

Dissertação de Mestrado Integrado



Intervenção de Reengenharia num Sistema de Bombas Hidráulicas

Mestrado Integrado de Engenharia Electrotécnica e de
Computadores

Nuno Alexandre Borges Felício

Março de 2008

Intervenção de Reengenharia num Sistema de Bombas Hidráulicas

Nuno Alexandre Borges Felício

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia
Electrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da
Universidade do Porto, orientada pelo Professor Adriano da Silva Carvalho.

(O Presidente do Júri: Américo Lopes de Azevedo)

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Rua Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, Portugal

Março 2008

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar aos meus pais.

Também merecem agradecimentos os engenheiros Ricardo Santos e António Nogueira pela disponibilidade que demonstraram em ajudar, de forma geral, neste projecto.

Resumo

A reapreciação de um projecto já concretizado consiste num problema comum no universo da engenharia que ainda assim não se qualifica como uma actividade padronizada, com formas de abordagem estabelecidas e metodologias próprias. A dificuldade em encontrar documentação específica a projectos com estas características comuns leva à criação de uma metodologia própria que poderá, ou não, provar-se uma mais-valia na execução do projecto. Este trabalho é mais um destes problemas, que se procurará enfrentar com recurso a metodologias a definir que, eventualmente, poderão ser aproveitadas em outros projectos de natureza semelhante. A qualidade deste tipo de trabalho mede-se, portanto, com base na qualidade do produto final mas mantém-se ainda uma preocupação constante em relacionar a metodologia seguida com o resultado das suas orientações.

Prefácio

O problema de engenharia que aqui se apresenta e consiste na reabordagem de um projecto de engenharia, encontra-se no momento da sua abordagem numa fase de manutenção, ultrapassadas portanto as fases de desenvolvimento e instalação. Neste caso concreto encontramos-nos perante quatro centrais mini-hídricas que se encontram em funcionamento pleno desde há quase cinco décadas, cuja intervenção se justifica pela necessidade de intervenção numa destas centrais que possuem, em geral, um equipamento e tipo de controlo comuns. O sistema de controlo em operação, se bem que funcional, deverá ser substituído por uma nova geração de equipamentos de automação proprietários da EFACEC, bem como as decisões de controlo levadas a cabo por software desenvolvido em módulos e plataformas também eles proprietários da EFACEC. Pretende-se com isto remodelar o controlo destas centrais sem perda de características e funcionalidades e, se possível, implementar eventuais melhorias que permitam a optimização do seu comportamento.

Procurar-se-á proceder a esta abordagem de uma forma sistemática, em regra com as metodologias definidas e o planeamento das operações. A caracterização deste tipo de actividade (remodelação de sistemas de engenharia) não se encontra padronizada, provavelmente devido à dificuldade em associar um conjunto de regras e procedimentos a cada caso concreto de engenharia, de forma coerente. Assim, este trabalho irá começar por pesquisar metodologias associadas à abordagem de problemas de engenharia e procurar adoptar uma metodologia que permita conferir um maior grau de rigor na execução das tarefas e na produtividade em geral com o objectivo último de obter um produto em conformidade com as expectativas do cliente, ou seja, um produto com qualidade.

Índice

AGRADECIMENTOS.....	4
RESUMO.....	5
PREFÁCIO	6
ÍNDICE	7
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE TABELAS.....	11
1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. OBJECTIVO	14
2. CARACTERIZAÇÃO E ENQUADRAMENTO DO PROBLEMA.....	16
2.1. METODOLOGIA	16
2.1.1. Conceitos Relevantes.....	16
2.1.1.1. Engenharia Reversa.....	16
2.1.1.2. Reengenharia de Processos.....	17
2.1.1.3. Controlo de Qualidade	17
2.1.2. Definição da Metodologia	18
2.2. CENTRAIS HÍDRICAS	19
2.2.1. Centrais da Ilha Terceira	20
2.2.2. Central da Ilha do Faial	21
2.2.3. Comparação entre centrais	22
3. ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA.....	24
3.1. PAINEL DE CONTROLO	25
3.1.1. Informação do Painel de Controlo	28
3.2. ANTIGA BASE DE DADOS	29
3.2.1. Comandos.....	30
3.2.2. Entradas Digitais.....	31
3.2.3. Entradas Analógicas.....	32
3.2.4. Variáveis Virtuais.....	33
3.2.4.1. Medidas Virtuais	34
3.3. CENTRO DE TELECOMANDO.....	35
3.4. CÓDIGO FONTE.....	37
3.4.1. Linguagem de Programação	37
3.4.1.1. Blocos Funcionais.....	38
3.4.1.2. Leitura do Programa	39
3.4.2. Filtro de Medidas	40
3.4.3. Configuração de Parâmetros	41
3.4.4. Comutação Periódica de Variáveis	43
3.4.5. Processamento dos Comandos	43
3.4.6. Controlo dos Alarmes	44
3.4.6.1. Tempo Ultrapassado e Falta de Critério	44
3.4.6.2. Temperaturas das Chumaceiras.....	45
3.4.7. Programas de Arranque e Paragem.....	45
3.4.7.1. Sincronização e Comutação entre Programas	46
3.4.7.2. Preparação	47
Execução	47
3.4.7.3. Programa de Paragem de Emergência	49
3.4.7.4. Evolução dos Programas.....	50

3.4.8.	<i>Regulação de Nível – Ilha Terceira</i>	50
3.4.8.1.	Nível da Câmara de Carga.....	50
3.4.8.2.	Acções Físicas do Mecanismo de Regulação de Nível.....	51
3.4.8.3.	Algoritmo de Controlo da Regulação de Nível.....	52
3.4.8.4.	Actuação das Saídas de Controlo de Potência.....	53
3.4.9.	<i>Controlo da Válvula de Bypass</i>	54
3.4.9.1.	Parâmetros de Funcionamento e Intensidade de Abertura/Fecho	54
3.5.	SUMÁRIO DAS ESPECIFICAÇÕES	55
3.5.1.	<i>Esquema de Estados</i>	56
4.	ANÁLISE QUALITATIVA DO SISTEMA ACTUAL	58
4.1.	ARQUITECTURA DE CONTROLO	58
4.2.	PAINEL DE COMANDO	59
4.3.	BASE DE DADOS	59
4.4.	PROGRAMA DE CONTROLO.....	60
4.5.	MANUTENÇÃO E ADAPTAÇÃO AO MEIO	61
5.	RECONFIGURAÇÃO E DESENVOLVIMENTO	63
5.1.	ARQUITECTURA	64
5.1.1.	<i>URT500 e CLP500</i>	64
5.1.2.	<i>Unidade Central</i>	66
5.1.3.	<i>Unidades de Aquisição</i>	67
5.1.4.	<i>Centros de Comando</i>	67
5.1.5.	<i>Base de Dados de Tempo Real (DBAPI)</i>	69
5.2.	RECONFIGURAÇÃO.....	71
5.2.1.	<i>Sistema Global</i>	72
5.2.2.	<i>Simplificação Estrutural</i>	74
5.2.3.	<i>Novas Características</i>	77
5.2.3.1.	Ferramentas de Diagnóstico	78
5.2.3.2.	Gestão de Utilizadores	79
5.3.	DESENVOLVIMENTO.....	80
5.3.1.	<i>Projecção e Planeamento</i>	81
5.3.1.1.	Código Fonte – Tradução e Subsistemas.....	81
5.3.1.2.	Controlo dos Grupos Geradores.....	82
5.3.1.3.	Adaptação de Funções do AGR500	82
5.3.1.4.	Integração e Desenvolvimento dos Sistemas CLP500 e AGR500	83
5.3.2.	<i>AGR500</i>	85
5.3.2.1.	Introdução	85
5.3.2.2.	Configuração dos Programas.....	89
5.3.2.3.	Configuração dos Critérios.....	91
5.3.2.4.	Comandos de Potência.....	93
5.3.2.5.	Comandos Interditos	93
5.3.2.6.	Semelhanças e Divergências	94
5.3.3.	<i>FUNG500</i>	97
5.3.4.	<i>Base de Dados CLP500</i>	98
5.3.4.1.	Entidades do Sistema de Controlo	99
5.3.5.	<i>Automatismo principal da CLP500</i>	103
5.3.5.1.	Plataforma de desenvolvimento em C++.....	103
5.3.5.2.	Código Fonte	105
6.	TESTE E DEPURAÇÃO DE ERROS	111
6.1.	DEPURAÇÃO DE ERROS	111
6.2.	ENSAIOS EM FÁBRICA	113
6.2.1.	<i>Estrutura Fundamental do Programa</i>	114
6.2.2.	<i>Funções Básicas Essenciais</i>	115
6.2.3.	<i>Alarmes e Painel de Controlo</i>	117
6.2.4.	<i>Comutações Automáticas</i>	119
6.2.5.	<i>Regulação de Nível</i>	121

6.2.6.	<i>Controlo da Válvula de Bypass</i>	122
6.2.7.	<i>Filtro de Medidas</i>	122
7.	CONCLUSÕES	123
	REFERÊNCIAS	125
	ANEXOS	126

Índice de Figuras

FIGURA 1 - PLANO DE TRABALHO	18
FIGURA 2 - DISPOSIÇÃO EM CASCATA DAS CENTRAIS DA ILHA TERCEIRA	23
FIGURA 3 - PAINEL DE CONTROLO DAS CENTRAIS DA ILHA TERCEIRA	26
FIGURA 4 - TABELA ORIGINAL DE COMANDOS DA ILHA TERCEIRA	30
FIGURA 5 - TABELA ORIGINAL DE MEDIDAS DA ILHA TERCEIRA	33
FIGURA 6 - TABELA DE MEDIDAS VIRTUAIS DA ILHA TERCEIRA	34
FIGURA 7 - SINÓPTICO ANTERIOR DO SISTEMA DA ILHA TERCEIRA DO CENTRO DE TELECOMANDO	35
FIGURA 8 - IMAGEM DO SINÓPTICO DE NASCE ÁGUA DA CENTRAL DE TELECOMANDO	36
FIGURA 9 - ROTINA DE CONTROLO DE VARIÁVEIS DE COMUTAÇÃO PERIÓDICA (TERCEIRA)	38
FIGURA 10 - CICLO DE LEITURA DO PROGRAMA ORIGINAL	40
FIGURA 11 - FILTRO DA MEDIDA DE TEMPERATURA DA CHUMACEIRA DA TURBINA DO LADO DO ALTERNADOR (TERCEIRA)	41
FIGURA 12 - CONFIGURAÇÃO DOS PARÂMETROS DE REGULAÇÃO DE NÍVEL DAS CENTRAIS DA ILHA TERCEIRA	42
FIGURA 13 - CONFIGURAÇÃO DE VARIÁVEIS AUXILIARES DE ESTADO DAS CENTRAIS DA ILHA TERCEIRA	42
FIGURA 14 - CONTROLO DO MODO DE OPERAÇÃO (MANUAL/AUTOMÁTICO E DISTÂNCIA/LOCAL – TERCEIRA)	44
FIGURA 15 - ACTIVAÇÃO DO ALARME DE TEMPO ULTRAPASSADO (TERCEIRA)	44
FIGURA 16 - ACTIVAÇÃO DO ALARME DAS TEMPERATURAS DA CHUMACEIRA	45
FIGURA 17 - SINCRONIZAÇÃO DOS PROGRAMAS	46
FIGURA 18 - EXECUÇÃO DO PROGRAMA DE ARRANQUE (TERCEIRA)	48
FIGURA 19 - EXECUÇÃO DO PROGRAMA DE PARAGEM (TERCEIRA)	49
FIGURA 20 - EXECUÇÃO DA PARAGEM DE EMERGÊNCIA (TERCEIRA)	49
FIGURA 21 - CONTROLO DE POTÊNCIA	53
FIGURA 22 - SEGUIMENTO DA REFERÊNCIA DE POTÊNCIA ACTIVA	54
FIGURA 23 - VÁLVULA DE BYPASS	55
FIGURA 24 - ESQUEMA DE ESTADOS DO PAINEL DE CONTROLO (TERCEIRA)	56
FIGURA 25 - A ARQUITECTURA GERAL DA URT500 [13]	65
FIGURA 26 - EXEMPLO DE REDE DE AUTOMAÇÃO [13]	68
FIGURA 27 - BASE DE DADOS DE UMA CLP500	69
FIGURA 28 - DEFINIÇÃO E CONFIGURAÇÃO DAS ENTRADAS DIGITAIS	70
FIGURA 29 - INTERAÇÃO ENTRE SISTEMAS AGR500, CLP500 E O PROCESSO	84
FIGURA 30 - EXEMPLO DE UM MAPA DE PROGRAMAS (EXCERTO DA CENTRAL HÍDRICA DO PICO)	87
FIGURA 31 - CONFIGURAÇÃO DOS PROGRAMAS DAS CENTRAIS DA ILHA TERCEIRA: MAPA DE PROGRAMAS	89
FIGURA 32 - CONFIGURAÇÃO DOS CRITÉRIOS DAS CENTRAIS DA ILHA TERCEIRA: MAPA DE PROGRAMAS	91
FIGURA 33 - JANELA DE VISUALIZAÇÃO DO AGR500 EM FUNCIONAMENTO	94
FIGURA 34 - ORGANIZAÇÃO DA PASTA DE PROJECTO DE UM AUTOMATISMO	104
FIGURA 35 - CONTEÚDO E ORGANIZAÇÃO GERAL DO CÓDIGO FONTE DO AUTOMATISMO DA CLP500	105
FIGURA 36 - JANELA PARA DEPURAÇÃO DE ERROS DO AUTOMATISMO	112
FIGURA 37 - SINÓPTICO DO PAINEL DE CONTROLO - MODO MANUAL	117
FIGURA 38 - PEDIDO DE EXECUÇÃO DO PROGRAMA DE ARRANQUE	119
FIGURA 39 - TABELA DE DIGITAIS VIRTUAIS DA ILHA TERCEIRA	127
FIGURA 40 - TABELA ORIGINAL DE DIGITAIS DA ILHA TERCEIRA	128
FIGURA 41 - PREPARAÇÃO DO PROGRAMA DE ARRANQUE DAS CENTRAIS DA ILHA TERCEIRA	129
FIGURA 42 - CÓDIGO RELATIVO AO PASSO 4 DO PROGRAMA DE ARRANQUE DAS CENTRAIS DA ILHA TERCEIRA	130
FIGURA 43 - EXCERTO DO FICHEIRO DE CONFIGURAÇÃO DO AGR500 PARA CENTRAIS DA TERCEIRA	131
FIGURA 44 - TABELA DE CONFIGURAÇÃO DAS FUNÇÕES LÓGICAS DO FUNG500	132

Índice de Tabelas

TABELA 1 - METODOLOGIAS	18
TABELA 2 - ESCALA REAL DAS MEDIDAS (0 – 32000).....	34
TABELA 3 - DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES ASSOCIADA AOS BLOCOS INDIVIDUAIS	39
TABELA 4 - CONFIGURAÇÃO DA CENTRAL HÍDRICA (TERCEIRA).....	41
TABELA 5 - CONFIGURAÇÃO DO PERÍODO DE COMUTAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE COMUTAÇÃO.....	43
TABELA 6 - INIBIÇÃO DE COMANDOS EM MODOS DE FUNCIONAMENTO	46
TABELA 7 - CONFIGURAÇÃO DAS REFERÊNCIAS DOS NÍVEIS DE ÁGUA PARA CADA CENTRAL	51
TABELA 8 - LEGENDA DA EQUAÇÃO DE DETERMINAÇÃO DA REFERÊNCIA DE POTÊNCIA PARA REGULAÇÃO DE NÍVEL.....	52
TABELA 9 - COMPONENTES DAS UNIDADES DE AQUISIÇÃO.....	73
TABELA 10 - NÍVEIS DE HIERARQUIA DA BASE DE DADOS DA CLP500 (TERCEIRA).....	75
TABELA 11 - CONDIÇÕES PRELIMINARES DOS PROGRAMAS DE ARRANQUE E PARAGEM	90
TABELA 12 - LEGENDA DAS CONDIÇÕES PRELIMINARES (*1- CIRCULAÇÃO DE ÓLEO; VÁLVULA DE ADIÇÃO ABERTA; FLUXO DE ÁGUA LUBRIFICADO [SE N.A.]; VÁLVULA DE TOPO ABERTA; PROTECÇÕES MECÂNICAS SEGURAS).....	90
TABELA 13 - DESCRIÇÃO DOS CRITÉRIOS DO MAPA DE PROGRAMAS	92
TABELA 14 - SEMELHANÇAS E DIFERENÇAS ENTRE O AGR500 E O PROGRAMA ORIGINAL	95
TABELA 15 - OPERADORES LÓGICOS DO FUNG500	98
TABELA 16 - EXEMPLOS DE VARIÁVEIS AUXILIARES INTERNAS DE ESTADO	112
TABELA 17 - ENSAIO DE ESTRUTURA FUNDAMENTAL.....	114
TABELA 18 - ENSAIO DE FUNÇÕES BÁSICAS ESSENCIAIS.....	116
TABELA 19 - ENSAIO DOS ALARMES E DE ALGUNS COMANDOS DO PAINEL DE CONTROLO	118
TABELA 20 - ENSAIO DAS COMUTAÇÕES AUTOMÁTICAS	120
TABELA 21 - ENSAIO DA REGULAÇÃO DE NÍVEL	121

1.Introdução

O desafio que aqui se apresenta é trazido e proposto pela EFACEC Engenharia S.A. e encontra-se, portanto, inserido num ambiente fundamentalmente industrial. Os desenvolvimentos, tomadas de decisão e requisitos serão então influenciados por esta realidade, enquanto se procura manter uma perspetiva analítica sobre o esforço global deste projecto. O projecto é assumido no contexto da tese de Mestrado Integrado do curso de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, pelo que se procura manter uma postura crítica e analítica em relação aos procedimentos e metodologias utilizadas.

Encontramo-nos perante um caso típico de engenharia onde se propõe reavaliar e reconfigurar um sistema de engenharia, mais concretamente um conjunto de quatro centrais mini-hídricas cujo sistema de controlo deverá ser completamente remodelado. Admitem-se portanto alterações mais ou menos profundas sendo entretanto apresentados argumentos que justifiquem estas eventuais alterações. Uma análise do estado das centrais fora deste sentido (controlo) é justificada considerando que existem outros factores que influenciam na eficácia e qualidade do produto final. Existe dificuldade em encontrar casos de natureza idêntica, o que se poderá explicar pela sua especificidade.

Em qualquer fase do projecto não deverá em momento algum ser esquecida a motivação fundamental que deverá servir as expectativas do cliente, sendo as metodologias e procedimentos adoptados essencialmente orientados para esta finalidade, e evitar o risco de tornar esta abordagem exageradamente abstracta enquanto se procura sistematizar tanto quanto possível os procedimentos a adoptar na concretização do projecto de remodelação. O cliente é a EDA – Electricidade dos Açores.

