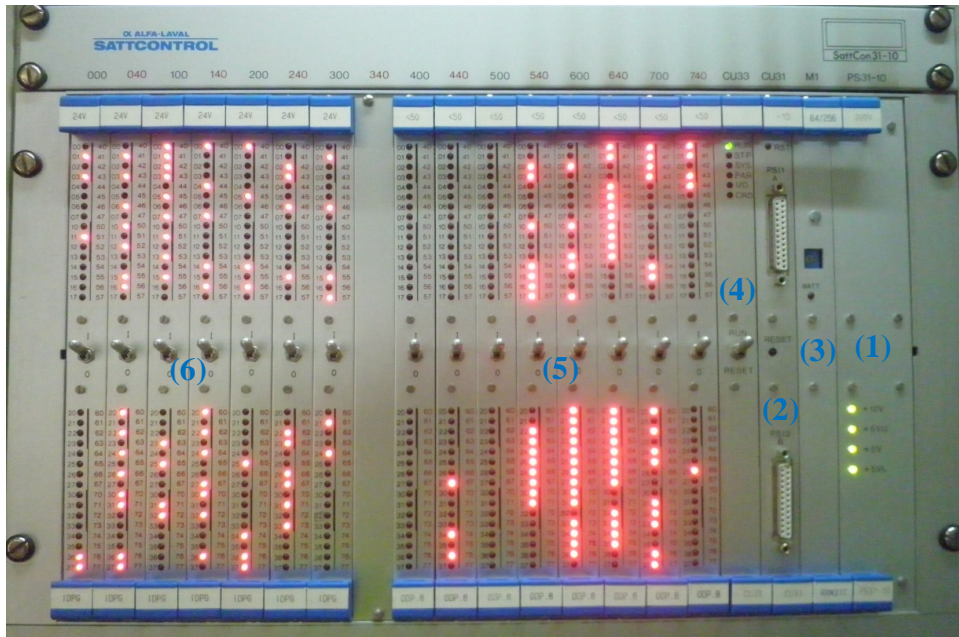


Figura 4.18 – Sistema de controlo SattCon 30-10

Legenda da Figura 4.18

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 1 – Fonte de Alimentação | 4 – Placa unidade central (CU33) |
| 2 – Placa de memória (M1) | 5 – Cartas de saídas digitais |
| 3 – Placa unidade central (CU31) | 6 – Cartas de entradas digitais |

Toda a actividade do sistema de controlo SattCon 30-10 é controlada e monitorizada por uma unidade central que é composta pela placa CU31 (3) e CU33 (4). A placa CU31 incorpora um microprocessador e uma EPROM que contém o programa de Start-up. Esta também contém a memória RAM (memória de trabalho) que age como um buffer de memória para a comunicação entre a unidade central e a unidade de Entradas/Saídas. A placa CU33 contém todos os componentes electrónicos para a comunicação com as placas de entradas e saídas. Esta placa é constituída com uma série de indicadores, um interruptor na parte da frente da placa que permite a comunicação com a unidade de entradas e saídas para ser desactivada.

O sistema de controlo SattCon 30-10 necessita sempre de uma placa de memória (2) que está localizada na posição M1. Esta placa de memória contém uma memória RAM30, onde estão localizados os programas operacionais em que é permitido a escrita e a leitura e uma memória ROM30, em que as informações são gravadas pelo fabricante e não podem ser alteradas nem apagadas, somente lidas.

Este sistema de controlo é constituído por cartas de entradas digitais e cartas de saídas digitais. Cada carta de entradas/saídas contém 32 entradas/saídas numeradas de 0 a 37 (octal), em que na rack encontram-se os endereços no sistema octal, endereço esse conseguido através da junção do número de posição da carta com o número de entrada/saída. No autómato SattCon30-10 principal que se encontra no armário de controlo principal 10 é constituído por 7 cartas de entradas digitais (6), ou seja, 224 entradas e 8 cartas de saídas digitais (5), 256 saídas. Este sistema de controlo tem uma expansão que está localizada no armário de controlo principal 20, Figura 4.19. Esta expansão é constituída por 5 cartas de entradas digitais e 6 cartas de saída digitais, ou seja, no conjunto são 160 entradas digitais e 192 saídas digitais. Em suma, o sistema de controlo tem na sua totalidade 384 entradas digitais e 448 saídas digitais. Por fim, o sistema de controlo também é constituído com uma fonte de alimentação PS31-10 (1) que é alimentada com uma tensão de 220V AC ou 110V AC.

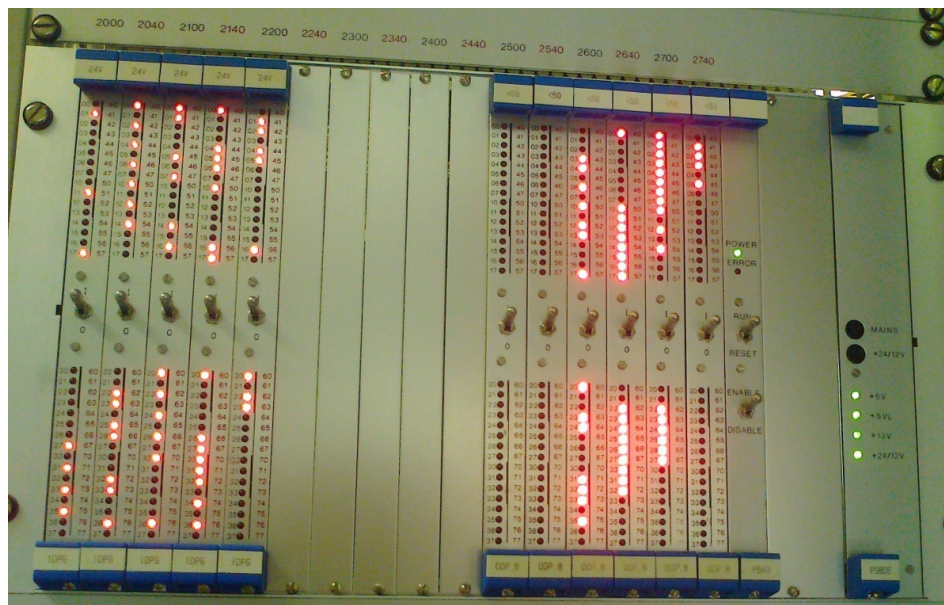


Figura 4.19 – Expansão do sistema de controlo SattCon 30-10

4.2 - ALTERAÇÕES INTRODUZIDAS NO SISTEMA DE DESCARGA DAS CINZAS

Este projecto tem como objectivo principal automatizar o processo de descarga das cinzas, que para tal é necessário controlar a válvula motorizada de regulação de caudal da cinza que se encontra à saída dos silos principais e de arranque. O controlo da válvula motorizada é efectuado através de um sinal de 4 a 20 mA que vai directamente para um display no armário de controlo principal como mostra a figura seguinte.