A reavaliação de um sistema de engenharia, apesar de consistir um problema típico de engenharia com inúmeras situações em variadíssimas áreas da engenharia, é um processo com documentação escassa devido à dificuldade em conduzir um projecto de reavaliação e reestruturação sob orientações pré determinadas para um sistema de engenharia em geral. Pretende-se portanto que este trabalho sirva também outros empreendimentos futuros com este objectivo comum de reavaliação de um sistema de

engenharia. Não se constitui propriamente como uma auditoria, tendo em conta que este trabalho irá realizar uma análise extensiva de todos os mecanismos de controlo automático com a pretensão de neles intervir, se tal se justificar, pelo que apenas os aspectos “mutáveis” serão considerados.

Assim sendo, o primeiro capítulo irá inserir detalhadamente o leitor no contexto a partir do qual se parte para este trabalho com uma visão sobre os objectivos propostos, as metodologias a considerar e a adoptar, e mais concretamente caracterizando e fornecendo uma imagem detalhada da arquitectura e das características das centrais hídricas.

O segundo capítulo deverá vergar sobre os aspectos funcionais do sistema de controlo das centrais hídricas, onde será apresentado com detalhe o estudo sobre ele realizado e as suas conclusões, apresentando como resultado uma especificação técnica funcional pormenorizada. Será ainda apresentada a configuração física destas centrais.

O terceiro capítulo procurará fazer uma análise qualitativa das funções desempenhadas pelos programas de controlo analisados, procurando ao mesmo tempo formas de otimizar o seu funcionamento, se possível. Serão ainda brevemente avaliados outros aspectos relevantes para a qualidade do produto final.

É no quarto capítulo que as sugestões fornecidas no capítulo anterior são consideradas. Neste capítulo são apresentadas as características das novas reconfigurações, nomeadamente no que diz respeito às soluções providenciadas pela EFACEC. Será fornecida uma visão técnica global sobre a arquitectura do sistema de automação a implementar. Serão inclusivamente apresentados os desenvolvimentos do novo *software* de controlo, as suas características e a sua adaptabilidade às especificações bem como é fornecida uma vista sobre os procedimentos de configuração do sistema em geral.

No capítulo sexto é apresentada a sessão de testes em fábrica e o modo como esta foi planeada e executada de forma a garantir a maior fiabilidade possível antes da sua instalação.

O capítulo final apresenta as conclusões a dois níveis sendo que o primeiro é relacionado com o resultado prático obtido e o seu ajuste às expectativas do cliente, e o

segundo a um nível mais abstracto sobre o esforço global e a contribuição da metodologia adoptada para a eficácia no desenvolvimento do projecto.

1.1. Objectivo

Com este projecto pretende-se realizar a remodelação plena do sistema de controlo das quatro centrais mini-hídricas nos Açores: Nasce Água, S. J. Deus e Angra do Heroísmo (Cidade) na ilha Terceira e a central do Varadouro na ilha do Faial. Considerando que pelo menos uma destas centrais exige uma remodelação urgente e tendo em conta que todas partilham o mesmo tipo de controlo, isto é, foram projectadas e instaladas pela mesma empresa, impõe-se a remodelação das quatro centrais acompanhando a tendência de estabelecimento dos sistemas de automação da EFACEC para controlo e monitorização de sistemas eléctricos nos Açores.

A remodelação envolve a substituição do controlo local de cada central que, de forma muito geral, recebe informação dos sensores, processa informação e envia comandos para os actuadores enquanto fornece informações do sistema aos operadores local e remoto. O sistema de controlo em substituição possui uma unidade de processamento centralizada que realiza a sincronização de todos os processos, excluindo o controlo de processos específicos e dedicados como a sincronização e regulação de velocidade da turbina. De notar que não é do âmbito deste trabalho o desenvolvimento e projecção do controlo remoto da central de telecomando, apesar de se exigir que o novo sistema de comando se encontre preparado para este tipo de controlo da mesma forma que se encontrava a funcionar anteriormente à intervenção deste projecto.

A remodelação envolve, nomeadamente, a substituição do hardware de controlo e a consequente cablagem de todo o sistema tendo por base a instalação actual. O sistema de controlo deverá também ser apoiado em software desenvolvido de raiz, para o que se deverá procurar utilizar ferramentas que facilitem o processo de reconfiguração e desenvolvimento na medida do possível, através dos quais deverá ser mantida a preocupação de dotar o sistema de características que facilitem o diagnóstico de anomalias e a sua manutenção.

Pretende-se que esta actividade decorra de forma planeada e sustentada, definindo-se uma metodologia de trabalho que permita orientar as tarefas e o esforço global com a intenção de levar a uma maior organização de trabalho que se crê dar maiores garantias de um produto final de qualidade, desenvolvido dentro de prazos previstos. Procurar-se-á, no final do projecto, avaliar a qualidade do trabalho desenvolvido e associá-lo à metodologia adoptada. De uma forma mais abstracta, reserva-se a esperança de que este trabalho de remodelação possa servir outros trabalhos futuros da mesma natureza.

2. Caracterização e Enquadramento do Problema

2.1. Metodologia

2.1.1. Conceitos Relevantes

Tendo em conta a natureza deste projecto de remodelação de um sistema já concretizado e operacional para dele resultar um sistema com tecnologia mais recente, que lhe confira uma maior eficiência e vantagens de operação de uma forma geral, vale a pena introduzir conceitos que estão directamente relacionados com este esforço, como *reengenharia de processos* [1][2][3][4], *engenharia reversa* [5][6][7] ou *controlo de qualidade* [8][9][10][11].

2.1.1.1. Engenharia Reversa

A *engenharia reversa* é um conceito geralmente utilizado ao nível da área de *software*, mas não somente, sendo até um conceito mais antigo do que a própria programação. Assim, *engenharia reversa* consiste no processo de análise e compreensão de um produto para compreender o seu funcionamento e aplicar esse conhecimento na construção de uma cópia com as mesmas características e funcionalidades e até, eventualmente, optimizando essas mesmas características. Os descompiladores de código máquina compilado são ferramentas de *engenharia reversa*. A teoria aplica-se, inclusivamente ao nível do *hardware* e a áreas mais vastas do que a informática como a medicina, onde se estuda a anatomia humana para construção de próteses.

Este é um conceito estreitamente ligado ao trabalho que se desenvolve neste projecto, pelo que este se propõe analisar um sistema concretizado, descrever ao pormenor as suas características construindo uma especificação detalhada e, a partir desta especificação, criar um novo sistema sobre uma plataforma completamente diferente da original, tanto a nível de *software* como de *hardware*.

2.1.1.2. Reengenharia de Processos

Outro conceito relevante para este projecto consiste na *reengenharia de processos* ou de *negócios*. O conceito mais geral de *reengenharia* insere-se num contexto empresarial onde o objectivo consiste na reformulação da organização da empresa de forma a otimizar o seu funcionamento e a utilização dos seus recursos, procurando manter uma elevada competitividade. A *reengenharia de processos* é entendida como um sub tema sob o tópico da *reengenharia* que procura otimizar os processos no seio de uma dada empresa. É possível manter uma analogia com o problema que este projecto enfrenta, procurando aplicar os conhecimentos associados a estas metodologias de *reengenharia de processos* no projecto actual. Assim, retiram-se conclusões da observação de algumas metodologias deste tipo de *reengenharia* pelo que podem ser entendidas algumas características frequentes:

- Definição clara do projecto antes do seu início
- Inclusão de uma fase de “*brainstorming*”, e avaliação de novas ideias
- Avaliação da relação custo/benefício das novas soluções
- Planeamento e Implementação de uma solução
- Avaliação dos resultados práticos na eficiência do processo

Uma atitude crítica permite desde logo concluir que estas são linhas de orientação adaptáveis ao projecto em mãos, além de que representam guias de actuação em linha com as necessidades deste mesmo projecto. Por esta razão serão pontos a serem seguidos através da evolução deste trabalho.

2.1.1.3. Controlo de Qualidade

Vale ainda a pena referir o conceito de *controlo de qualidade*. Geralmente, este conceito aplica-se ao controlo da qualidade de produtos ou serviços. No entanto, neste projecto pretende-se importar estas metodologias de controlo de qualidade para procurar melhorar a qualidade dos processos de avaliação, reconfiguração e desenvolvimento onde se espera obter um produto com maior qualidade, onde qualidade significa a adaptação do produto final às expectativas do cliente.

Assim, tendo em conta que a evolução das estratégias de controlo de qualidade se tem aproximado do controlo de processos intermédios em detrimento do controlo da qualidade do produto final, também neste projecto se procurará adoptar uma estratégia semelhante, procurando avaliar, a cada passo na evolução do projecto, a integridade e a qualidade do subproduto acabado de criar, tendo em conta as necessidades do projecto.

2.1.2. Definição da Metodologia

Sob a crença de que a adopção de uma metodologia de trabalho proporcionará um resultado de maior qualidade são adoptadas as sugestões retiradas dos conceitos definidos anteriormente que, resumindo, consistem na seguinte organização do trabalho:

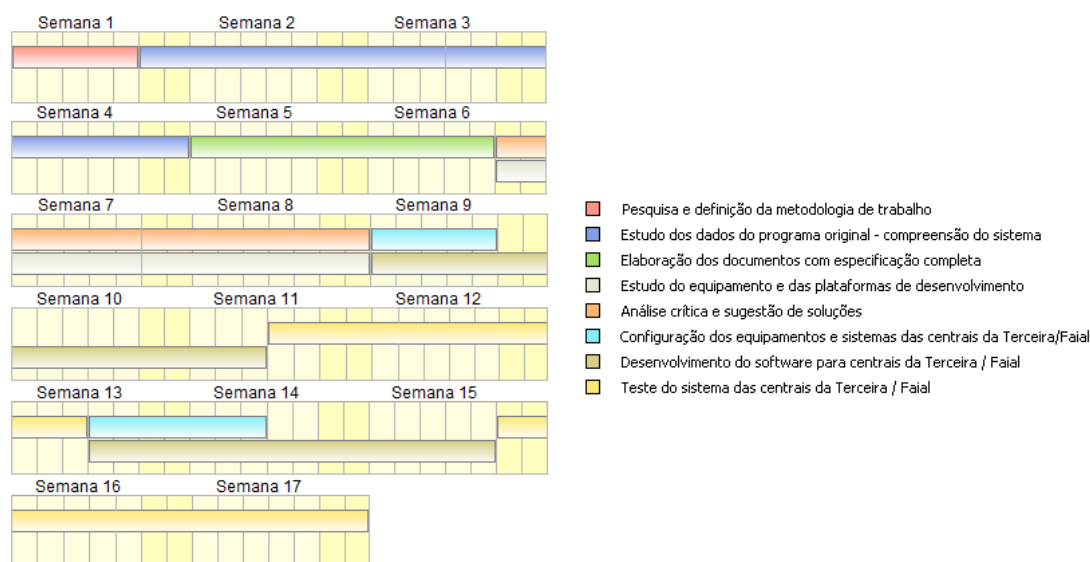


Figura 1 - Plano de trabalho

Tabela 1 - Metodologias

<i>Engenharia Reversa</i>	<i>Reengenharia de Processos</i>	<i>Controlo de Qualidade</i>
Criação de um conjunto de especificações bem definidas antes do início de qualquer tentativa de reprodução das características do sistema original	Definição clara do projecto antes do início; Avaliação de soluções; Avaliação de custo/benefício; Planeamento e implementação de uma solução; Avaliação dos resultados práticos	Controlo de qualidade nos procedimentos e passos intermédios do projecto por oposição ao controlo do produto final

A Tabela 1 auxilia na construção de uma metodologia de trabalho específica para este projecto. Antes do início do projecto, a *reengenharia de processos* sugere que o projecto seja claramente definido pelo que é criado um plano de trabalho com metas intermédias para evitar atrasos na execução das tarefas. Assim, é inicialmente sugerido o plano que se encontra na Figura 1. Esta interpretação, aliada à sugestão trazida pelo conceito de *engenharia reversa*, pode ser ainda feita de outra forma ao sugerir uma definição clara do produto a obter, o que se pode traduzir na elaboração de documentos com a especificação detalhada das características do programa de controlo original, uma vez que é o código fonte original que se pretende reproduzir. As tarefas de avaliação de soluções e consideração do custo/benefício são contempladas no plano de trabalhos da Figura 1. Também o conceito de *controlo de qualidade* vem a introduzir uma característica na metodologia a ser seguida que se relaciona com a forma como é feito o desenvolvimento do projecto. Pretende-se que, de uma forma análoga à do controlo de qualidade nos processos por oposição ao controlo de qualidade do produto final, seja colocada uma ênfase particular na avaliação do cumprimento de objectivos intermédios e na avaliação da qualidade dos subprodutos à medida que estes vão sendo concluídos. Esta filosofia deverá garantir uma menor probabilidade de incompatibilidades, incoerências ou erros nas fases mais avançadas do projecto. Também se pode apreciar esta característica no plano de trabalhos definido acima, onde após cada tarefa deverá ser levado a cabo uma inspecção do trabalho desenvolvido.

2.2. Centrais Hídricas

Focando então a devida atenção no problema de engenharia, impõe-se uma análise técnica segundo vários aspectos, sendo o aspecto de controlo dos processos e da interface com o utilizador o mais proeminente. Poderá ser feita uma breve análise de aspectos estruturais destas centrais mini-hídricas e do seu ajuste à realidade actual, como a análise da evolução de factores externos à central mas directamente relacionadas com a sua prestação como a evolução do nível de água.

Assim sendo, apesar de este ser um factor absolutamente fundamental e inevitável na concepção de uma central mini-hídrica, uma análise da estrutura física será pouco

relevante uma vez que não podem ser feitas melhorias a esse nível sendo uma característica imutável destas centrais, com baixos orçamentos, o que se encontra claramente fora do âmbito desta intervenção.

Apresentam-se nas secções seguintes as centrais mini-hídricas em questão, da ilha Terceira e da ilha do Faial e serão apresentadas arquitecturas individuais. As informações apresentadas baseiam-se no estudo dos documentos disponíveis (o seu estudo é apresentado numa secção posterior) e encontram-se complementadas, no caso das centrais da ilha Terceira, por informações reunidas aquando de uma visita às centrais na fase final do projecto.

2.2.1. Centrais da Ilha Terceira

Terá sido oficialmente concluída a obra das três centrais mini-hídricas da ilha Terceira no ano de 1955. Estas centrais encontram-se dispostas em cascata de forma a aproveitar o potencial hidroeléctrico de um caminho de água que nasce a cerca de 350 metros de altitude. Cada uma das centrais possui um reservatório a montante com o objectivo de armazenar água para garantir que os grupos geradores não sofrem de falta de abastecimento, como medida de segurança, e servem também para amortecer as variações do caudal evitando que um maior caudal levasse a um desperdício de energia caso fosse necessário escoar a água em excesso pela válvula de *bypass* quando em vez disso a pode armazenar para aproveitamento em períodos com menor caudal de água.

A central mais a montante é a central de Nasce Água, que goza de uma queda bruta de 180m sendo, das três centrais, aquela com o grupo gerador de maior potência nominal: 900kW. Esta central possui um reservatório a montante com 6000m³ de capacidade, largamente o maior das três centrais. Os reservatórios das centrais a jusante, tanto de São João de Deus como a da Cidade possuem ambos uma capacidade de 75m³, e existem apenas para evitar que os grupos não sofram falta de água quando em funcionamento, o que poderia prejudicar o sistema. A próxima central a jusante de Nasce Água é a central de S. J. de Deus, com um grupo gerador com uma potência nominal de 560kW. A queda bruta desta central é de cerca de 70m. A central situada mais a jusante das três é a central de Angra do Heroísmo, ou central da Cidade, com um grupo gerador

com potência nominal de 330kW gozando de uma queda bruta de 70m, aproximadamente. A potência nominal dos grupos é decrescente com a queda bruta de que beneficiam bem como do caudal (velocidade e volume de água) do caminho de água, que é menor após atravessar as turbinas das centrais a montante, e daí se justifica a disposição dos grupos da forma apresentada.

No período onde estas centrais produziam mais energia, eram produzidos cerca de 8GWh por ano, enquanto que actualmente este valor se aproxima dos 3GWh. Este fenómeno acontece por várias razões resultado de a produção eléctrica ser menos prioritária do que o desvio de água para as culturas agrícolas e o abastecimento local de água. Ambos os factores sofreram um incremento desde que as centrais foram construídas, reservando menos água para aproveitamento eléctrico.

Todas as centrais possuem um segundo grupo hídrico de menor potência. No entanto, estes encontram-se fora de serviço o que acontece por consequência dos factores de evolução do meio acima mencionados após o que todas as centrais dispensaram o segundo grupo.

As centrais possuem uma função de regulação do nível de água no reservatório que serve um propósito de segurança. Este modo de funcionamento é geralmente utilizado para evitar que as centrais esgotem a água dos respectivos reservatórios, procurando manter o nível de água em 60% da sua capacidade (no caso das duas centrais mais a jusante). Se o nível de água aumentar para cima desta referência será produzida mais electricidade enquanto que o processo inverso também se verifica, evitando assim que o nível de água desça a níveis perigosos.

2.2.2. Central da Ilha do Faial

As informações relativas à central hídrica do Faial não são tão precisas quanto as da ilha Terceira uma vez que não gozaram de informações retiradas directamente de uma visita às instalações, mas apenas se basearam no estudo dos documentos disponíveis fornecidos pelo cliente.

Esta central possui um reservatório (câmara de carga) no cimo de um monte situado a algumas centenas de metros de altura, local onde se situa um abrigo que aloja um

autómato que monitoriza os sinais locais e disponibiliza a informação para o autómato da central mini-hídrica através de comunicações via rádio (transmissão das leituras do nível de água no reservatório e de alarmes relacionados com a câmara de carga, como a entrada de pessoas no abrigo junto à câmara de carga, a saída de serviço de fusíveis ou disjuntores do sistema de alimentação ou tensão baixa das baterias de alimentação), baterias, o transdutor de nível, o rádio e o autómato que controla os sinais locais e a comunicação com a Central. Na base do monte situa-se a central mini-hídrica cujo grupo gerador goza de uma queda bruta muito favorável. A distância absoluta entre a central e a câmara de carga é de cerca de 1500m.

A central do Varadouro não admite controlo remoto só permitindo a sua operação a nível local. No entanto, encontra-se preparada para funcionar em abandono possuindo um modo de funcionamento que decide autonomamente quando deve arrancar e parar o grupo hídrico em função do nível de água no seu reservatório.

Tal como as centrais da Terceira, esta central possui um segundo grupo, de menor potência nominal, que se encontra fora de serviço.

2.2.3. Comparação entre centrais

Os dois tipos de centrais da Terceira e Faial possuem aspectos característicos muito próximos, pelo que ambas possuem o mesmo equipamento de controlo desenvolvido pelo mesmo projectista. Assim, ambas as centrais possuem um segundo grupo hídrico fora de serviço e o grupo do Varadouro possui a mesma potência nominal que o grupo de Nasce Água. Ambas as centrais possuem reservatórios a montante sendo que a do Varadouro possui um modo de regulação da potência produzida diferente do das centrais da Terceira. Adicionalmente aos alarmes já previstos nestas mesmas centrais, a central do Varadouro terá de considerar alarmes adicionais referentes à situação da câmara de carga.

Uma característica comum a todas as centrais é, de facto, o debilitado estado de conservação dos equipamentos que inspira preocupações adicionais no controlo dos seus processos.

3. Especificação do Sistema

De forma a criar um conjunto de especificações técnicas com pormenor suficientemente detalhado, para garantir uma base suficientemente segura para prosseguir com o desenvolvimento e reconfiguração, avança-se para um processo de estudo da documentação disponível.

O conhecimento dos pormenores técnicos desta central apresentou-se como um desafio considerável sem o apoio do projectista que terá concebido o anterior sistema de controlo. Na condição em que o cliente não está a par dos pormenores técnicos mas apenas do propósito geral, a determinação detalhada das funções e actividades das quais o sistema de controlo é responsável dependerá quase exclusivamente do material disponível que se resume ao código fonte em suporte físico e sem comentários do programa de controlo com que está programado o actual autómato, um conjunto de ficheiros Excel com a base de dados existente neste mesmo autómato e ainda um pequeno manual do operador do painel de controlo. Encontram-se ainda disponíveis esquemas unifilares da instalação eléctrica destas centrais que para efeitos de controlo não são relevantes.

Serão, portanto, utilizadas técnicas semelhantes às de engenharia reversa para determinar com detalhe a especificação funcional do sistema em mãos ou seja, a partir de um produto já finalizado e provadamente funcional serão determinadas essas mesmas funções ao pormenor com base no seu código fonte para posteriormente serem reproduzidas através de um sistema físico de controlo completamente diferente.

Como referido, a única informação disponível a partir da qual necessariamente terá de se definir a especificação completa do sistema resume-se a:

- Código fonte em linguagem gráfica não normalizada
- Base de dados com listagem de entradas e saídas do autómato bem como variáveis auxiliares e de memória, analógicas e digitais
- Manual básico do operador do painel de controlo

Relativamente ao código fonte, fornecido em dois conjuntos de 42 e 31 páginas para, respectivamente, as centrais da ilha Terceira e para a do Faial, terá sido necessário realizar um esforço considerável na aprendizagem da linguagem de programação utilizada que não consiste numa linguagem *standard* de programação de autómatos programáveis. Foi através da dedução das funções associadas aos blocos de funções individuais e a sua interacção que se determinou a função de cada um destes blocos, momento a partir do qual se poderia definir uma especificação de funcionamento com garantia da manutenção da integridade de todas as características originais.

Adicionalmente, a identificação das funções executadas pelo autómato de controlo dependeu em grande parte da disponibilidade da lista de sinais que veio, ela também, a revelar-se absolutamente fundamental para a concretização deste trabalho. Sem a mesma, a tentativa de interpretação das leituras e dos comandos presentes no código fonte teria sido extraordinariamente exaustiva ou mesmo impossível.

Numa situação em que são completamente desconhecidas as especificações do sistema, inclusivamente do seu modo de operação, este capítulo reverte-se de uma importância crucial onde será, portanto, feito um estudo baseado em informações completas, mas simultaneamente complexas e extensas de onde se espera construir a especificação completa e detalhada de todas as funções cumpridas por este sistema de controlo. As conclusões finais relativas a esta tarefa serão sustentadas no cruzamento de informações entre as diversas fontes de informação.

3.1. Painel de Controlo

O conhecimento dos elementos e funções do painel de controlo foi essencial para a determinação dos objectivos do programa de controlo, sua estrutura e modo de funcionamento. De facto, sem a disponibilidade do manual, ainda que básico, do painel de controlo, teria sido uma tarefa de muito maior esforço e seria necessária maior criatividade no estudo do código fonte para dele o poder recriar este painel, que define todos os modos de operação, todos comandos que o sistema recebe, a forma de os introduzir e as circunstâncias em que estes são permitidos. Através dele são conhecidos

também os alarmes existentes bem como a sua forma de operação, entre outras informações úteis.

A disposição do painel de controlo que se encontrava em utilização nas centrais hídricas da ilha Terceira tem a seguinte disposição:

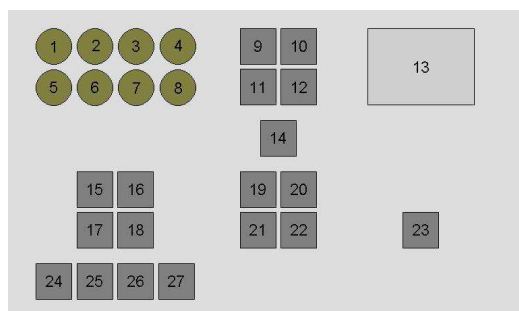


Figura 3 - Painel de controlo das centrais da ilha Terceira

A descrição das funções de cada elemento do painel de controlo é fundamental para a compreensão do código fonte e apresenta-se de seguida [12].

COMANDOS E SINALIZAÇÕES

1 – Condições de Arranque < lâmpada > O autómato acende esta lâmpada quando o programa de arranque é seleccionado e depois de verificar que todas as condições necessárias para o arranque estejam presentes.

2 – Falta de Critério < lâmpada > Este alarme é activado quando um critério já verificado em passos anteriores, deixa de estar presente. Se a falta deste critério originar uma situação perigosa para a instalação, o autómato executa uma paragem de emergência.

5 – Fim de Programa < lâmpada > O autómato acende esta lâmpada quando conclui um programa, sinalizando que se encontra a vigiar, em permanência, o funcionamento dos grupos podendo, se necessário, accionar o alarme de falta de critério ou mesmo executar uma paragem de emergência.

6 – Tempo Ultrapassado < lâmpada > Cada passo de programa tem um tempo máximo pré determinado para ser cumprido. Quando este tempo é excedido, o autómato activa o alarme de tempo ultrapassado e acende esta lâmpada.

9 - Validação < botoneira > Inicia a execução dos programas de arranque e paragem desde que estes tenham sido previamente seleccionados. A paragem de emergência não necessita de validação, começando a executar-se mal é premida a botoneira correspondente. O programa de arranque do grupo só pode ser validado se todas as condições necessárias estiverem presentes.

10 – Confirmação de Programa < botoneira > Quando um programa pára num passo intermédio (alarme de tempo ultrapassado), pode-se repetir a execução dos comandos associados a esse passo premindo esta botoneira.

11 - Anulação < botoneira > Esta botoneira permite cancelar em qualquer momento a execução dos programas. Note-se que a paragem de emergência nunca pode ser anulada.

12 – Cancelamento de Alarme < botoneira > Esta botoneira desliga a buzina e pára o piscar das lâmpadas de alarme. Após uma paragem de emergência os grupos ficam bloqueados e nesta situação é também necessário premir esta botoneira para se poder de novo arrancá-los. Só funciona no modo de operação local.

13 – Aparelho de Medida de Temperaturas - Mostra o valor da temperatura seleccionada através das botoneiras [24] a [27].

14 – Paragem de Emergência < botoneira com lâmpada > A lâmpada acende-se quando o autómato detecta uma situação perigosa e executa uma paragem de emergência. Só se apaga quando, terminado o programa, o operador premir a botoneira cancelamento de alarme para desbloquear o grupo. O operador pode também efectuar uma paragem de emergência, premindo esta botoneira, independentemente do modo de operação ser distância ou local.

15 - Manual < botoneira com lâmpada > Esta lâmpada indica que o modo de operação manual está seleccionado. Neste caso não se pode iniciar a execução dos programas, nem mesmo a paragem de emergência, através da consola, contudo o sistema de protecções disparará o grupo sempre que necessário, visto ser independente do autómato. Ao ser actuada a botoneira de manual, todos os programas, mesmo a paragem de emergência, são anulados.

16 - Automático < botoneira com lâmpada > Esta lâmpada, quando acesa, sinaliza o modo de operação automático caracterizado pela possibilidade de comandar o grupo através do autómato. Neste modo de operação os programas podem ser seleccionados e executados, quer utilizando-se a consola (modo de operação local), quer utilizando-se o computador do Centro de Telecomando (modo de operação distância). A mudança de manual para automático é feita através desta botoneira.

17 - Local < botoneira com lâmpada > Quando esta botoneira é premida activa-se o controlo dos grupos a partir das consolas instaladas nas Centrais. Em modo local é possível seleccionar programas a partir do Centro de Telecomando, mas os comandos de validação, confirmação e anulação só estão activos na consola do autómato, evitando-se assim qualquer interferência a partir do Centro de Telecomando. Se o modo de operação for manual e local, o comando dos grupos tem de ser feito através das botoneiras instaladas nos respectivos painéis.

18 - Distância < botoneira com lâmpada > Permite seleccionar o controlo a partir do Centro de Telecomando, desde que o autómato esteja em automático. Por razões de segurança a selecção dos modos de operação (manual/automático, local/distância) só é possível a partir da consola local e nunca a partir do Centro de Telecomando. No comando à distância, a buzina e os comandos da consola validar, confirmar e cancelamento de alarme ficam inactivos. Todos os outros podem ser executados. O modo de operação não tem influência sobre o funcionamento das lâmpadas de sinalização.

19 - Arranque < botoneira com lâmpada > Selecciona o programa de arranque do grupo e activa a sinalização de condições de arranque, se estas existirem. Quando um programa é seleccionado a lâmpada correspondente começa a piscar. Neste intervalo o operador poderá activar o programa através da botoneira validação, se não o fizer a selecção será anulada ao fim de 45 segundos. Sempre que um programa esteja activo a lâmpada respectiva mantém-se acesa. Em modo local o programa de arranque termina quando o autómato ligar o grupo à rede e ajustar as potências activa e reactiva aos valores pré definidos que são:

- 330 KW e 240 kvar em Nasce Água;
- 255 KW e 190 kvar em S. J. de Deus;
- 150 KW e 112 kvar na Cidade.

Estes valores são parâmetros internos do autómato não acessíveis ao operador. Assim que o programa termine, é possível ajustar os valores das potências, manualmente, usando as botoneiras AUMENTAR ABERTURA/DIMINUIR ABERTURA no painel do grupo.

20 – Paragem < botoneira com lâmpada > Esta botoneira permite seleccionar o programa de paragem do grupo. A lâmpada respectiva funciona como atrás descrito para o programa de arranque. Não existem pré condições (condições de arranque) para a execução deste programa.

22 – Regulação de Nível < botoneira com lâmpada > Estas botoneiras permitem seleccionar a regulação automática do nível de água nos reservatórios a montante das Centrais quando estas se encontram em modo automático/local.

Enquanto a regulação de nível estiver activa a lâmpada mantém-se acesa.

Os valores parametrizados são:

- Nasce Água – nível água = 50%;
- S. J. Deus – nível água = 60%;
- Cidade – nível água = 60 %.

23 – Teste de Lâmpadas < botoneira > Testa todas as lâmpadas da consola, acendendo-as.

3.1.1. Informação do Painel de Controlo

Após a leitura do painel de controlo podem-se tirar várias conclusões quanto às funções que o programa de controlo irá desempenhar cujo conhecimento será

determinante para o estudo do código fonte. Assim, sabe-se que o sistema abrange três programas diferentes de operação dos grupos geradores: o programa de arranque, de paragem e de paragem de emergência e sabe-se ainda que existe um modo de regulação de nível de água. Deste manual conhecem-se os modos de operação, que pode ser local (controlo através deste painel) ou remoto (através de um centro de telecomando), bem como automático ou manual. Conhecem-se todos os comandos possíveis para operação dos grupos e controlo dos modos de operação, bem como a sua forma de operação. Finalmente, o painel de controlo revela ainda quais os alarmes que o sistema gera e a sua forma de operação. Uma outra informação importante é a de que os dois grupos de cada uma destas centrais são controlados paralelamente e sempre em simultâneo como se de um único grupo se tratasse, ao contrário do que é geralmente feito nas centrais hídricas.

Tendo em conta estes dados, o estudo do código fonte bem como da análise da base de dados podem ser iniciados com a certeza de uma melhor compreensão.

3.2. Antiga Base de Dados

Como dito, a disponibilidade de ficheiros Excel com a base de dados do autómato que fazia até então o controlo dos processos nas centrais mini-hídricas foi crucial para a construção da especificação. De seguida será feita uma pequena análise de cada uma das tabelas da base de dados pertencentes aos autómatos das centrais da ilha terceira, referentes às saídas digitais (comandos), entradas digitais e analógicas, bem como de variáveis “virtuais”, que são não mais do que variáveis auxiliares com registo em base de dados para eventual consulta, algumas das quais com interesse em permanecerem disponíveis para a central de telecomando. As três centrais da ilha terceira partilham a mesma base de dados a menos de algumas entidades que podem ser características de uma central em particular. Como tal, esta análise será exposta apenas para as mini-hídricas da ilha Terceira uma vez que a da ilha do Faial é em tudo análoga a esta (as bases de dados obedecem à mesma estrutura).

Deve-se ter em conta que as conclusões apresentadas nos tópicos seguintes associadas a estas bases de dados não assentam exclusivamente na análise das tabelas que

se irá apresentar nestes tópicos, mas também derivam da experiência global associada a este estudo.

3.2.1. Comandos

Os comandos são saídas digitais (poderiam eventualmente ser saídas analógicas, ou comandos de setpoint) que irão accionar os actuadores que intervêm no processo. Encontra-se na figura seguinte uma imagem com a tabela de saídas digitais retirada da base de dados original. Nesta tabela existem na realidade mais entidades de reserva no entanto, aqui foi deixada apenas uma entidade por cada reserva com funções de destino específicas.

DESC_PR	TIPO	USO_INTER	COMUNICA	RACK_NR	MODUL_NR	BIT_NR	GRUPO_LOG	DESC_FUN
BOMBA DE #LEO DESLIGAR	CD	PLC	PROCESSO	1	8	0	300	IMP=500ms
BOMBA DE #LEO LIGAR	CD	PLC	PROCESSO	1	8	1	300	IMP=500ms
V#LVULA DE ADMIS DO GRUPO ABRIR	CD	PLC	PROCESSO	1	8	2	301	IMP=500ms
V#LVULA DE ADMIS DO GRUPO FECHAR	CD	PLC	PROCESSO	1	8	3	301	IMP=500ms
REGULADOR DE VELOCIDADE DESLIGAR	CD	PLC	PROCESSO	1	8	4	302	IMP=500ms
REGULADOR DE VELOCIDADE LIGAR	CD	PLC	PROCESSO	1	8	5	302	IMP=500ms
DISJUNTOR DE EXCITAÇÃO DESLIGAR	CD	PLC	PROCESSO	1	8	6	303	IMP=500ms
DISJUNTOR DE EXCITAÇÃO LIGAR	CD	PLC	PROCESSO	1	8	7	303	IMP=500ms
DISJUNTOR GRUPO DESLIGAR	CD	PLC-TLT	PROCESSO	1	9	0	304	IMP=500ms
DISJUNTOR GRUPO SINCRON. LIGAR	CD	PLC	PROCESSO	1	9	1	304	IMP=500ms
DISJUNTOR 400V TRANSF. DESLIGAR	CD	TLT	PROCESSO	1	9	2	305	IMP=500ms
DISJUNTOR 400V TRANSF. LIGAR	CD	TLT	PROCESSO	1	9	3	305	IMP=500ms
DISJUNTOR 15KV TRANSF. DESLIGAR	CD	TLT	PROCESSO	1	9	4	306	IMP=500ms
DISJUNTOR 15KV TRANSF. LIGAR	CD	TLT	PROCESSO	1	9	5	306	IMP=500ms
V#LVULA DE TOPO FECHAR (S# N. #GUA)	CD	TLT	PROCESSO	1	9	6	307	IMP=500ms
REARME AP#S PARAGEM DE EMERG#NCIA	CD	PLC	PROCESSO	1	9	7	307	IMP=500ms
PARAGEM EMERG#NCIA DO AUT#MATO	CI	PLC	PROCESSO	1	10	0	308	IMP=500ms
SINCRONIZAÇÃO DESLIGAR	CI	PLC	PROCESSO	1	10	1	309	IMP=500ms
RESERVA COMANDOS SIMPLES	CI	PLC	PROCESSO	1	10	2	310	IMP=500ms
RESERVA COMANDOS SIMPLES	CI	PLC	PROCESSO	1	10	3	311	IMP=500ms
RESERVA COMANDOS SIMPLES	CI	PLC	PROCESSO	1	10	4	312	IMP=500ms
RESERVA COMANDOS SIMPLES	CI	PLC	PROCESSO	1	10	5	313	IMP=500ms
RESERVA COMANDOS SIMPLES	CI	PLC	PROCESSO	1	10	6	314	IMP=500ms
RESERVA COMANDOS SIMPLES	CI	PLC	PROCESSO	1	10	7	315	IMP=500ms
AUMENTAR CARGA/(ABERTURA NO DTL)	CP	PLC	PROCESSO	1	11	0	316	REGULAÇ.
DIMINUIR CARGA/(ABERTURA NO DTL)	CP	PLC	PROCESSO	1	11	1	317	REGULAÇ.
AUMENTAR TENSÃO	CP	PLC	PROCESSO	1	11	2	318	REGULAÇ.
DIMINUIR TENSÃO	CP	PLC	PROCESSO	1	11	3	319	REGULAÇ.
V#LVULA DE BY-PASS ABRIR	CP	PLC	PROCESSO	1	11	4	320	REGULAÇ.
V#LVULA DE BY-PASS FECHAR	CP	PLC	PROCESSO	1	11	5	321	REGULAÇ.
V#LVY.ADMISSÃO ABERTA (To#=#15s) *)	CP	PLC	PROCESSO	1	11	6	322	AB=1
POLARIDADE AUTOM#TICO	CP	PLC	PROCESSO	1	11	7	323	AUTOM=1
ALARME CHUMACEIRAS ALTERN.#TURBINA	CP	PLC	INTERFACE	1	12	0	324	AL=1
DISPARO CHUMACEIRAS ALTERN.#TURBINA	CP	PLC	INTERFACE	1	12	1	325	DISP=1
REGULAÇÃO DE NIVEL ACTIVA	CP	PLC	CONSOLA	1	12	2	326	ACTIV=1
FIM DE PROGRAMA	CP	PLC	CONSOLA	1	12	3	327	FIM=1
CONDIÇÕES DE ARRANQUE	CP	PLC	CONSOLA	1	12	4	328	CARRQ=1
PROGRAMA 1 - ARRANQUE	CP	PLC	CONSOLA	1	12	5	329	ACTIV=1
PROGRAMA 2 - PARAGEM	CP	PLC	CONSOLA	1	12	6	330	ACTIV=1
PROGRAMA 3 - PARAGEM DE EMERG#NCIA	CP	PLC	CONSOLA	1	12	7	331	ACTIV=1
ALARME TEMPO ULTRAPASSADO	CP	PLC	CONSOLA	1	13	0	332	ALARM=1
ALARME FALTA DE CRITÉRIO	CP	PLC	CONSOLA	1	13	1	333	ALARM=1
INIBIÇÃO DA BUZINA	CP	PLC	INTERFACE	1	13	2	334	INIBE=0
BUZINA	CP	PLC	INTERFACE	1	13	3	335	ACTIV=1
MOD0 EXPLORAÇÃO MANUAL	CP	PLC	CONSOLA	1	13	4	336	MANUAL=1
MOD0 EXPLORAÇÃO AUTOM#TICO	CP	PLC	CONSOLA	1	13	5	337	AUTOM=1
MOD0 EXPLORAÇÃO LOCAL	CP	PLC	CONSOLA	1	13	6	338	LOCAL=1
MOD0 EXPLORAÇÃO DIST#NCIA	CP	PLC	CONSOLA	1	13	7	339	DIST=1

Figura 4 - Tabela original de comandos da ilha Terceira

Esta tabela (Figura 4) revela desde logo várias características do autómato original. Apenas desta figura podemos logo retirar que o autómato possui uma *rack* na posição 1 com, pelo menos, cinco módulos ou cartas de saídas digitais (8 a 12) de 8 bits. Esta informação virá a ser particularmente útil no momento do mapeamento das cartas das unidades de aquisição ao permitir manter a coerência em relação à instalação previamente existente o que irá inclusivamente facilitar a tarefa ao instalador que irá efectuar a cablagem no terreno. Compreende-se também que quase todas as entidades são controladas pelo autómato (PLC) apenas, com a excepção de “DISJUNTOR DE GRUPO DESLIGAR” que pode inclusivamente ser actuada por telecomando (TLT). A validade destas interpretações é reforçada por conclusões posteriores na determinação da especificação completa.