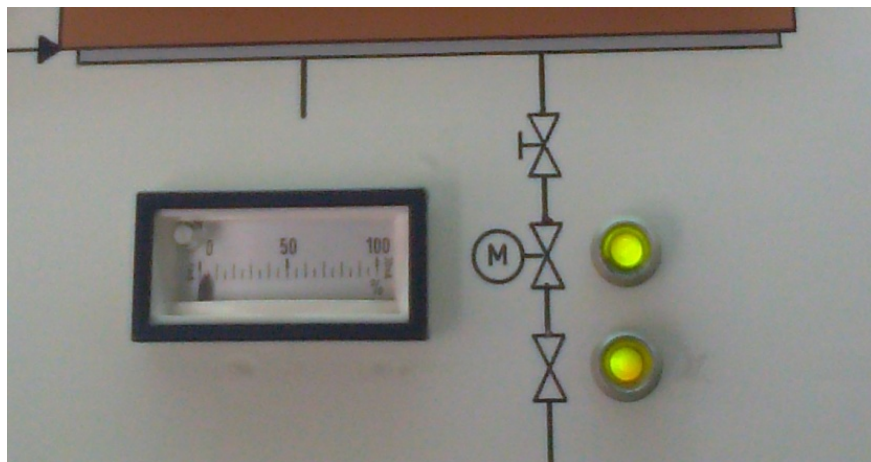


Figura 4.20 – Display de regulação de abertura da válvula motorizada de regulação do caudal da cinza

Este display serve de controlo manual para o operador que está a efectuar a descarga das cinzas de modo a observar a que percentagem está aberta/fechada a válvula motorizada.

Para que o sistema de descarga das cinzas seja automatizado é necessário fazer a interligação com o sistema de pesagem existente e que o sinal de 4 a 20 mA passe pelo automático para que seja conseguida a regulação da válvula motorizada de descarga da cinza. Para que o automático regule a válvula motorizada é preciso uma carta de entradas analógicas e uma de saídas analógicas para que seja feita esta automatização.

4.3 - PROPOSTA DE SUBSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLO

Neste processo foram contactadas várias empresas onde foram obtidas soluções de autómatos ABB, Siemens e Phoenix Contact. A solução do controlador da ABB tinha como vantagem a possibilidade de interligação com o sistema de controlo e comando '800XA' da sala de comando principal dos grupos 1 e 2. Foram também apresentadas duas soluções equivalentes baseadas em autómatos programáveis s7-300 do fabricante Siemens e ILC 1xx da Phoenix Contact.

Em ambas foram consideradas os seguintes componentes:

- 1 CPU que processe o programa com os mesmos tempos de ciclos que o sistema actual da SattCon executa;
- 1 terminal remoto ETHERNET para a recolha e emissão de informações digitais do segundo quadro de expansão;
- 1 módulos de entradas digitais de 32 sinais de 24V DC PNP;
- 14 módulos de saídas digitais de 32 sinais a transístores de 24V DC;
- 1 módulo de entradas analógicas de 2 sinais 4 a 20 mA;
- 1 módulo de saídas digitais de 1 sinal 4 a 20 mA;
- 1 switch industrial de 5 portas 10-100Mbps auto-comutáveis de 24V DC.

Comparando as soluções propostas e sendo a instalação do sistema de controlo das cinzas uma instalação periférica optou-se pelo autómato da Phoenix Contact sendo esta a solução economicamente viável.

5 – CONCLUSÕES

A realização deste estágio foi bastante positiva, tendo sido o primeiro contacto que com o mundo profissional de forma activa, onde foi possível analisar, dar pareceres e intervir em situações reais. A ligação das várias matérias abordadas ao longo do curso, com a realidade do dia-a-dia, foi extremamente gratificante pela partilha de conhecimentos, e revelou ainda uma forte motivação e ego profissional para o futuro ingresso no mundo do trabalho. O estágio foi direccionado para a área de sistemas de controlo que teve como objectivo a reabilitação destes mesmos sistemas para sistemas mais actuais. Os dois projectos desenvolvidos tiveram execuções completamente distintas. O sistema de controlo de limpeza dos tubos do condensador TAPROGGE foi todo estudado e alterado por mim, já o sistema de controlo de descarga das cinzas foi estudado por mim mas as alterações foram feitas por uma empresa contratada. Com a realização destes dois projectos tive um contacto mais aprofundado com a automação industrial e onde pude adquirir conhecimentos práticos que se adquam à minha área de estudo.

Adquiri também outros conhecimentos, devido a trabalhar com pessoas de diversas áreas e competências que prestaram auxílio durante o estágio. Ao longo do estágio tive a oportunidade de acompanhar outros trabalhos, tais como a alteração da sala de comando do carvão para a sala de comando principal dos grupos 1 e 2, a calibração de balanças, assistir à certificação das balanças de pesagem e não mais importante, acompanhar a revisão geral do Grupo 2 que decorre no mês de Novembro.