No código fonte, os comandos são identificados através do valor sob o campo GRUPO_LOG.

Podemos ainda concluir que os primeiros 32 comandos actuam sobre o processo, que existem quatro comandos que actuam sobre uma “interface” e que os comandos restantes se destinam a animar o painel de controlo (lâmpadas). A base de dados é perfeitamente coerente com o painel de controlo que já se conhece.

As restantes colunas são aparentemente irrelevantes para esta análise, o que se confirma ao não terem sido necessárias para completar a especificação.

3.2.2. Entradas Digitais

As entradas digitais, ou simplesmente “digitais”, fornecem as leituras do estado do sistema em variáveis binárias.

Tal como no caso das saídas digitais, para as entradas digitais estão descritos a *rack* (número 2), o módulo ou carta de entradas digitais (neste caso de 16 bits) e os *bornes* (bits) onde estas se encontram ligadas o que garante as mesmas vantagens referidas para o caso dos comandos. De forma idêntica, o campo designado por GRUPO_LOG tem a mesma função que os comandos.

Existe um campo adicional com alguma relevância que se refere aos níveis de prioridade dos alarmes gerados por estas entidades. Esta informação poderá

eventualmente ser útil no caso de o cliente querer manter o mesmo critério no novo sistema.

O campo denominado por COMUNICA dá informação de quais as entidades que são lidas do processo (PROCESS) e quais as que informam o estado das botoneiras do painel de controlo (CONSOLA). Relativamente à coluna USO_INTER, são apresentadas as entidades cuja leitura se destina ao autómato apenas (PLC), ao centro de telecomando (TLT), ou a ambos (PLC).

Também aqui as restantes colunas não mencionadas são irrelevantes para este estudo.

3.2.3. Entradas Analógicas

As entradas analógicas, ou simplesmente “medidas”, fornecem leituras do estado do sistema em variáveis mensuráveis, e podem ser observadas para o actual sistema na Figura 5.

A análise desta tabela é em tudo semelhante à das tabelas anteriores. A utilização destas variáveis no sistema de controlo antigo encontra-se reservada ao autómato, segundo a coluna USO_INTER. Na realidade isto acontece não porque estas leituras não venham a ser disponibilizadas ao centro de telecomando ou até ao painel de controlo mas porque serão, no caso específico das centrais da ilha Terceira, submetidas a um filtro cujo resultado, esse sim, será disponibilizado para leitura do operador.

Este sistema alberga duas cartas com 8 entradas analógicas. As informações de níveis físicos de escala são irrelevantes uma vez que serão utilizadas as unidades de aquisição de fabrico EFACEC. As colunas restantes são irrelevantes para este estudo.

DESCRIÇÃO	USO_INTER	RACK_NR	MODUL_NR	BIT_NR	GRUPO_LOG	SINAL_NR	NIVEIS	CLASSE
TEMPER.CHUMAC.ALTERN.LADO EXCITATR.	PLC	1	17	0	0	1	4-20 mA	NOEV
TEMPER.CHUMAC.ALTERN.LADO TURBINA	PLC	1	17	1	1	2	4-20 mA	NOEV
TEMPER.CHUMAC.TURBINA LADO ALTERN.	PLC	1	17	2	2	3	4-20 mA	NOEV
TEMP.CHUM.TURB.LADO OPOSTO ALTERN.	PLC	1	17	3	3	4	4-20 mA	NOEV
MEDIDA DE VELOCIDADE (JACQUET)	PLC	1	17	4	4	5	4-20 mA	NOEV
ABERTURA VÁLVULA DE BY-PASS	PLC	1	17	5	5	6	4-20 mA	NOEV
NÍVEL CÂMARA DE CARGA	PLC	1	17	6	6	7	4-20 mA	NOEV
TENSÃO LINHA	PLC	1	17	7	7	8	4-20 mA	NOEV
POTÊNCIA ACTIVA GRUPO 1	PLC	1	18	0	8	9	4-20 mA	NOEV
POTÊNCIA ACTIVA GRUPO 2	PLC	1	18	1	9	10	4-20 mA	NOEV
DTL MEDIDA ABERTURA INJECT.+DEFL.	PLC	1	18	2	10	11	4-20 mA	NOEV
DTL MEDIDA SETPOINT FREQ./VELOCID.	PLC	1	18	3	11	12	4-20 mA	NOEV
POTÊNCIA REACTIVA GRUPO 1	PLC	1	18	4	12	13	+/-20 mA	NOEV
POTÊNCIA REACTIVA GRUPO 2	PLC	1	18	5	13	14	+/-20 mA	NOEV
RESERVA MEDIDA BIPOLAR	PLC	1	18	6	14	15	+/-20 mA	NOEV
RESERVA MEDIDA BIPOLAR	PLC	1	18	7	15	16	+/-20 mA	NOEV

Figura 5 - Tabela original de medidas da ilha Terceira

3.2.4. Variáveis Virtuais

As variáveis virtuais são variáveis presentes na base de dados com funções de sincronização e controlo do programa, ou simplesmente de armazenamento de informação importante e passível de ser consultada por um operador. Também representam comandos do centro de telecomando análogos aos encontrados no painel físico (consola) de controlo, no caso das digitais, e ainda setpoints controlados também remotamente, no caso das medidas. Por exemplo, o resultado do filtro de medidas é armazenado em variáveis deste tipo, as quais se podem observar na Figura 6, bem como o resto das medidas virtuais. Quanto às digitais virtuais, estas podem ser vistas na Figura 39 dos anexos. Ambas as tabelas originais possuem mais entidades de reserva no entanto aqui foi deixada apenas uma entidade por cada reserva com funções de destino específicas.

Naturalmente que aqui não fazem sentido os campos com o número da *rack* e do módulo pelo que estes estão preenchidos com 0. Existe também para ambas as tabelas um campo fornecendo a prioridade associada aos alarmes sinalizados por estas entidades. Para as digitais o maior valor (7) é atribuído à paragem de emergência e o menor para alarmes de tempo ultrapassado ou falta de critério (2). Quanto às medidas a maior prioridade é atribuída às temperaturas e ao nível da câmara de carga, e menor prioridade têm as potências e a tensão de linha medidas.

Estes são os aspectos mais relevantes a observar através destas tabelas pelo que os outros campos possuem pouca relevância para este estudo.

3.2.4.1. Medidas Virtuais

A tabela de medidas virtuais possui um particular interesse na medida em que fornece a escala real de interpretação dos valores recebidos pelo conversor AD.

Todas as medidas compreendem valores entre 0 e 32000, com excepção da potência reactiva, que contempla valores entre -32000 e 32000, como resultado do conversor AD, correspondendo aos valores de escala que podem ser encontrados na tabela das medidas virtuais na Figura 6. A Tabela 2 sublinha esta observação.

DESCRICAO	USO_INTER	GRUPO	LOG_SINAL	NR_NIVEIS	CLASSE	VAL	TIPO	SINAL	PRIOR	ALRM
TEMP.CHUM.ALTERN.LADO EXCIT.	PLC+TLT	500	1	0-100 °C H=58 HH=62 DSP=65	1	320-1	MED	7		
TEMP.CHUM.ALTERN.LADO TURB.	PLC+TLT	501	2	0-100 °C H=58 HH=62 DSP=65	1	320-1	MED	7		
TEMP.CHUM.TURB.LADO ALTERN.	PLC+TLT	502	3	0-100 °C H=58 HH=62 DSP=65	1	320-1	MED	7		
TEMP.CHUM.TURB.OPOST.ALTERN.	PLC+TLT	503	4	0-100 °C H=58 HH=62 DSP=65	1	320-1	MED	7		
MEDIDA VELOCIDADE (JACQUET)	TLT	504	5	0-200 % H=107.5 HH=110	1	160-1	MED	10		
ABERTURA VÁLVULA DE BY-PASS	PLC+TLT	505	6	0-100 %	1	320-1	MED	10		
NÍVEL CÂMARA DE CARGA	PLC+TLT	506	7	0-100 % PRG=15/15/20 LL=20/20/25 L=25/25/30 H=90/90/90 HH=95/95/95	1	320-1	MED	7		
TENSÃO LINHA	TLT	507	8	0-19 kV	1	64-04	MED	2		
POTÊNCIA ACTIVA GRUPO 1	PLC+TLT	508	9	0-900/560/330 kW	1	177/285/484-5	MED	2		
POTÊNCIA ACTIVA GRUPO 2	PLC+TLT	509	10	0-333/218/125 kW	1	240/366/640-2.5	MED	2		
DTL MEDID.ABERT.INJECT.+DEFL.	?	510	11		1		MED	10		
DTL MEDID.SETP.FREQ./VELOCID.	?	511	12		1		MED	10		
POTÊNCIA REACTIVA GRUPO 1	PLC+TLT	512	13	+/-900/560/330 kvar H=520/370/210 HH=720/500/300	1	177/285/484-5	MED	2		
POTÊNCIA REACTIVA GRUPO 2	PLC+TLT	513	14	+/-333/218/125 kvar	1	240/366/640-2.5	MED	2		
RESERVA MEDIDA BIPOLAR		514	15		1		MED			
MED.RETORN.SETP.REGUL.NÍVEL	PLC+TLT	516	17	0-100 %	1	320-1	MED	10		
MED.RET.SETP.REG.POT.ACTIVA	PLC+TLT	517	18	0-900/560/330 kW	1	35/57/96-1	MED	10		
MED.RETORN.SETP.REG.POT.REACT.	PLC+TLT	518	19	0-900/560/330 kvar	1	35/57/96-1	MED	10		
MED.RETORN.ABERT.VÁLV.BY-PASS	PLC+TLT	519	20	0-100%	1	320-1	MED	10		
PASSO DOS PROGRAMAS	PLC+TLT	520	21	S/ESCALA	1	1-1	MED	10		
RESERVA MADIDAS		523	24		1		MED			
SETPPOINT REGULAÇÃO DE NÍVEL	PLC+TLT	524	25	0-100 %	NEV		STP			
SETPPOINT POTÊNCIA ACTIVA	PLC+TLT	525	26	0-900/560/330 kW	NEV		STP			
SETPPOINT POTÊNCIA REACTIVA	PLC+TLT	526	27	0-900/560/330 kW	NEV		STP			
SETPPOINT ABERTURA BY-PASS	PLC+TLT	527	28	0-100%	NEV		STP			
RESERVA SETPOINTS		528	29		NEV		STP			

Figura 6 - Tabela de medidas virtuais da ilha Terceira

Tabela 2 - Escala real das medidas (0 – 32000)

Medida	Escala Real
Temperaturas	0 – 100 °C
Velocidade	0 – 200 %
Abertura da Válvula de Bypass	0 – 100 %
Nível da Câmara de Carga	0 – 100%
Tensão de Linha	0 – 19 kV
Potência Activa do Grupo 1	0 – 900/560/330 kW
Potência Activa do Grupo 2	0 – 333/218/125 kW
Potência Reactiva do Grupo 1	+/- 0 – 900/560/330 kVar
Potência Reactiva do Grupo 2	+/- 0 – 900/560/330 kVar

3.3. Centro de Telecomando

Embora só tenham sido obtidas numa fase adiantada do projecto, foi possível obter acesso a imagens que permitem validar algumas das considerações feitas nas análises anteriores deste capítulo, principalmente no que diz respeito a quem (PLC ou centro de telecomando) afecta as entidades (leitura no caso das entradas ou escrita no caso dos comandos) da base de dados. Esta informação pôde ser inicialmente deduzida através da coluna USO_INTER.

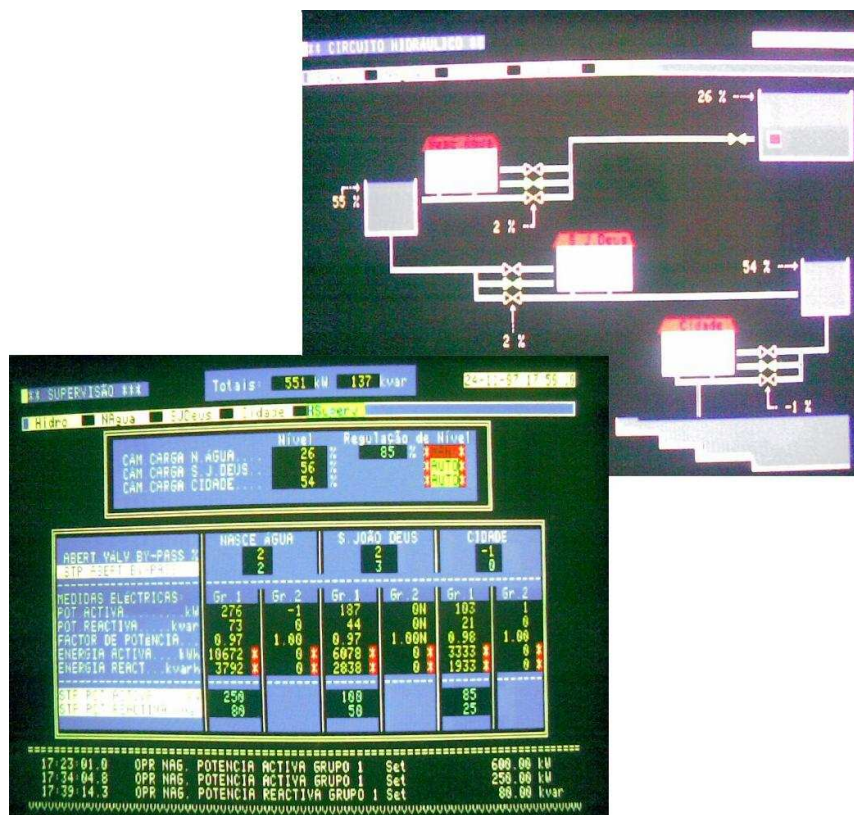


Figura 7 - Sinóptico anterior do sistema da ilha Terceira do centro de telecomando

A Figura 7 fornece uma vista de um sinóptico do centro de telecomando, que mostra uma página de monitorização do estado das três centrais em cascata da ilha Terceira. As imagens não se encontram na melhor qualidade no entanto delas é possível retirar várias informações úteis. Podemos começar por comprovar a disposição, se

dúvidas houvesse, das três centrais em cascata e a ordem pela qual estão distribuídas: a água passa primeiro pela central de Nasce Água, depois por S. J. Deus e finalmente pela central da Cidade. Podemos observar duas entradas de água, uma para cada grupo gerador em cada central e uma terceira válvula a controlar a abertura da passagem de água, ou *bypass*.

Podemos ainda observar, no topo da figura da esquerda da Figura 7, a zona de controlo e monitorização da regulação de nível para as três centrais, com o nível da câmara de carga, o setpoint de regulação de nível, e com o estado da regulação de nível activo/automático ou inactivo/manual. Rapidamente se conclui que este quadro é animado com os valores contidos na base de dados apresentada anteriormente. O mesmo se pode dizer das restantes informações com excepção da “Energia Activa” e “Energia React”, que não resultam directamente da base de dados mas são derivadas de cálculos com base na potência produzida (kW e kVar) e na duração da produção.



Figura 8 - Imagem do sinóptico de Nasce Água da central de telecommando

A Figura 8 apresenta o sinóptico de controlo e monitorização da central de Nasce Água, semelhante aos das restantes centrais da ilha Terceira. Informações como “Válvula Topo”, “Bomba de Óleo”, “Injector”, “Pot. Reg. Tensão” ou “Reg. Velocidade” incluem

o valor TLT no campo USO_INTER da base de dados, o que permite validar as conclusões retiradas da análise feita a estes ficheiros.

3.4. *Código Fonte*

Uma observação global do programa permite identificar desde logo fracções de código com funções muito específicas ao que se dará o nome de subsistemas. Serão em seguida expostos alguns aspectos e funções encontrados no código fonte que permitem uma melhor compreensão da composição e estruturação do conteúdo. Essencialmente, e excluindo o código destinado simplesmente a suportar a estrutura do programa, o código é composto por vários subsistemas que levam a cabo as funções determinadas para este autómato e compreendem essencialmente as funções encontradas na Figura 10. Pretende-se determinar com exactidão todas as variáveis intervenientes nestes processos e a forma como estas são operadas para garantir a máxima especificação e, por conseguinte, reproduzir as suas funções com o máximo detalhe num sistema distinto como o que se pretende utilizar para estas centrais. Após a análise destes aspectos será feita uma análise global com o intuito de determinar a sua inter-relação e criar um diagrama funcional no qual será apoiado o projecto de remodelação.

3.4.1. Linguagem de Programação

A principal dificuldade na análise do código fonte deve-se ao desconhecimento da linguagem de programação do código que se pretende estudar. A linguagem de programação em mãos serve um sistema proprietário antigo intitulado *FUPLAN Development System* a utilizar no autómato que se pretende substituir, e este código terá sido desenvolvido no final da década de 80 e revisto no princípio da década de 90. A pesquisa de normas e documentação relativa a autómatos programáveis pouco contribuiu para recolher informações que facilitassem a sua aprendizagem. Relativamente a este sistema, a informação disponível é praticamente nula relativamente a este sistema. Verifica-se então que esta linguagem não se encontra *standardizada*, como seria de esperar de uma linguagem proprietária. Assim sendo, a compreensão desta linguagem de programação e determinação detalhada das funções que este código executa terão

necessariamente de ser feitas por dedução e lógica, cruzando informações com a base de dados e do “manual do operador” também disponíveis.

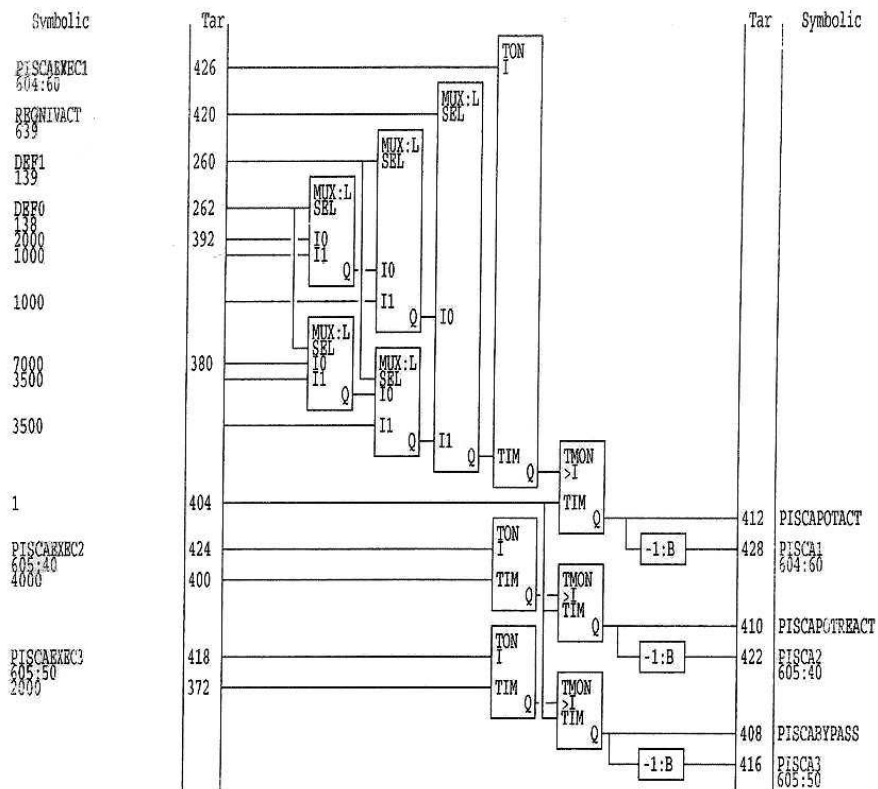


Figura 9 - Rotina de controlo de variáveis de comutação periódica (Terceira)

3.4.1.1. Blocos Funcionais

Através da observação da sua interacção, baseando a análise na intuição derivada da experiência de programação em outras linguagens gráficas e de autómatos programáveis e cruzando os dados com as restantes informações do sistema pôde-se chegar com firme segurança às seguintes conclusões relativamente aos blocos individuais:

Tabela 3 - Descrição das funções associada aos blocos individuais

TON	Temporizador. Gera um atraso configurável em <i>milisegundos</i> entre a activação da entrada e activação da saída. Se a entrada estiver inactiva, a saída forçosamente também o estará
TOFF	Temporizador. Gera um atraso configurável (em <i>ms</i>) entre a desactivação da entrada e a desactivação da saída. Se a entrada estiver activa, a saída forçosamente também o estará
TMON	Gerador de impulso. Gera um impulso com duração configurável (em <i>ms</i>) que não pode ser interrompido, desde a activação (comutação de 0 para 1) da sua entrada
TMONC	Gerador de impulso reiniciável. Igual ao anterior mas pode ser interrompido e recomeçado
MUX	Multiplexador. Coloca na saída um sinal igual ao de uma das duas entradas seleccionadas em função do valor de uma terceira entrada
LIM	Limitador. Coloca na saída o valor da entrada limitado a dois valores configuráveis
CH	Histerese. Aceita uma variável real como entrada e produz uma saída com histerese se lhe fornecidos os três parâmetros: fronteira, limite inferior e superior
&	“E” lógico
>=1	“OU” lógico
-1	“NOT” lógico
RSFF2	Flip-Flop com reset dominante
CGE	Comparador “maior ou igual”
CLE	Comparador “menor ou igual”
FCABS	Valor Absoluto
ADD	Somador
SUB	Subtractor
DIV	Divisor
MUL	Multiplicador

3.4.1.2. Leitura do Programa

O programa, isto é, as “páginas” de código são lidas sequencialmente, em ciclos com período indeterminado (provavelmente 1ms) e como tal, num dado ciclo de processamento, variáveis que sejam actuadas numa dada parte do programa encontrar-se-ão actualizadas quando lidas numa zona mais adiantada do ciclo. O ciclo de leitura pode ser simplificado da seguinte forma:



Figura 10 - Ciclo de leitura do programa original

3.4.2. Filtro de Medidas

O filtro de medidas permite tomar as leituras das entradas analógicas e processá-las de forma a permitir uma leitura por parte do operador isenta de eventuais variações bruscas nas leituras. Na Figura 11 observa-se um dos filtros de medidas de temperaturas.

Essencialmente, este filtro evita que a medida de temperatura desça bruscamente (pelo menos 5°C num intervalo de ciclo), o que a acontecer significaria uma leitura irregular visto que é fisicamente impossível a temperatura descer deste modo. Nessa eventualidade, por razões de segurança, a leitura manterá o último valor coerente registado (bloqueado durante 30s e depois testa novamente) até as leituras voltarem a um comportamento natural.

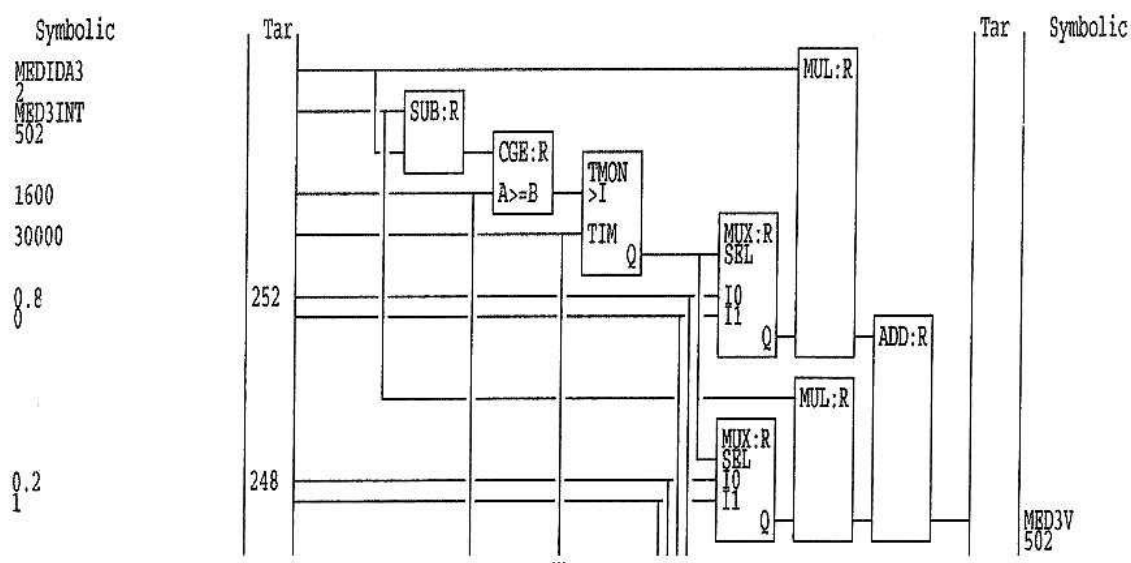


Figura 11 - Filtro da medida de temperatura da chumaceira da turbina do lado do alternador (Terceira)

As restantes medidas realizam uma operação simples de atenuação de variação colocando um peso de 20% na medida anterior registada e 80% na medida actual para o resultado da medida corrente.

3.4.3. Configuração de Parâmetros

Esta parte do código configura variáveis auxiliares utilizadas para definir estados específicos do sistema. Além disso, no caso das centrais da ilha Terceira, são configuradas variáveis que contêm parâmetros característicos da central em causa (Nasce Água, S. J. Deus ou Cidade), que por sua vez é identificada por duas entidades específicas da base de dados denominadas “Codificação Interna Grupo Central 0 e 1”.

Tabela 4 - Configuração da central hídrica (Terceira)

Configuração	DEF0:0 DEF1:0	DEF0:0 DEF1:1	DEF0:1 DEF1:0	DEF0:1 DEF1:1
Central	Nasce Água	Cidade	São João de Deus	São João de Deus

Por exemplo, encontra-se a configuração do nível mínimo admissível do nível de água na câmara de carga e dos níveis máximos e mínimo de setpoint de regulação de nível específicos para cada central na Figura 12.

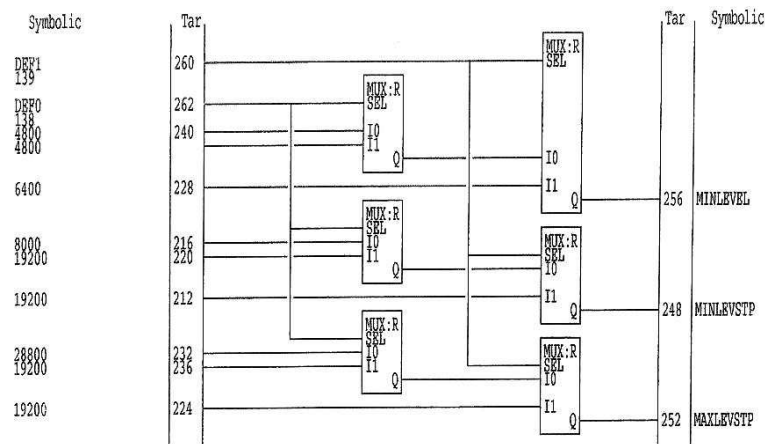


Figura 12 - Configuração dos parâmetros de regulação de nível das centrais da ilha Terceira

As variáveis auxiliares de estado são configuradas através de operações lógicas simples, salvo algumas exceções que exigem um tratamento ligeiramente mais complexo, como na Figura 13.

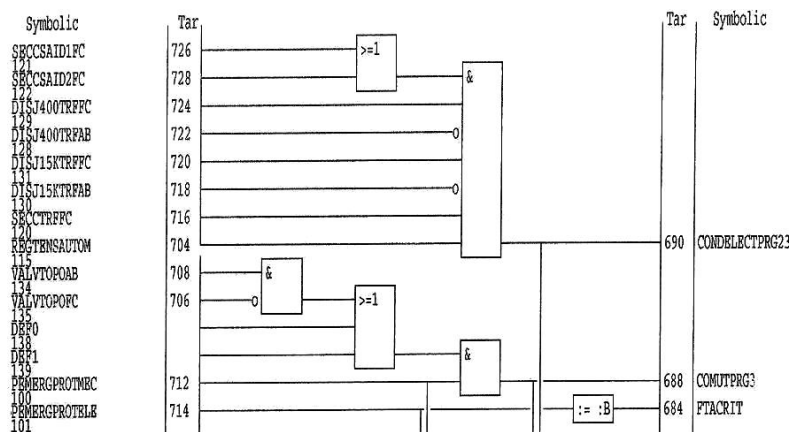


Figura 13 - Configuração de variáveis auxiliares de estado das centrais da ilha Terceira

3.4.4. Comutação Periódica de Variáveis

Observa-se na Figura 9 a parte do código com a função de manter três variáveis auxiliares em comutação periódica permanente. Estas variáveis serão utilizadas para realizar um controlo suave sobre as saídas de potência e da válvula de *bypass*. O período durante o qual as variáveis “piscam” é definido tanto pela central em questão como pelo estado da regulação de nível – activo ou inactivo – da seguinte forma:

Tabela 5 - Configuração do período de comutação das variáveis de comutação

	Regulação de Nível Activa	Regulação de Nível Inactiva
PISCA1 (potência activa)	2000/1000/1000	7000/3500/3500
PISCA2 (potência reactiva)	4000	4000
PISCA3 (válvula de <i>bypass</i>)	2000	2000

3.4.5. Processamento dos Comandos

Nesta parte do código, processam-se as entradas que representam as ordens dos operadores que podem ter origem no painel de controlo físico presente na central ou através da central de telecomando. As ordens de cada uma destas fontes possuem entidades representativas distintas na base de dados. Nesta parte do código processam-se os estados destas entidades para determinar o modo de funcionamento. Configuram-se o modo de operação automático/manual e distância/local, bem como os comandos “Validação”, “Anulação”, Confirmação de Programa” e “Reconhecimento de Alarme” e ainda a selecção dos programas. A título de exemplo, apresenta-se na Figura 14 o excerto de código que determina o modo de operação.

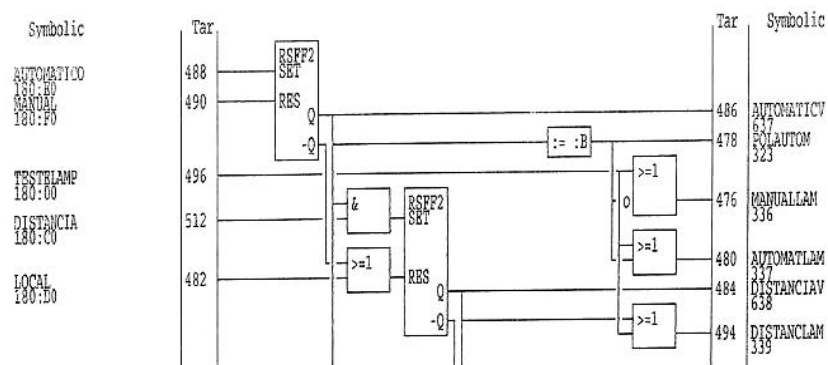


Figura 14 - Controlo do modo de operação (manual/automático e distância/local – Terceira)

3.4.6. Controlo dos Alarmes

3.4.6.1. Tempo Ultrapassado e Falta de Critério

A forma de operação dos alarmes é descrita com bastante clareza no manual de operação, pelo que agora se irá apresentar a estruturação do respectivo código. Existem dois tipos de alarmes, cada um deles directamente relacionado com cada passo de cada programa. Assim, qualquer passo pode originar um destes alarmes sendo que em cada um existe é controlada uma variável intitulada TULTPGXPSSY, onde X representa o programa e Y o passo. Caso alguma destas variáveis seja activada, o alarme será gerado. O alarme de falta de critério funciona de forma análoga.

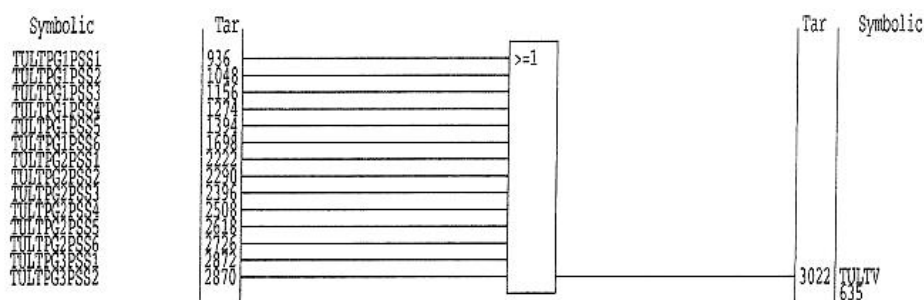


Figura 15 - Activação do alarme de tempo ultrapassado (Terceira)

3.4.6.2. Temperaturas das Chumaceiras

O alarme das temperaturas das chumaceiras baseia-se na monitorização destas através de histerese, para garantir que não existem transições intermitentes quando a subida (ou descida) lenta da temperatura atravessar os limites definidos.

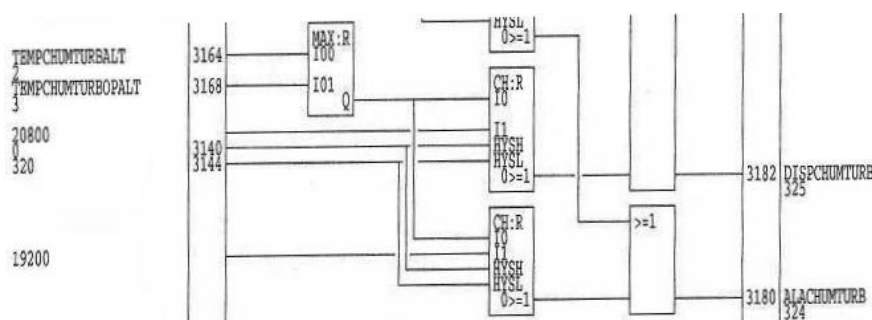


Figura 16 - Activação do alarme das temperaturas da chumaceira

3.4.7. Programas de Arranque e Paragem

Os programas de arranque e paragem dos grupos geradores representam os objectivos fundamentais do programa de controlo. De facto, outras funções como controlo de alarmes ou da abertura da válvula de *bypass* existem apenas para suportar a operação dos grupos. A quantidade de código dedicado a este processo é, aliás, uma fracção razoável do código completo.

O controlo dos grupos requer dedicação tanto quanto à sincronização como à preparação e a execução da operação dos programas. A existência dos diferentes programas exige um procedimento de sincronização, para garantir a sua exclusividade mútua de operação e controlar as comutações entre os mesmos. A preparação é necessária para efectuar a validação e controlar a iniciação dos programas seleccionados e a execução comporta toda a evolução dos programas até estes atingirem a fase de permanência.

Os grupos podem ser ainda controlados de duas formas: localmente, na consola do operador já descrita, ou remotamente, através do centro de telecomando situado na própria ilha Terceira. O comando dos grupos em cada um destes modos de operação

apresenta inibições para o modo complementar de forma a evitar ordens imprevistas ou contraditórias e portanto situações perigosas. Estas inibições são controladas pelo autómato, que controla também os modos de operação.

Tabela 6 - Inibição de comandos em modos de funcionamento

Comandos inibidos em modo Distância (em modo Local)	Comandos inibidos para modo Local (em modo Distância)
Validação	Validação
Confirmação	Confirmação
Anulação	Cancelamento de Alarme

3.4.7.1. Sincronização e Comutação entre Programas

Será útil introduzir as variáveis que efectuem a sincronização entre os diferentes programas e garantem a sua exclusividade mútua. Para tal atente-se na Figura 41, que apresenta a parte do código que faz uso destas variáveis:

- RESETPREP1 – Controla o tempo de validação. Uma vez excedido, faz reset à preparação do programa de arranque que terá de ser novamente seleccionado para poder ser executado.
- RESETPR2PREP – É um impulso gerado no momento em que é iniciada a preparação do arranque e que provoca o reset da preparação do programa de paragem, caso se encontre activa.
- PG1 – Indica que o programa de arranque se encontra na fase de execução, durante o qual o programa de paragem não pode ser executado.

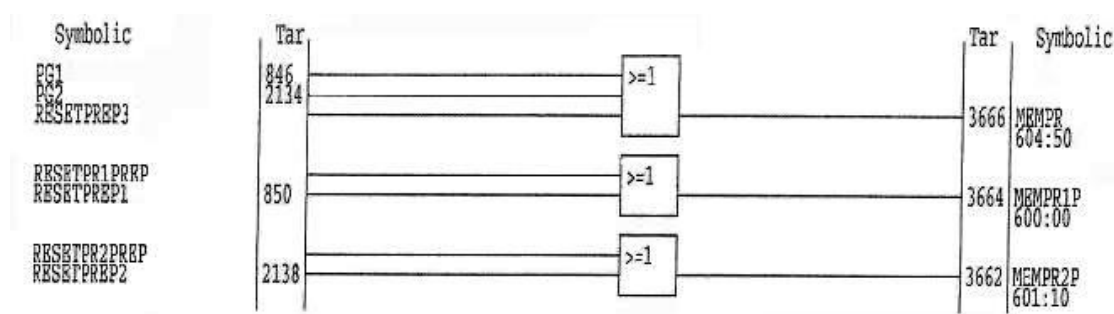


Figura 17 - Sincronização dos programas

Comutação automática entre programas

A comutação automática entre programas pode ser originada pela falha de um critério importante em que, no caso de se encontrar em execução o programa de paragem é originado apenas um alarme de falha de critério enquanto que para o programa de arranque é originada uma comutação para o programa de paragem. Se a falha de critério for considerada grave será originada uma comutação para o programa de paragem de emergência, igualmente acompanhada de um alarme de falha de critério. Assim, para cada passo de programa de arranque ou paragem é controlada uma variável COMUTXPGYPSSZ, em que X representa o programa para o qual comutar, Y e Z representam o programa e o passo, respectivamente, que origina essa comutação. A comutação ocorre na eventualidade de uma destas variáveis ficar activa.