6 - BIBLIOGRAFIA

[1] Circuito de água de baixa pressão, Electricidade de Portugal (EDP), DRH/formação

[2] System PAH condenser cleaning, ABB

[3] Sumário' 2010 – Segurança e Ambiente, Central Termoeléctrica do Pego

[4]<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=en&siteid=cseus&aktprim=0&extranet=standard&viewreg=WW&objid=10805087&treeLang=en>

[5]<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=en&siteid=cseus&aktprim=0&extranet=standard&viewreg=WW&objid=10805159&treeLang=en>

[6]<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=en&siteid=cseus&aktprim=0&extranet=standard&viewreg=WW&objid=34612486&treeLang=en>

[7]<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=en&objid=34612486&subtype=133300&caller=view>

[8] Programming with STEP7 Manual - Simatic, Siemens

[9] http://www.elintosprekyba.lt/library/files/S7_300_module_data_manual_en-US_en-US.pdf

[10] http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/Equipamiento/PLC/st70k3_e.pdf

[11] <http://www.paratrasnet.ro/pdf/automatizari-industriale/S7-1200.pdf>

[12]https://a248.e.akamai.net/cache.automation.siemens.com/dnl/TA/TA0MDcxMQAA_39710145_HB/s71200_easy_book_en-US_en-US.pdf

[13]

http://cache.automation.siemens.com/dnl/Tc/Tc1OTE3MQAA_45531547_HB/s7_s5s7b.pdf

[14] Manual de instruções operacionais do circuito de água de refrigeração da Central Termoeléctrica do Pego

[15] Manual de instruções operacionais de remoção, transporte e armazenagem de cinzas da Central Termoeléctrica do Pego.

[16] <http://usedplcs.co.uk/manuals/siemens/S5/ET100UEN.PDF>

[17] Siemens, Relays for every application- Simirel

ANEXOS

ANEXO I – Ordem do processo de simulação do programa de controlo do Sistema de Limpeza dos Tubos do Condensador – TAPROGGE

Condições Iniciais	
I0.4 (Bomba de recirculação) – ligado	
I0.5 (Grelhas) – ligado	
I0.6 (Aba de recolha) – ligado	
I1.6 (Aba do recolhedor de bolas em operação) – ligado	
I1.7 (Aba do recolhedor de bolas em recolha) – ligado	
I2.6 (Grelhas em operação) – ligado	
I2.7 (Grelhas em lavagem) - ligado	

1. Ligar Sistema	
I0.1 – Automático Local/Remoto Sistema Ligado	Ligar I0.1
Q4.0 – Ligar bomba de recirculação	Ligar I1.0 e I3.6; Desligar I2.7, I1.7, I0.4, I0.5, I0.6
Q7.6 – Grelhas em operação	Desligar I2.6
Q7.4 – Aba do recolhedor de bolas em posição de operação	Desligar I1.6
Q7.0 – Ligar sistema	Ligar I3.5

2. Recolher bolas e Lavar Grelhas	
Q4.4 - Ligar lavagem das grelhas	Ligar I1.1, I0.7
Q7.5 – Aba do recolhedor de bolas na posição de recolha	Desligar I1.7
Q6.1 – BRM Off	Ligar I1.6
M24.2 (antes Q4.2) - Tempo de recolha das bolas	Aciona o T10 (30min)
Q7.7 – Grelhas em posição de lavagem	Desligar I2.7
Q4.3 – Tempo de lavagem das grelhas	Aciona o T11 (15min)
Q7.6 – Grelhas em posição de operação	Desligar I2.6
Q7.4 – Aba do recolhedor de bolas em posição de operação	Desligar I1.6
Q4.4 – Desligar lavagem das grelhas	
Q6.1 – BRM On	Desligar I1.6

3. Lavagem de emergência	
Q7.3 – Grelhas sobrecarregadas	Ligar I3.4, I1.0, I3.3
Q7.7 – Grelhas em posição de lavagem	Desligar I2.7
Q7.5 – Aba do recolhedor de bolas em posição de recolha	Desligar I1.7
Q6.1 – BRM Off	Ligar I1.6
Q4.0 – Bomba de recirculação Off	

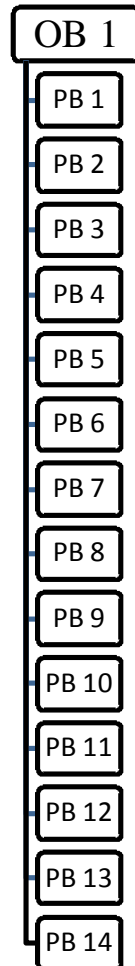
ANEXO II – Especificações do programa de controlo do TAPROGGE do autómato S5-100U

A - Documento com as especificações do programa de controlo do sistema TAPROGGE do autómato S5-100U retirado da PG740

Constituição do programa	Tamanho (Bytes)
PB 1	102
PB 2	150
PB 3	140
PB 4	26
PB 5	84
PB 6	58
PB 7	82
PB 8	20
PB 9	41
PB 10	21
PB 11	178
PB 12	63
PB 13	84
PB 14	29
FB 240S	20
FB 241S	23
FB 242S	26
FB 243S	35
FB250S	35
FB251S	32
OB 1	21
TOTAL	1270

B – Organização do programa de controlo do sistema TAPROGGE

O programa de controlo do sistema Taprogge é constituído da seguinte forma:



Em que:

OB – Blocos de organização que tem como função de gerir o programa de controlo.

PB – Blocos de programa em que organizam o programa de controlo de acordo com os aspectos funcionais ou técnicos

C - Entradas existentes no programa de controlo do sistema TAPROGGE

As entradas (I) no programa de controlo servem de interface do processo para o PLC.

	7	6	5	4	3	2	1	0	B	W	D
Byte 0	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
Byte 1	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
Byte 2	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
Byte 3	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
Byte 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Byte 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Byte 6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Byte 7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Byte 8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Byte 9	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
Byte 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

D - Saídas existentes no programa de controlo do sistema TAPROGGE

As saídas (Q) no programa de controlo servem de interface do PLC para o processo.

	7	6	5	4	3	2	1	0	B	W	D
Byte 0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Byte 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Byte 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Byte 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Byte 4	-	-	-	-	x	x	x	x	-	-	-
Byte 5	-	-	-	-	x	x	x	x	-	-	-
Byte 6	-	-	-	-	x	x	x	-	-	-	-
Byte 7	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
Byte 8	-	-	-	-	-	-	x	x	-	-	-
Byte 9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Byte 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

E - Memórias existentes no programa de controlo do sistema TAPROGGE

As memórias (F) servem de memórias de resultados intermediários de operações binárias.