3.4.7.2. Preparação

Como deverá ter sido entendido após leitura do manual de operação do painel de controlo, a execução do programa de arranque tem de atravessar um processo de validação, e o passo do programa seleccionado a partir do qual este começa a executar depende do estado actual do sistema. Por isso existe a parte de preparação. Também aqui é controlado o indicador de condições de arranque reunidas. Pode ser encontrada uma secção do código fonte original referente a esta função de preparação, na Figura 41, nos anexos.

Uma vez validado durante a preparação do arranque, o programa só irá iniciar se o sistema se encontrar num de vários estados possíveis. Isto acontece por duas razões simultâneas: a primeira devida a razões de segurança já que o programa está preparado para executar e enviar comandos apenas segundo critérios e condições bem específicas, e a segunda razão existe para admitir a possibilidade de o sistema já ter executado parte das tarefas do arranque e assim retomar a execução do ponto onde foi deixado.

Execução

A organização desta parte do código respeita as regras convencionais relativas à forma de realizar o controlo dos processos associados ao arranque e paragem de grupos

geradores numa central hídrica. Assim, os programas encontram-se divididos em diversos passos, um dos quais o passo final. Cada passo, excepto o final, tem associado um comando que actua sobre o processo e se encontra activo enquanto o passo durar só se mantém assim se se mantiverem as condições que validam este passo. Caso falhe algum critério importante os programas podem comutar para o programa de paragem (apenas o programa de arranque) ou mesmo para a paragem de emergência, se tal se justificar. A execução dos passos é feita sequencialmente e sempre pela mesma ordem, podendo o programa ser iniciado numa fase mais adiantada apenas e só se o sistema se encontrar num estado que valide essas transições. Cada passo possui um tempo de progressão característico durante o qual se espera que se reúnam as condições de progressão para o passo seguinte. Caso contrário, será gerado um alarme de tempo ultrapassado. Por outro lado, pode ser ainda gerado um alarme de falta de critério na eventualidade de falhar uma condição num determinado passo que já esteve presente e que se deveria verificar durante o referido passo. O passo final não tem tempo de progressão e permanece até ser dada ordem de execução de outro programa, ou ser seleccionado o modo de operação manual.

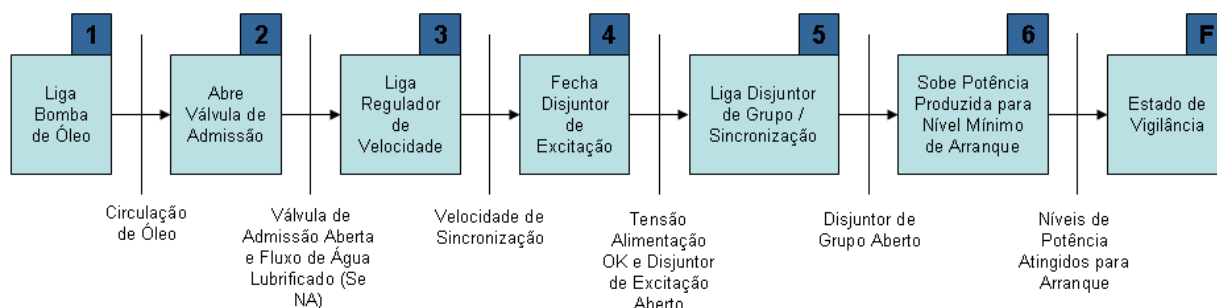


Figura 18 - Execução do Programa de Arranque (Terceira)

Parte da secção do código referente à execução do programa de arranque encontra-se nos anexos, a Figura 42.

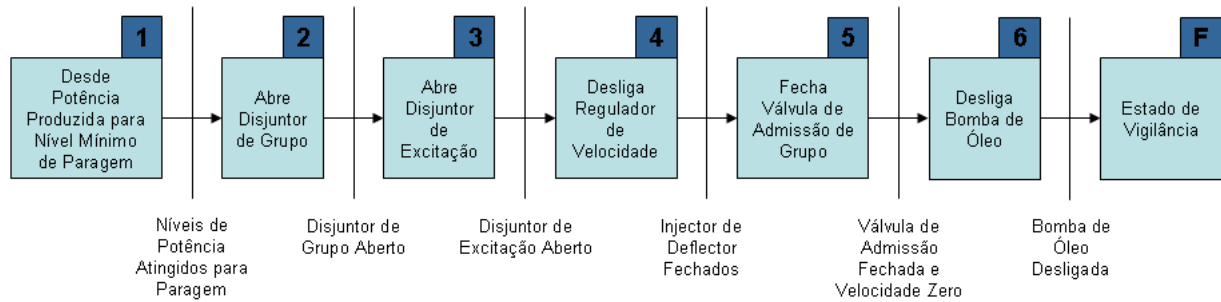


Figura 19 - Execução do Programa de Paragem (Terceira)

3.4.7.3. Programa de Paragem de Emergência

A operação deste programa é em tudo semelhante à dos programas de arranque e paragem normal no entanto, possui características próprias que o diferenciam. Contribuindo para isto está o facto de a paragem de emergência não necessitar de validação, sendo imediatamente iniciada após a selecção do respectivo programa. Além disto, a paragem de emergência pode ser executada mesmo quando outros programas estiverem em execução, interrompendo-os. Sendo uma paragem rápida, possui apenas três passos, com vários comandos executados ao mesmo tempo, um passo dos quais é o passo final de permanência do qual só o sistema só se libertará após reconhecimento do operador.

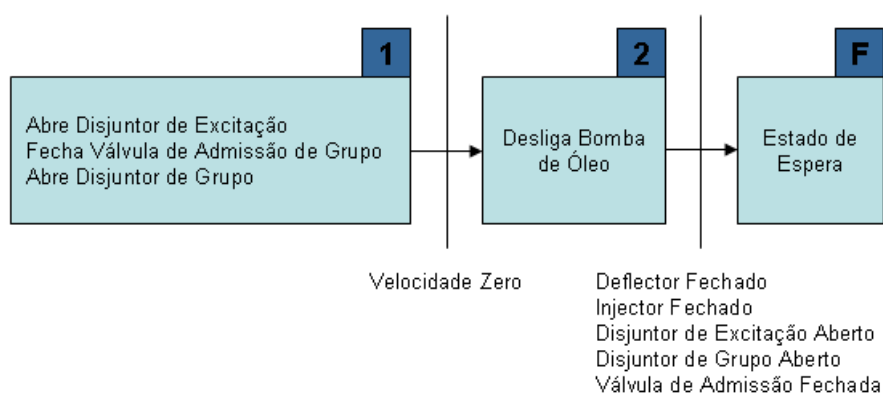


Figura 20 - Execução da Paragem de Emergência (Terceira)

3.4.7.4. Evolução dos Programas

A evolução dos programas é feita de modo muito ponderado, isto é, existem um cuidado e atenção muito particulares na programação da transição entre passos justificadas pelo estado de conservação do equipamento, que merece cuidados adicionais a fim de prolongar o seu tempo de vida.

Estes cuidados são observados no tempo de espera que é colocado entre todas as transições de passos, que não é habitual no controlo dos grupos hídricos geradores. Desta forma, sempre que um passo é iniciado, são esperados dois segundos antes de permitir o processamento a ele associado, e mais dois segundos antes de activar os comandos do processo. A ideia é, portanto, permitir um tempo de estabilização dos processos a custo de uma operação mais demorada sem que o seja de forma prejudicial. Tanto o programa de arranque como o de paragem normal seguem este princípio, enquanto que a paragem de emergência processa-se como o habitual, como é natural, devido à sua natureza de urgência.

3.4.8. Regulação de Nível – Ilha Terceira

O modo de regulação de nível das centrais da ilha terceira tem como objectivo manter o nível de água no reservatório a montante da central a um determinado nível dado por um setpoint. Este setpoint é controlado de forma diferente nos modos de operação *local* e *distância*.

3.4.8.1. Nível da Câmara de Carga

Os níveis mínimos de água abaixo dos quais os grupos necessariamente param o seu funcionamento podem ser encontrados na seguinte tabela, bem como os níveis máximo e mínimo possíveis de setpoint de regulação de nível (apenas configurável em modo de distância) para os locais correspondentes:

Tabela 7 - Configuração das referências dos níveis de água para cada central

	Nasce Água	S. J. Deus	Cidade
Nível mínimo	15%	20%	15%
Nível mínimo de setpoint	25%	60%	60%
Nível máximo de setpoint	90%	60%	60%
Nível pré definido em modo local	50%	60%	60%

Como se pode ver, não é possível a configuração do setpoint de regulação de nível para *S. J. Deus* e *Cidade* uma vez que os seus valores máximo e mínimo equivalem ambos a 60% do nível da câmara de carga, o mesmo nível pré definido em modo local. Já na central de *Nasce Água*, é possível regular o nível de água entre 25% e 90% da sua capacidade.

Dependendo do facto de o controlo estar a ser feito localmente ou à distância, bem como dependendo da actuação sobre os comandos de regulação de nível, são determinadas ordens de subida ou descida de potência produzida para níveis distintos. O ajuste do nível de água é, portanto, feito indirectamente actuando sobre a referência de potência a produzir. O nível de água irá descer ao se abrirem as válvulas de admissão para aumentar o caudal o que irá, por sua vez, aumentar a velocidade de rotação das turbinas e aumentando assim a potência produzida, aproximando-a da referência. Verifica-se o processo inverso para subir o nível de água.

A regulação de nível só é permitida quando o programa de arranque terminar e se não for activado o programa de paragem. Assim, enquanto esta condição não se verificar, os comandos de regulação de nível (Botoneira e Variável extra) não farão efeito.

3.4.8.2. Acções Físicas do Mecanismo de Regulação de Nível

Regulação de nível modo DISTÂNCIA <> Regulação de nível modo LOCAL

Modo de Operação LOCAL

Regulação de Nível INACTIVA: Não há qualquer acção sobre as saídas de potência.

Regulação de Nível ACTIVA: A potência activa é ajustada para um valor calculado em função do nível da água e de valores máximo e mínimo possíveis de setpoint de potência para o respectivo local e de um nível de água de referência determinado com base em constantes características de cada local. A potência reactiva é ajustada para 75% do valor de potência activa medido (medido na entrada analógica), no caso de não se encontrar já nesse estado.

Modo de Operação DISTANCIA

Regulação de Nível INACTIVA: Não há qualquer acção sobre as saídas de potência.

Regulação de Nível ACTIVA: A potência activa é ajustada para um valor calculado em função do nível da água, de valores máximo e mínimo do setpoint de potência activa e de um nível de água de referência determinado com base no setpoint de regulação de nível. A potência reactiva é ajustada para o valor de setpoint de potência reactiva.

3.4.8.3. Algoritmo de Controlo da Regulação de Nível

O controlo do nível da água faz-se através de uma relação proporcional entre o nível de água e a potência activa a obter, com saturação. A seguinte fórmula representa o mecanismo descrito:

$$POTNIV = MINSTPPWL V + \left((MAXSTPPWL V - MINSTPPWL V) \times \left(\frac{NA(lim) - LIML}{2X} \right) \right)$$

Tabela 8 - Legenda da equação de determinação da referência de potência para regulação de nível

Variável	Descrição
POTNIV	Referência de nível de Potência Activa a atingir
MINSTPPWL V	Valor mínimo de setpoint de potência activa (depende do local)
MAXSTPPWL V	Valor máximo de setpoint de potência activa (depende do local)
NA(lim)	Nível de água medido (limitado a [(Nível de referência + X), (Nível de referência - X)]
LIML	Limite inferior de intervalo de controlo de nível directo: <u>Nível de referência - X</u>
2X	Largura de intervalo de controlo de nível directo: Corresponde a 10% da altura total em <i>Nasce Água</i> e 30% em <i>S. J. Deus</i> e <i>Cidade</i>

Resumidamente, o controlo dá-se pela seguinte forma: cria-se um intervalo com largura $2X$ em torno do valor pretendido do nível de água e testa-se se o nível de água medido está fora desse intervalo. No caso afirmativo é aplicada a referência máxima ou mínima do setpoint de potência activa para trazer o nível de água para junto do valor do nível de água pretendido. No caso de o nível de água se encontrar dentro do intervalo definido, é aplicado um controlo proporcional entre o nível de água medido e o valor de potência activa a obter. Este constitui-se quase como um controlo ON/OFF dada a estreita margem de controlo proporcional.

O gráfico seguinte ilustra este controlo:

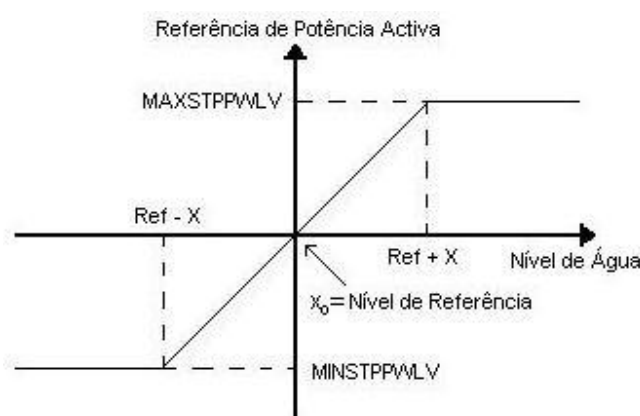


Figura 21 - Controlo de Potência

3.4.8.4. Actuação das Saídas de Controlo de Potência

A potência activa é controlada através de um mecanismo ON/OFF com zona morta. As saídas de controlo de potência só são actuadas se a referência de potência se afastar do valor real por um valor superior a uma dada margem, 17.34/10.94/6.40kW (kVar) (1,4% da potência nominal), como se vê pela Figura 22. A intensidade da actuação é determinada por uma relação entre *duty cycle*/período.

A potência reactiva é controlada segundo um mecanismo idêntico. A sua referência, porém, é determinada directamente em função da potência activa.

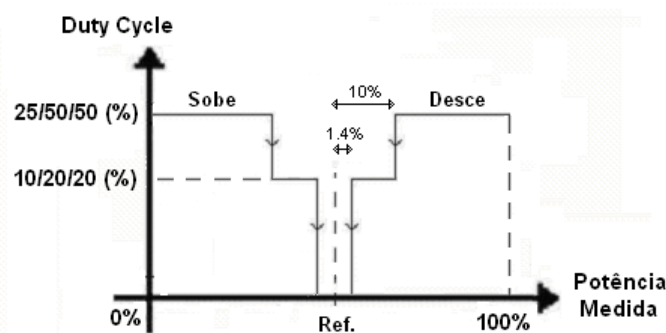


Figura 22 - Seguimento da Referência de Potência Activa

Os valores de *duty cycle* descritos são apresentados para cada central e estão ordenados da seguinte forma: Nasce Água / S. J. Deus / Cidade. Os valores apresentados referem-se à situação de regulação de nível activa.

Os valores de potência medida e as margens assinaladas encontram-se em percentagem do valor da potência nominal dos grupos da central respectiva. O limite 100% corresponde a 1233/778/455kW (kVar) (900+333/560+318/330+125).

3.4.9. Controlo da Válvula de Bypass

A válvula de *bypass* só pode ser controlada no modo de operação distância.

O controlo da válvula de Bypass permite a sua abertura até um máximo de 95% da sua abertura total sendo que o setpoint de abertura da válvula é limitado neste sentido.

3.4.9.1. Parâmetros de Funcionamento e Intensidade de Abertura/Fecho

A intensidade da abertura da válvula é controlada para que a actuação da válvula (abertura ou fecho) seja menos intensa (através do controlo do *duty cycle*) quando a abertura da válvula estiver quase a atingir o setpoint definido.

Assim, a válvula abre/fecha com a maior intensidade (*duty cycle* de 100%) quando a diferença entre o setpoint de abertura da válvula e a medição real da abertura for superior/inferior a 960/-960 (largura de 3% da abertura total). Quando a mesma diferença for inferior/superior ao valor descrito mas ainda superior/inferior a 300/-300 (largura de

cerca de 0,9% da abertura total), a válvula continua a ser actuada mas com menor intensidade (duty cycle de 10%).

O gráfico seguinte ilustra o seu funcionamento:

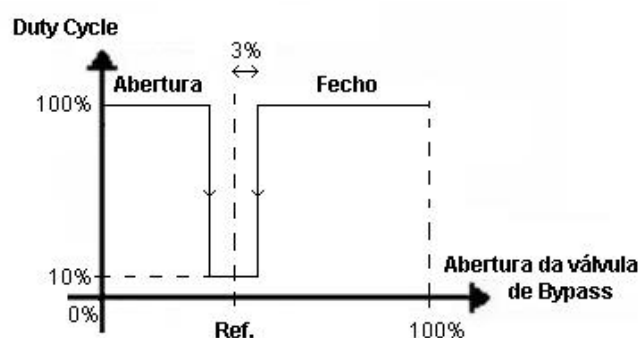


Figura 23 - Válvula de bypass

3.5. Sumário das Especificações

O processo de análise da documentação disponível originou resultados suficientemente concretos e detalhados ao ponto de permitir uma reprodução completa do sistema de controlo sem quaisquer perdas de funcionalidades. Este é desde logo um factor de segurança para o novo sistema que se pretende implementar pois é sabido, através dos anos durante os quais este sistema a remodelar permaneceu em funcionamento, que estas especificações garantem um funcionamento seguro das instalações e em conformidade com os objectivos das centrais. Estas fornecem também uma base sólida para avançar com o processo de reconfiguração, através da análise crítica das suas funções e da forma como estas são empreendidas.

São conhecidos os processos sobre os quais o programa vai actuar, como a bomba de óleo, o regulador de velocidade, a válvula de admissão, o disjuntor de grupo e a sua sincronização. Neste programa apercebemo-nos de que o grupo 2, o de menor potência nominal, se encontra inoperacional em uma destas centrais, inclusivamente na central do Varadouro, na ilha do Faial. Já a forma de operação dos processos encontra-se também

ela perfeitamente documentada, podendo ser observada com detalhe na Figura 24. Com isto, reúnem-se todas as condições para proceder à fase de reengenharia deste processo.

3.5.1. Esquema de Estados

Pode observar-se através da Figura 24 o esquema de estados do painel de controlo apresentado anteriormente. O programa de controlo alojado no autómato é quem realiza todo o processamento associado a estes estados e transições. É também o autómato quem controla as sequências de arranque e paragem representadas no esquema como “Execução Arranque” e “Execução Paragem”, cujo detalhe se pode encontrar na Figura 18 e na Figura 19, respectivamente.