	7	6	5	4	3	2	1	0	B	W	D
Byte 0	x	-	x	x	x	x	x	x	-	-	-
Byte 1	x	x	x	-	x	x	x	x	-	-	-
Byte 2	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
Byte 3	x	-	-	-	x	x	x	x	-	-	-
Byte 4	x	-	x	x	x	x	x	x	-	-	-
Byte 5	x	x	x	-	x	x	x	x	-	-	-
Byte 6	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-
Byte 7	-	-	x	x	-	x	x	-	-	-	-
Byte 8	-	-	-	-	-	-	x	x	-	-	-
Byte 9	-	x	-	x	-	-	-	-	-	-	-
Byte 10 - 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Byte 12	-	-	-	-	-	x	x	-	-	-	-
Byte 13 - 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Byte 16	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-
Byte 17	-	-	-	-	x	x	-	-	-	-	-
Byte 18	-	-	-	-	-	-	x	x	-	-	-
Byte 19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Byte 20	-	x	x	x	-	x	x	x	-	-	-
Byte 21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Byte 22	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-
Byte 23	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-
Byte 24 - 34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Byte 35	-	x	x	x	x	-	x	x	-	-	-
Byte 36	-	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-
Byte 37	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-
Byte 38 - 52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Byte 53	-	-	x	x	x	x	x	x	-	-	-
Byte 54	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ANEXO III – Alterações dos esquemas de comando do sistema de controlo TAPROGGE

Com as alterações/melhorias efectuadas no sistema de controlo TAPROGGE, houve também alterações nos esquemas de comando para o autómato S5-100U como é referido no ponto 3.2.3.2.

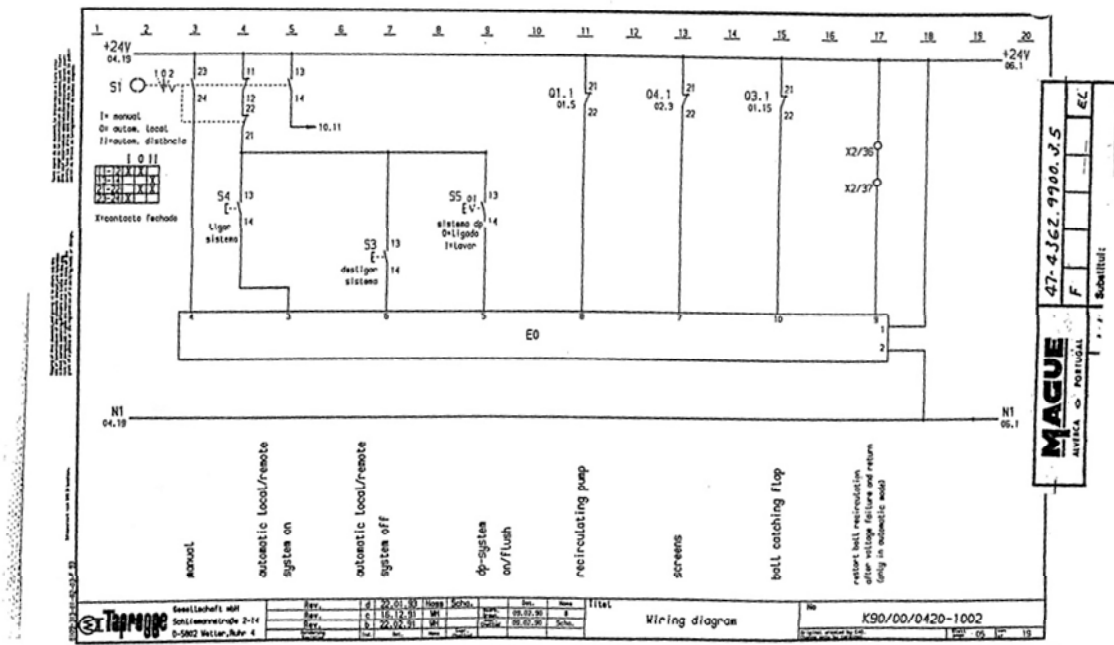


Figura III.1 – Esquema de comando do módulo de entradas digitais E0 com as alterações efectuadas

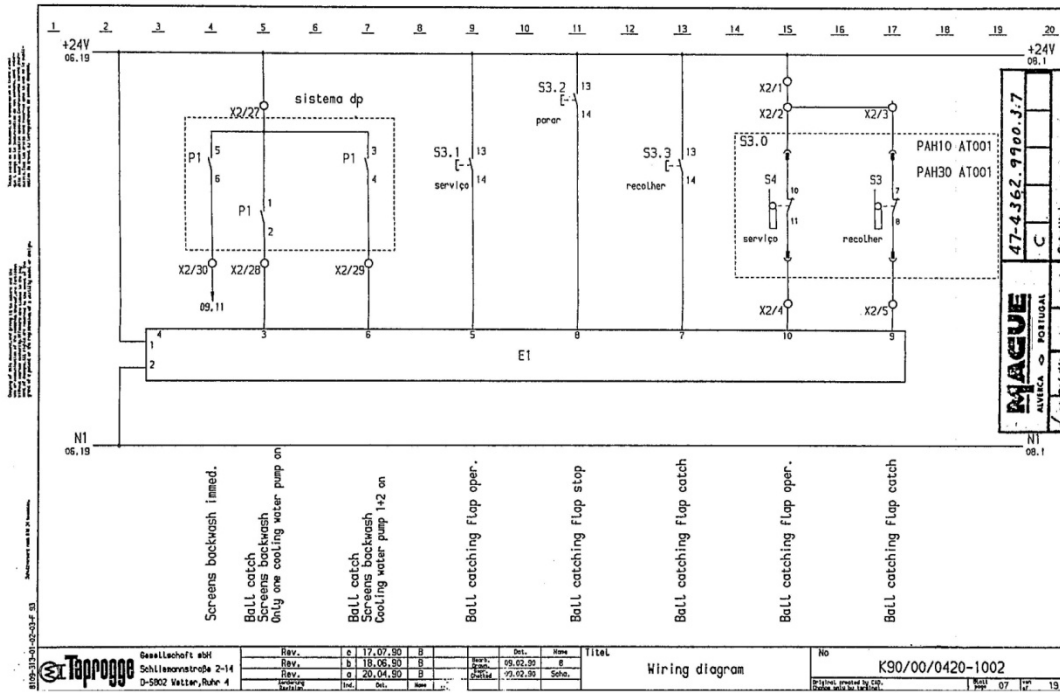


Figura III.2 – Esquema de comando do módulo de entradas digitais E1 com as alterações efectuadas