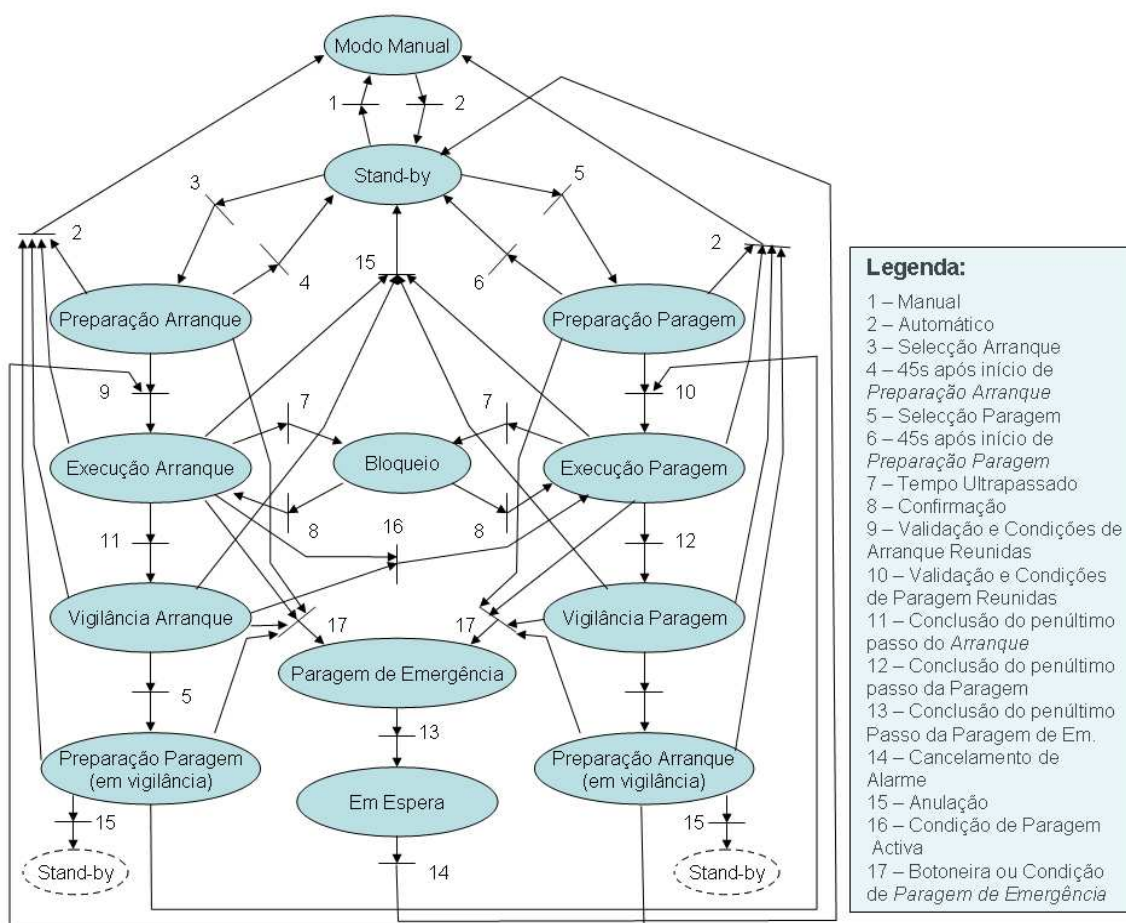


Figura 24 - Esquema de estados do painel de controlo (Terceira)

Todas estas funcionalidades, isto é, toda a forma como se opera o sistema bem como a forma com o sistema actua sobre o processo, se esperam ver implementadas no novo sistema, independentemente dos meios utilizados para o efeito.

4. Análise Qualitativa do Sistema Actual

Conhecidos os detalhes de funcionamento do programa de controlo que se pretende remodelar segue-se a fase de análise do produto, a reavaliação da sua conformidade com as expectativas do cliente e da sua adequação ao meio, que ao longo dos anos poderá ter entretanto sofrido alterações relevantes para a eficiência do sistema em geral.

Vários aspectos podem ser analisados, associados principalmente à arquitectura e estruturação do sistema de controlo, sendo que é possível ainda fazer uma observação indirectamente relacionada com o âmbito deste trabalho, ao nível da estrutura física.

4.1. *Arquitectura de Controlo*

A arquitectura de controlo actualmente presente é uma arquitectura centralizada, sem redundância, num autómato programável da marca *ABB*. A desvantagem deste tipo de arquitectura prende-se com o risco associado de centralizar o núcleo de controlo num único dispositivo que, na eventualidade de falhar, irá comprometer de forma fatal a integridade do sistema. O autómato assume as funções de controlo das sequências de arranque e paragem, gere os modos de operação e processa os comandos recebidos e a enviar, faz o controlo completo do painel de comando e ainda gere a informação a transmitir e a receber da central de telecomando, via radiofrequência. A completa dependência do sistema desta unidade torna-se portanto evidente e fornece uma melhor perspectiva sobre a necessidade de garantir um controlo redundante. Geralmente, um autómato industrial, como é provavelmente o caso, implementa características redundantes internas ao próprio autómato e encontra-se preparado para resistir em pleno funcionamento durante um período largo de utilização em ambiente industrial. O sistema EFACEC, de forma a compensar a utilização de um PC industrial e até a dotar o sistema de maior imunidade, vem a introduzir esta característica de redundância do sistema de controlo, com vigilância permanente do seu próprio estado.

4.2. *Painel de Comando*

O painel físico de comando dos grupos apresenta algumas características que o desvalorizam, principalmente por se tratar de uma estrutura física equipada com lâmpadas e botoneiras. Pelo facto de ser um painel físico, a desvantagem consiste na maior necessidade de manutenção em relação ao um controlo efectuado através de um sistema electrónico. As lâmpadas (e não LED's), para além de se encontrarem sujeitas a avaria, irão encontrar estados onde permanecerão intermitentes durante um período de tempo indeterminado, o que eleva o desgaste dos relés que as actuam. Além disto, outro inconveniente na existência de lâmpadas e botoneiras assenta na necessidade de garantir saídas suficientes nas cartas de saída digitais para actuar as lâmpadas, e de entradas digitais adicionais para ler as botoneiras.

O controlo dos grupos das centrais hídricas tem abandonado o recurso a painéis físicos de comando pelas razões enunciadas pelo que, se o sistema a utilizar para a remodelação destas centrais o permitir, aconselha-se a sua substituição por um sistema de controlo electrónico, dotado de um monitor que apresenta o sinóptico do sistema com as mesmas informações de estado (fornecidas pelas lâmpadas) ou até informações adicionais se tal se relevar pertinente. A enorme flexibilidade que esta solução apresenta traduz-se ainda na maior facilidade em realizar eventuais intervenções futuras no próprio sinóptico. As características deste tipo de solução, face à consola física de operação, tornam-na uma solução eminente a adoptar, ainda para mais se os custos associados em manter o painel físico em funcionamento forem superiores aos de realizar uma instalação de raiz de um novo sistema mais recente e já maduro, como é o caso.

4.3. *Base de Dados*

A base de dados original merece algumas observações, relacionadas tanto com o conteúdo como com a sua organização. A primeira observação prende-se com a existência de entidades com funções idênticas, isto é, a base de dados do sistema previamente em vigor possui entidades duplicadas para o mesmo comando: local e remoto. Na Figura 4, e em relação à consola, encontram-se listados os comandos controlados pelo painel de controlo enquanto que os comandos equivalentes controlados

pelo centro de telecomando encontram-se na Figura 6. Entidades repetidas são naturalmente um acréscimo inútil ao tamanho da base de dados que se pretende “limpa” e organizada, o que só virá nomeadamente a facilitar intervenções futuras.

A existência da tabela de digitais virtuais não também não simplifica a estrutura da base de dados, pouco contribuindo para o sistema, apesar de se reconhecer a sua necessidade para realizar nomeadamente as comunicações por radiofrequência nesse sistema em particular. A eventual vantagem que desta tabela se retira consiste na disponibilização de variáveis de estado do programa de controlo. Porém, acontece que deste modo a base de dados perde legibilidade ao distinguir de forma menos eficiente as entidades quanto às suas funções características ao, por exemplo, misturar as entidades que servem para avaliar o comportamento do sistema e detectar de erros na eventualidade de uma falha, como é o caso das digitais virtuais cuja descrição começa por “MEMORIA”, com as entidades de comunicação por radiofrequência. Assim, a base de dados mistura as variáveis de comunicação, de controlo do programa e de estado, característica essa da base de dados que em nada contribui para a sua facilidade de leitura, especialmente quando é feita a primeira abordagem de quem desconhece este sistema. Neste aspecto, é possível implementar melhorias na organização da base de dados, poupando espaço e tornando o sistema mais simples o que, por conseguinte, deverá facilitar a abordagem por parte de outras entidades que não o projectista.

4.4. Programa de Controlo

Existe um aspecto que vale a pena valorizar e que permite simplificar todo o procedimento associado ao controlo das três centrais hídricas da ilha Terceira, que é a aplicação de exactamente o mesmo programa de controlo a estas três centrais e a configuração na base de dados de qual a central em operação para que, automaticamente, o programa detecte esta configuração e realize a configuração interna dos parâmetros característicos de cada central. Dispensa-se, desta forma, a compilação de três programas distintos, poupando-se espaço, tempo e ganhando simplicidade.

A maior dificuldade que este sistema levanta é, porém, a utilização de uma linguagem de programação proprietária, que torna a leitura do programa uma tarefa

dificultada na ausência dos respectivos manuais de programação, o que, da perspectiva do cliente será considerada uma desvantagem para o seu sistema. A necessidade de aprender a linguagem de programação antes de iniciar o estudo do programa propriamente dito provoca um atraso considerável em todo o processo de análise e especificação. Um sistema capaz de empregar uma linguagem *standard* convém não só ao cliente mas também à própria entidade de manutenção ao evitar que apenas um número restrito de indivíduos sejam capazes de lidar com o programa com familiaridade.

Relativamente ao aspecto funcional, poucas críticas podem ser feitas ao programa de controlo pelo que se sabe que este respeita todas as restrições e cumpre os requisitos de operação. Foi, aliás, através deste programa que se determinaram todas as formas de operação sobre o processo.

4.5. *Manutenção e Adaptação ao Meio*

Visando a qualidade de funcionamento das centrais hídricas em geral, várias considerações podem ser feitas tendo em conta, inclusivamente, aspectos estruturais das próprias centrais. Nesta perspectiva podem ser analisados aspectos como a qualidade de manutenção e a adequação do potencial hidroeléctrico à estrutura física.

Relativamente ao aspecto da manutenção, pode-se dizer que o sistema actual poderá beneficiar de alguns procedimentos como a garantia da presença de uma peça sobressalente para cada peça elemento do grupo hídrico. Apesar de se revelar de início um investimento pesado, este é um esforço largamente desvalorizado na visão a médio/longo prazo uma vez que as paragens de funcionamento por avaria podem originar prejuízos consideráveis.

Após cerca de cinquenta anos da altura em que foi projectada esta central, admite-se que existam mudanças nos princípios sobre os quais se basearam os projectos destas centrais mini-hídricas. A produção hidroeléctrica encontra-se, no momento, em última prioridade para utilização dos recursos hídricos, atrás da lavoura, da indústria e do consumo doméstico, o que faz com que o caudal disponível seja consideravelmente menor. Isto levou, em primeiro lugar, à supressão do segundo grupo hídrico presente em cada uma das centrais. Nestas circunstâncias, admite-se a possibilidade de a configuração

ótima não ser mais a actual mas sim a utilização de um grupo hídrico maior, que aproveite a queda bruta máxima. Não é, no entanto, uma conclusão determinante, algo para o que deveriam ser feitos novos cálculos do potencial hidroeléctrico que envolvem o conhecimento da queda bruta exacta e do caudal actual, dados esses que não se encontram disponíveis.

5. Reconfiguração e Desenvolvimento

Para a fase de reconfiguração, e de forma a garantir um desenvolvimento de encontro às necessidades torna-se necessário conhecer as plataformas de desenvolvimento e as soluções disponíveis, e avaliar a sua adequação ao sistema alvo.

Neste capítulo é apresentado o sistema de automação a utilizar nas centrais hídricas da ilha Terceira e do Faial. Estes são sistemas inteiramente desenvolvidos pela EFACEC com vocação para automação e monitorização de sistemas de energia, sendo no entanto aplicáveis em outras áreas de aplicação no domínio da automação de sistemas.

Os sistemas de automação da EFACEC encontram-se já em pleno funcionamento num vasto número de estruturas de energia, como centrais térmicas, hídricas ou campos de aerogeradores bem como se encontram em constante desenvolvimento, pelo que às versões maduras e largamente testadas se adicionam funcionalidades, rectificam erros e são feitas melhorias em função do *feedback* tanto dos utilizadores como dos engenheiros integradores dos sistemas e de manutenção, num processo de constante evolução e acompanhamento das tecnologias emergentes.

Assim, será inicialmente feita uma apresentação da arquitectura do sistema em que se baseia o novo sistema de controlo e das suas características e serão sublinhadas as diferenças para o actual sistema que se crêem suficientemente convincentes para a adopção deste sistema EFACEC.

Num momento em que o leitor se encontra já familiarizado com os sistemas de automação EFACEC, serão também apresentados os aspectos que caracterizam a reconfiguração deste sistema. Serão então explicados aspectos e apresentados argumentos mais concretos que sustentam a decisão de remodelação do sistema de controlo previamente instalado nas centrais mini-hídricas. Com isto, pretende-se que no fim deste capítulo o leitor compreenda as potencialidades do novo sistema de automação aplicado às centrais mini-hídricas dos Açores.

Em posse de informações suficientemente concretas do produto que se pretende obter no final do processo de remodelação, o leitor será ainda guiado através dos próprios procedimentos e configurações de desenvolvimento propriamente ditos.

5.1. *Arquitectura*

Um sistema de automação de sistemas de energia da EFACEC compreende vários conceitos, dos quais se distinguem:

- URT500 e CLP500
- Unidades de Aquisição
- Unidade Central
- Centro de Comando
- Base de Dados de Tempo Real

Os sistemas que se irão apresentar constituem um conjunto de soluções bem testadas que não representam um investimento pesado. De facto, para as centrais hídricas, bastará um armário com uma CLP500 com uma UA, uma UC redundante e uma unidade de sincronismo para completar o nó da rede e o centro de comando local. A simplicidade deste sistema joga, portanto, a seu favor.

5.1.1. URT500 e CLP500

A URT500, ou Unidade Remota Telemetrada série 500, consiste de modo geral numa unidade central, unidades de aquisição e controlo e numa unidade de sincronização, e pode assumir várias configurações no âmbito de um sistema de automação de redes EFACEC como: um sistema de automação ou unidade remota, um conversor de protocolo ou concentrador de comunicações e pode ainda assumir-se como um centro de comando. É um sistema particularmente orientado para controlo e supervisão de sistemas de redes de energia, água e gás não se restringindo, porém, a este tipo de sistemas. O manual do produto descreve a arquitectura da URT500 da seguinte forma: “A URT500 é baseada numa arquitectura distribuída suportada por uma rede de tempo real e múltiplas unidades diferenciadas. Esta arquitectura assegura uma flexibilidade elevada na medida em que as múltiplas funcionalidades de um sistema de automação, associadas a requisitos

diversos, podem ser atribuídas a unidades diferentes e localizadas nos pontos mais adequados da instalação.”, ou seja, a arquitectura da URT500 permite uma elevada flexibilidade de adaptação ao meio, garantindo sincronização entre todos os processos, a sua elevada integração a um nível global, apoiados numa estrutura física eficiente e robusta.

A sincronização das unidades presentes em toda a rede global é outra característica de maior importância, assegurando a coerência quando se pretende um potencial de comando da generalidade dos processos global e não restrito localmente. A utilidade deste tipo de característica entende-se também pela necessidade de, por exemplo, realizar a leitura de diagnósticos de manutenção com garantia de datas e horas precisas e concordantes, a partir de diferentes pontos da rede. É uma responsabilidade da Unidade Central manter-se sincronizada com o resto da rede.

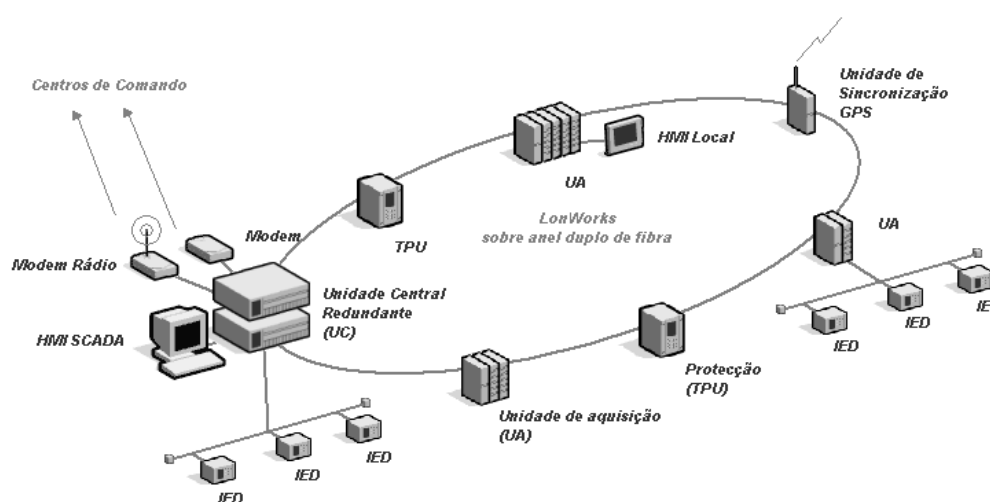


Figura 25 - A arquitectura geral da URT500 [13]

Uma característica inerente à definição da própria URT500 contribui largamente para a flexibilidade do sistema, que é a sua característica de comunicação via rádio. Assim se permite que redes locais se liguem a redes globais de forma a disponibilizar todo o seu potencial de controlo e a sua informação a níveis mais elevados da rede e

permitir por consequência um maior poder de supervisão e controlo sobre uma determinada região ou conjunto de sistemas.

A CLP500 é, na realidade, uma versão mais recente da URT500, cuja unidade central é baseada num PC industrial suportado pelo sistema operativo *Windows XP*[®] em lugar do *Windows NT*[®] utilizado nas unidades centrais da URT500.

5.1.2. Unidade Central

Sendo um elemento essencial da URT500 é apresentada a unidade central, com cinco funções fundamentais. Refira-se primeiro a sua responsabilidade de comunicação com o exterior da rede, isto é, com outros centros de comando ou com outras Unidades Remotas Telemetradas através de radiofrequência. Isto garante ainda a estas unidades uma mobilidade e flexibilidade de instalação apreciáveis em meio industrial. Ainda com funções de comunicação, a unidade central é responsável pela gestão da rede de comunicações, como a *LonWorks* [14][15][16] da qual estão dependentes todas as restantes unidades pendentes na rede, como protecções digitais TPU ou outras Unidades de Aquisição ou ainda como a Unidade de Sincronização. A Unidade Central garante ainda a comunicação com outros IEDs (*Intelligent Electronic Devices*) [14][15][16] de outros fabricantes. Outra função fundamental desta unidade é a execução de automatismos, o que significa que é nela que se realiza todo o processamento associado à automação dos sistemas, onde se encontra alojada a base de dados de configuração de todo o sistema (base de dados de tempo real) e os programas de processamento inteligente. Por fim, falta revelar a outra função básica suportada pela unidade central, a de realização de um HMI (*Human Machine Interface*) SCADA [14][15][16], ou seja, a realização de uma interface humana de supervisão, controlo e aquisição de dados, constituindo um centro de comando local.