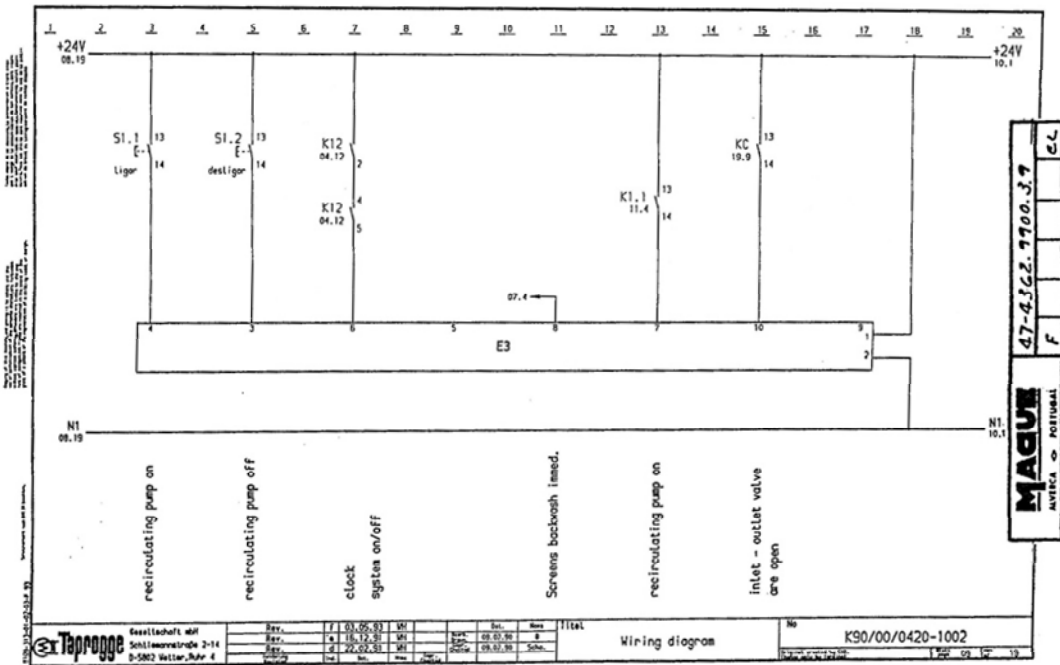


Figura III.3 – Esquema de comando do módulo de entradas digitais E3 com as alterações efectuadas

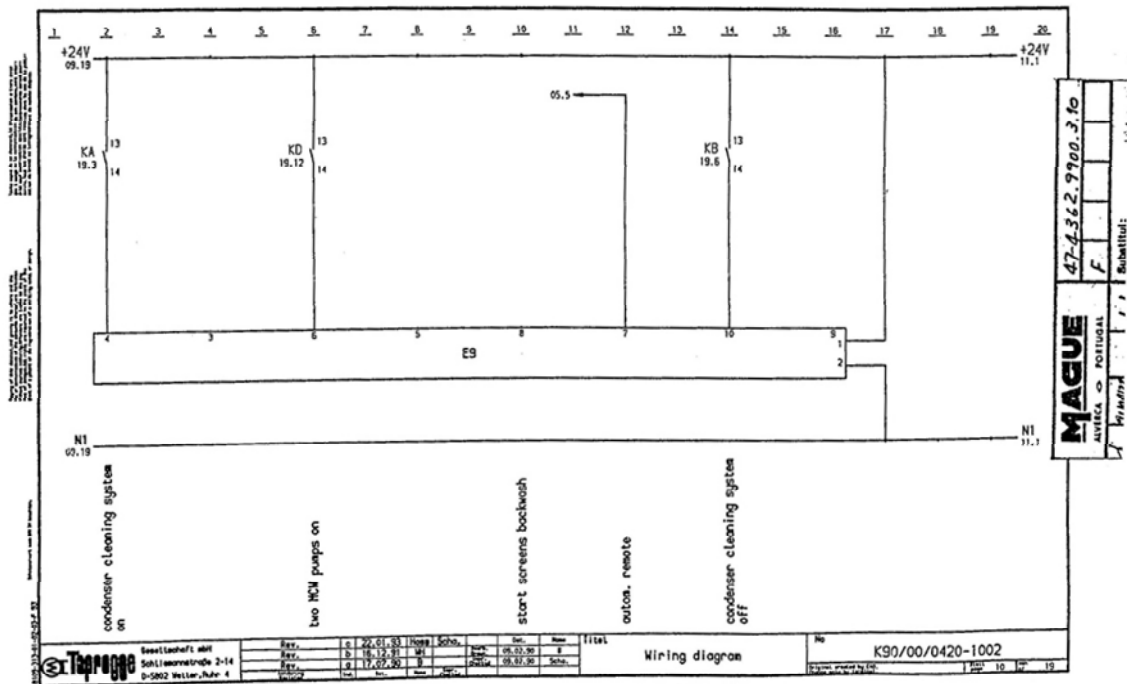


Figura III.4 – Esquema de comando do módulo de entradas digitais E9 com as alterações efectuadas

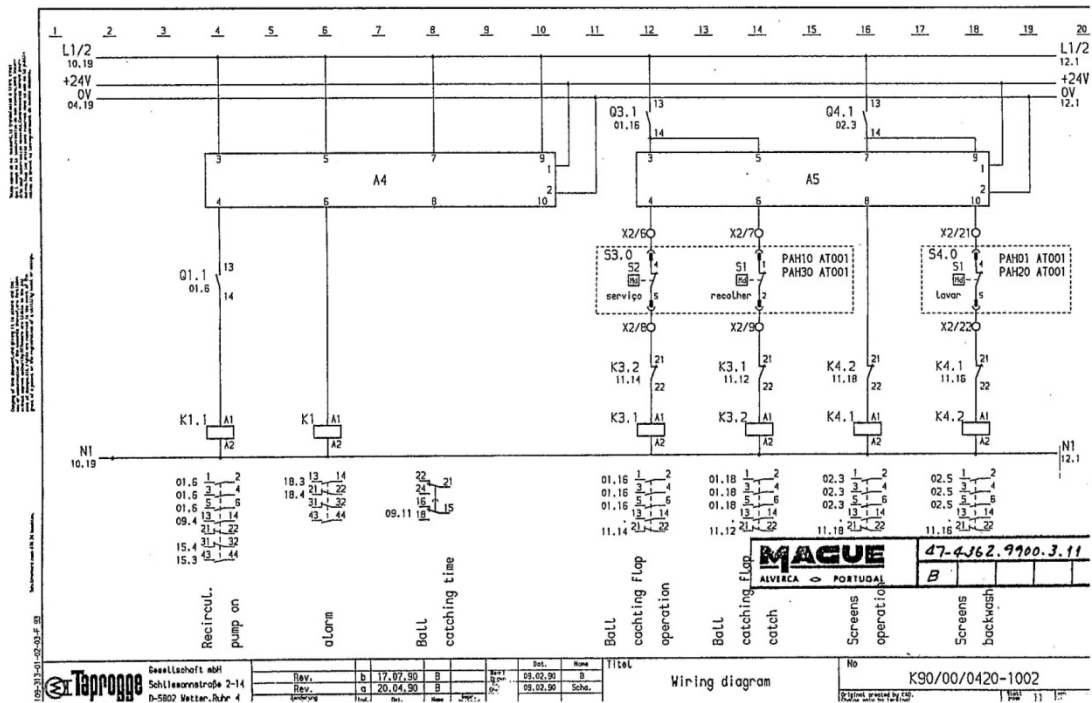


Figura III.5 – Esquema de comando dos módulos de saídas digitais A4 e A5 com as alterações efectuadas

Anexo IV – Esquemas de alimentação dos módulos de entradas e saídas digitais do autómato S7-300

Os esquemas de alimentação do autómato S7-300 são necessários para a alimentação dos módulos de Entradas e Saídas digitais na simulação prática realizada na oficina eléctrica do programa de controlo do sistema TAPROGGE.

O esquema de alimentação do módulo de entradas digitais é o que mostra a figura seguinte:

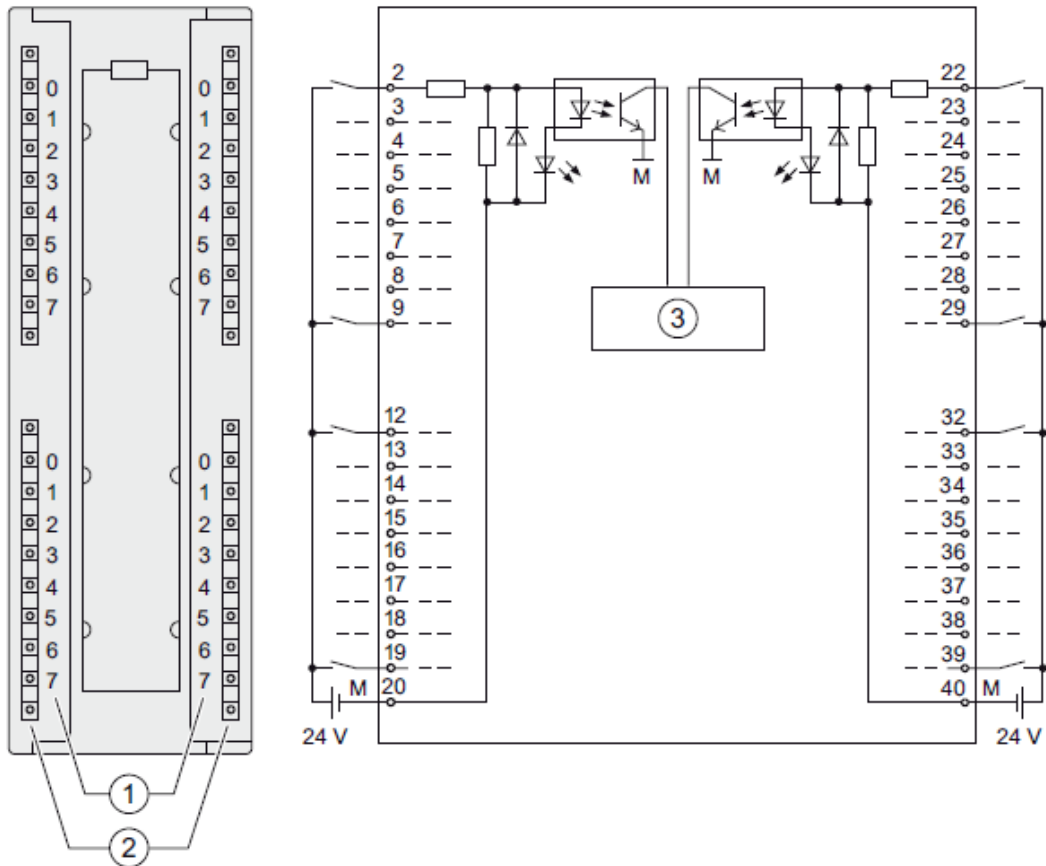


Figura IV.1 – Esquema de alimentação do módulo de 32 entradas digitais do S7-300[9]

O esquema de alimentação do módulo de 32 saídas digitais é mostrado na figura a seguir:

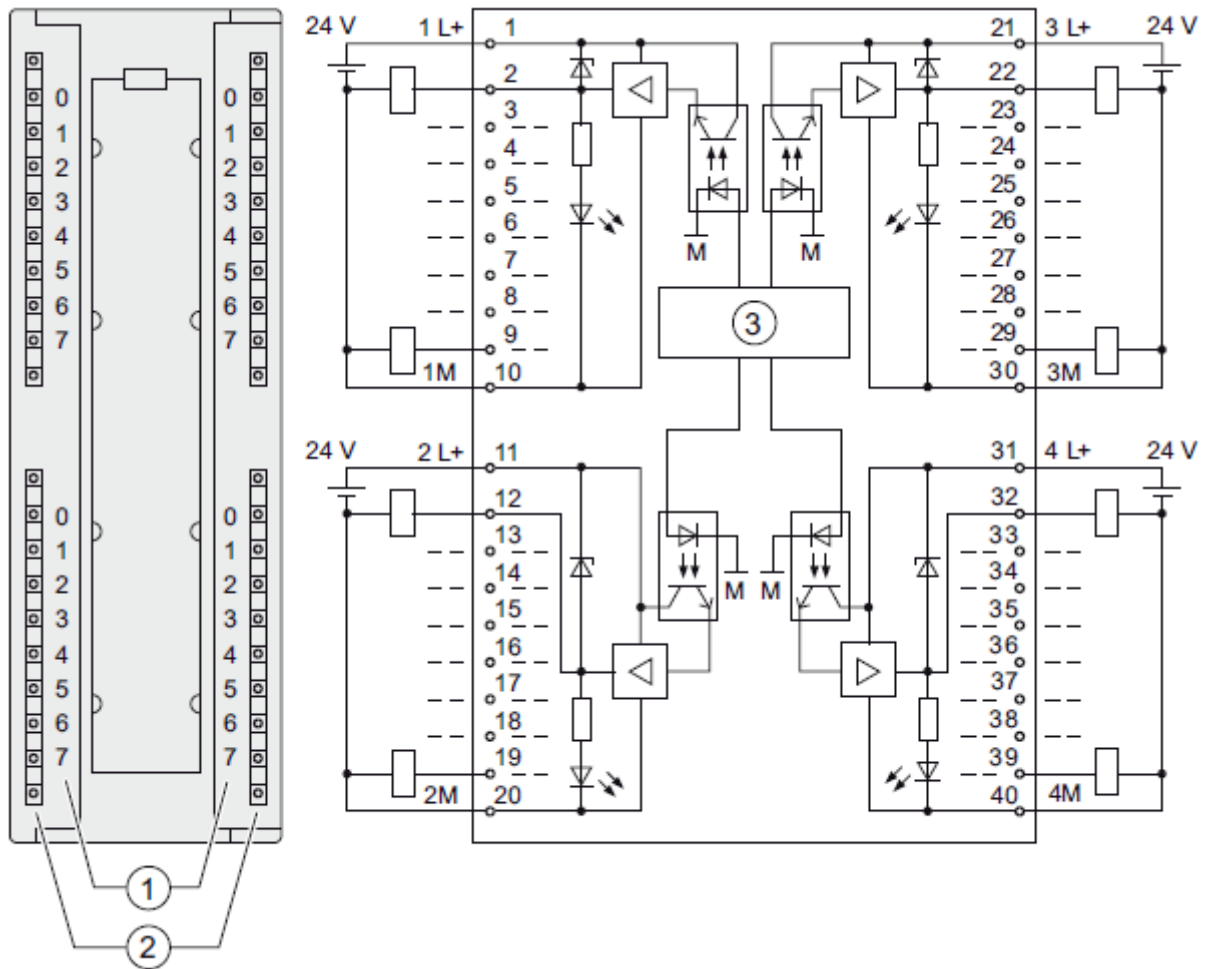


Figura IV.2 - Esquema de alimentação do módulo de 32 saídas digitais do S7-300 [9]

ANEXO V – Alterações na programação de S5 (STEP 5) para S7 (SIMATIC MANAGER)

A simulação foi executada no autómato que foi requisitado em armazém, S7-300. Para tal, teve-se que actualizar o programa em S5-100 para S7-300 devido aos editores serem distintos. A estrutura do programa manteve-se idêntica, havendo alterações nas nomenclaturas utilizadas no SIMATIC MANAGER, como mostra a tabela a seguir.

Tabela V.1 – Diferenças de nomenclaturas de S5-100 para S7-300

	S5-100U	S7-300
Entradas	I	I
Saídas	Q	Q
Memórias	F	M
Funções*	PB	FC

ANEXO VI – Diagramas de tubagens e instrumentação do sistema de descarga das Cinzas

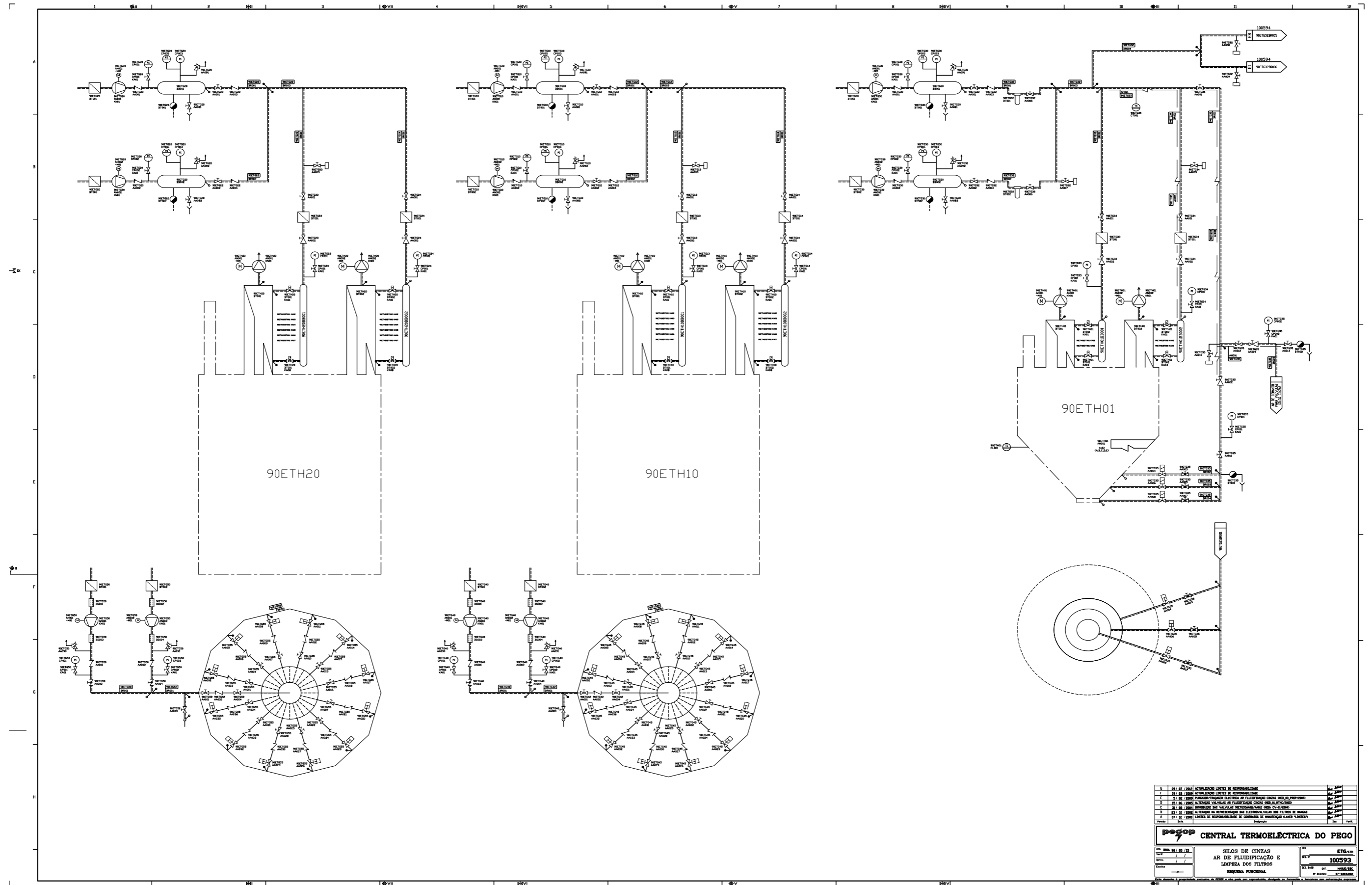


Figura VI.1 – Diagrama de tubagens e instrumentação do topo de cada silo principal e de arranque

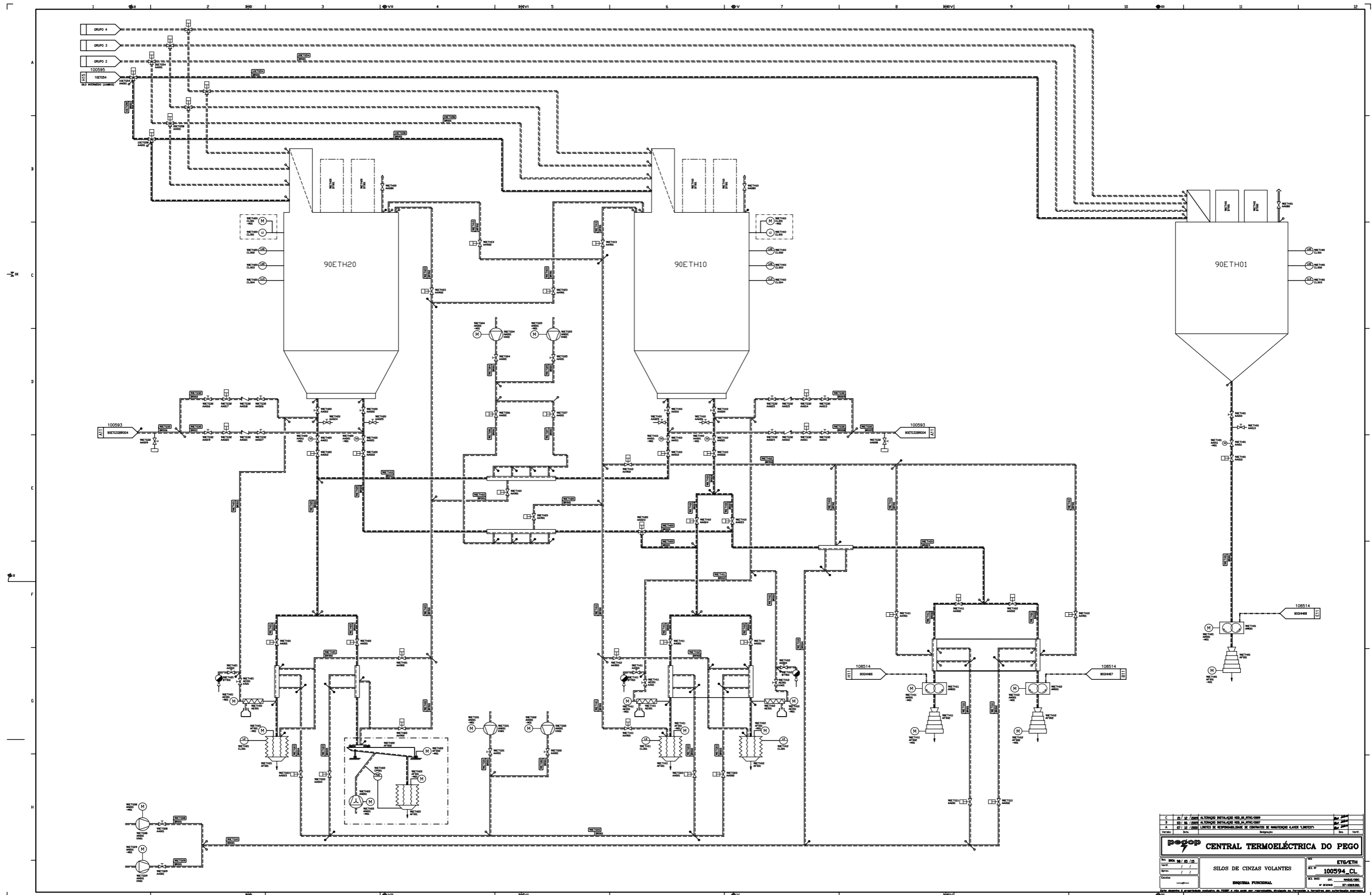


Figura VI.2 – Diagrama de tubagens e instrumentação do sistema de descarga de cada silo principal e de arranque