A unidade central é um elemento essencial com presença em praticamente todos os sistemas onde assume normalmente um carácter redundante. Assim se garante uma probabilidade muito baixa de ocorrência de falhas fatais no sistema, pelo que a unidade central secundária recebe em cada instante todas as informações críticas do sistema e se encontra preparada em cada momento para substituir a primeira no controlo dos

processos. O processo que gere a redundância tem por nome *Watchdog* [14][15][16] que também é responsável pela autovigilância e recuperação de falhas, supervisionando os processos de críticos e de comunicação do sistema e detectando quando estes não reportam actividade durante um período de tempo inesperado, caso em que pode tomar medidas como a reinicialização do processo ou do próprio CPU ou mesmo provocar a comutação para a Unidade Central secundária, caso esta esteja disponível. O processo gestor de redundância é responsável por garantir que a unidade secundária possui a mesma configuração e é constantemente actualizada das alterações de estado da unidade activa. A replicação de informação só é feita num sentido, da unidade activa para a secundária.

5.1.3. Unidades de Aquisição

As unidades de aquisição realizam a aquisição de dados do processo: entradas digitais e analógicas, bem como realizam a execução dos comandos, ou saídas digitais. São constituídas por cartas de entradas digitais e analógicas e cartas de saídas digitais, para além de uma carta de processamento e de uma carta responsável pela comunicação com a unidade central da URT500. Estas unidades são também responsáveis por realizar funções com elevadas restrições temporais, que podem ser subdivididas em “unidades de aquisição e controlo genéricas com suporte de execução de automatismos locais e distribuídos ou unidades especializadas como *gateways* para IEDs ou unidades de protecção digital como as TPUs” [12], sendo vulgarmente utilizadas para “aquisição de informação digital (simples, dupla ou enumerada), analógica ou de contagem, actuação de saídas digitais ou analógicas, funções comunicativas e HMI local”, segundo o manual do produto.

5.1.4. Centros de Comando

Os centros de comando agregam informação dos processos, reunida pela rede, e podem executar comandos sobre estes, podendo existir em diferentes níveis na hierarquia de rede, desde as unidades de aquisição até aos centros de comando remotos como o SCATEX, de fabrico EFACEC, ou de outros fabricantes. Os centros de comando podem

assim ser locais ou remotos. Os centros de comando locais podem ser disponibilizados através de uma Unidade Central para monitorização e controlo dos processos da rede local, que pode conter várias Unidades de Aquisição abrangendo um largo número de entidades supervisionadas do processo global da rede local. A um nível de rede mais baixo, podem ainda ser utilizadas interfaces HMI através das próprias unidades de aquisição, que permitem monitorizar e controlar um determinado processo numa localização específica.

Podendo existir centros de comando a diversos níveis da hierarquia da rede de automação, qualquer URT500 da rede, desde que disponha de interface gráfica instalada e de sinópticos carregados, pode disponibilizar uma interface visual para o sistema que controla.

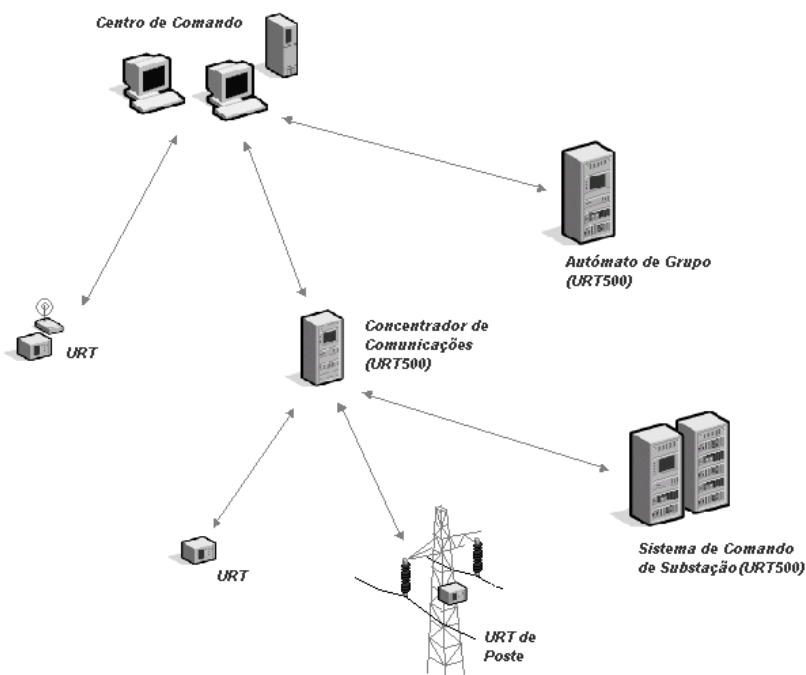


Figura 26 - Exemplo de rede de automação [13]

5.1.5. Base de Dados de Tempo Real (DBAPI)

A base de dados da URT500 serve como uma memória partilhada utilizada para comunicação em tempo real entre os vários processos da Unidade Central. É onde se encontram alojadas todas as configurações referentes ao sistema, desde a configuração da Unidade de Sincronismo ou das comunicações tanto para os níveis inferiores da rede, como as Unidades de Aquisição, como para outras URT500, ou para centros de comando acima (outras URT500 ou SCATEX). A base de dados permite configurar cada uma destas comunicações com diferentes protocolos de comunicação, com conjuntos de opções diferentes para cada caso.

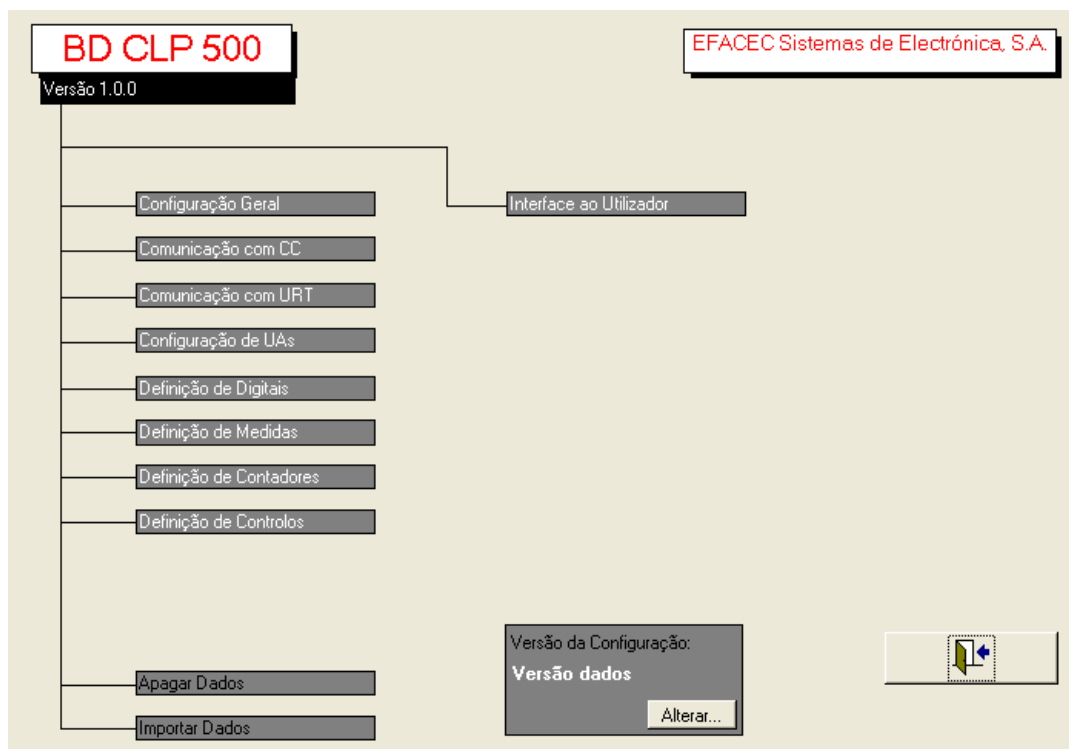


Figura 27 - Base de dados de uma CLP500

Através desta base de dados são também controlados os próprios processos em execução na Unidade Central, a sua inicialização e inclusivamente a forma de lidar com a eventualidade de falha de cada um destes processos, entre outras configurações.

Igualmente importantes são as tabelas referentes às variáveis do processo, isto é, às entradas digitais e analógicas e às saídas digitais e analógicas. Todas as definições e configurações referentes as estas entidades são introduzidas nestas tabelas e, por consequência, é precisamente aqui que são definidos os pontos de aquisição de dados do sistema a controlar. Encontram-se divididas em digitais, medidas, contadores e controles, que representam as entradas digitais, entradas analógicas, valores de grandezas integradas ao longo do tempo ou contadores discretos e comandos, respectivamente.

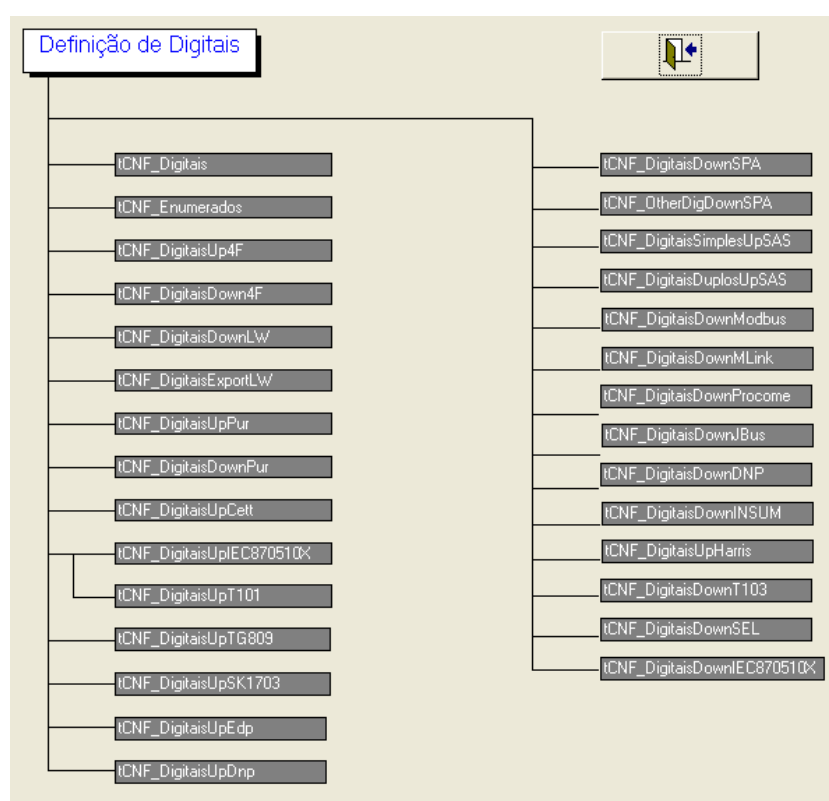


Figura 28 - Definição e configuração das entradas digitais

Como pode ser observado através da Figura 28, as comunicações referentes a cada tipo de entidades (neste caso digitais) são configuradas segundo um protocolo em particular, de entre uma série disponível. Existem configurações “Up” e “Down” relativamente às configurações de comunicações para níveis superiores ou inferiores na

rede de automação. Esta configuração é facilmente compreensível uma vez interiorizada a arquitectura dos sistemas de automação de redes EFACEC.

Uma outra finalidade para a qual é utilizada a base de dados é para realizar e manter a configuração da interface com o utilizador, onde se podem configurar níveis de hierarquia que poderão caracterizar um determinado grupo de entidades e que serão utilizados por um utilizador do sistema como forma de facilitar a sua interpretação. A configuração da interface com o utilizador passa ainda por definir unidades de engenharia, configurar o tempo de arquivamento de registos de entidades e quais as entidades e realizar manutenção de *logs* de registo em geral, configurar cores do ambiente de trabalho da unidade central, configurar a disposição de ícones, etc...

Percebe-se portanto o papel absolutamente central que a base de dados da URT500 realiza no seio do sistema de automação, já que é desta que partem a maioria das configurações destas unidades, e é nela que se encontram as suas configurações mais importantes. Estas unidades (URT500) que são, afinal, o bloco fundamental dos sistemas de automação EFACEC.

5.2. Reconfiguração

Impõe-se nesta fase um reconhecimento das características do sistema descrito anteriormente que justificam a sua utilização no sistema concreto das centrais mini-hídricas nos Açores, após o que será feita uma apresentação da configuração da arquitectura, dos equipamentos e de todo o processo envolvente. Estas características serão apresentadas de forma pormenorizada de acordo com as necessidades do projecto.

Assim, sistema actual irá ser repostado por um sistema consideravelmente mais complexo, por oposição ao simples painel de controlo em utilização até à remodelação, controlado por um autómato programável equipado com um módulo de comunicação por radiofrequência, e à disponibilização para um centro de telecomando de apenas algumas entidades. Deste modo será concedido ao sistema uma muito maior flexibilidade de operação sem perda de funcionalidades ou mesmo de simplicidade do ponto de vista do operador. Tal irá, no entanto, exigir ao sistema mecanismos de segurança sofisticados de forma a garantir a operacionalidade e a integridade do sistema, dotando o sistema de

mecanismos de recuperação de falhas e de autovigilância que permitem atingir o grau de segurança requerido já que naturalmente o passará a estar nomeadamente sujeito às fragilidades de um sistema informático.

Será aqui apresentado o novo sistema global com a respectiva arquitectura, em contraste com aquela a ser substituída e ainda, de forma mais concreta, serão apresentadas as alterações e inovações mais significativas do sistema, bem como a sua configuração e os procedimentos associados ao seu desenvolvimento.

5.2.1. Sistema Global

Antes de mais refiram-se as características mais evidentes desta remodelação, onde se verifica, como primeiro exemplo do contraste entre arquitecturas, que a aquisição dos sinais é feita através das Unidades de Aquisição e suas cartas de aquisição, e não através das cartas instaladas no próprio autómato em utilização até então. Não se justifica a substituição dos sensores e transdutores que servem plenamente a nova estrutura.

Observa-se assim que as funções de processamento e de aquisição e comando de sinais passam a ser levadas a cabo por unidades diferentes, o que é uma mais valia, tanto porque o núcleo do sistema de controlo deixa de ser centralizado (situação em que falhas desta unidade provocam, necessariamente, a inviabilização completa do sistema global), como porque existe uma maior flexibilidade que permite colocar as unidades em locais mais estratégicos.

Será utilizada uma CLP500 por cada central, constituída por uma Unidade Central em configuração redundante com HMI SCADA, uma Unidade de Aquisição e uma unidade de sincronismo, penduradas numa rede IEC 60870-5-104. A unidade de processamento deixa, assim, de ser o autómato para passar a ser a Unidade Central da CLP500.

A Unidade Central encontra-se equipada com um modem rádio, de forma a estabelecer a comunicação com o nível superior, neste caso o centro de comando de São Miguel, onde existirá um SCADA de cada uma destas mini-hídricas, da ilha Terceira e do Faial. A comunicação por radiofrequência é, aliás, um dos pontos fortes deste sistema, que lhe concede também grande flexibilidade e garantia de comunicação com os locais

mais remotos como estas centrais hídricas que se encontram abandonadas durante a maior parte do seu período de funcionamento. A pertinência da sua utilização vai, de resto, ao encontro da arquitectura do sistema anterior, que também utilizava a tecnologia rádio para realizar as comunicações.

As comunicações rádio servem, portanto, para permitir as comunicações entre as centrais e o nível superior de controlo e supervisão. Esta é camada superior na hierarquia de controlo deste sistema pelo que esta controla e agrega informação não só das centrais mini-hídricas em questão mas também de outras centrais do arquipélago, como centrais térmicas ou eólicas. Este é, no entanto, o cenário para o qual a evolução do sistema eléctrico dos Açores tem tendido e para o qual a EFACEC tem assumido um papel fundamental. De resto, esta é outra vantagem que o sistema vem a introduzir face ao antigo sistema: a introdução das centrais hídricas num sistema de controlo mais global de outras unidades geradoras de energia, em vez de vários sistemas individuais para as diversas centrais. No entanto, a construção do SCADA da central de telecomando encontra-se fora do âmbito deste trabalho.

A Unidade de Aquisição encontra-se equipada com 4 cartas de entradas digitais MAP3020 de 16 bits, duas cartas de saídas digitais MAP3050 de 16 bits e duas cartas de entradas analógicas MAP3080 de 8 bits. Para além destas cartas, a Unidade de Aquisição possui ainda uma carta de processamento MAP3200 e uma carta de comunicação com a Unidade Central da CLP500.

Tabela 9 - Componentes das Unidades de Aquisição

Carta	Descrição	Nr. de Cartas	Nr. de Bits / carta
MAP3020	Entradas Digitais (Digitais)	4	16
MAP3050	Saídas Digitais (Comandos)	2	16
MAP3080	Entradas Analógicas (Medidas)	2	8
MAP3200	Processamento	1	-

A configuração redundante é particularmente importante para estas centrais, que se encontram posicionadas em locais isolados e abandonadas por períodos de tempo muito

elevados o que leva a que, sem este mecanismo de segurança, o tempo de resposta a eventuais avarias da unidade principal seja demasiado lento para evitar paragens prolongadas e penalizadoras.

Do ponto de vista do utilizador, o novo sistema terá impacto sob vários pontos de vista. Todo o esquema de controlo e interface com o utilizador será mantido no entanto, o painel físico de controlo deixará de existir para ser substituído por um sistema informático, servido por um teclado e um monitor comuns. O desenho dos sinópticos aproxima tanto quanto possível a configuração dos elementos (antigas lâmpadas e botoneiras) de uma forma semelhante ao que se encontra no antigo sistema. Do ponto de vista do centro de telecomando, o utilizador beneficiará de uma muito maior flexibilidade no acesso aos diversos sistemas de comando e respectiva configuração para todas as centrais. De resto, qualquer intervenção de manutenção ou reparação, como intervenções nas configurações das comunicações, nos automatismos, nos sinópticos ou na própria base de dados será francamente facilitada através do sistema EFACEC, além de que são disponibilizadas várias ferramentas para este efeito com vista a simplificar o processo. E é no sentido de minorar as acções de manutenção que existem os mecanismos de recuperação de falhas e de garantia de integridade do sistema.

Evidentemente, a forma de actuação nos processos físicos da central mantém-se inalterada.

5.2.2. Simplificação Estrutural

Mais concretamente, podem enunciar-se alguns aspectos mais concretos que resultam da remodelação do sistema, começando pela base de dados, que possui o papel central do novo sistema de automação.

A base de dados da CLP500 não é uma característica opcional mas sim uma parte integrante e nuclear de todo o novo sistema de automação. Como já foi referido, não só é sobre ela que comunicam diversos processos da Unidade Central mas também é nela que residem todas as configurações do sistema e ainda todos os pontos característicos do

processo a controlar, dados pelos comandos, saídas e entradas analógicas ou digitais. Uma vez que a arquitectura do sistema permite que os níveis hierárquicos de comando tenham acesso à base de dados de comando, o sistema assume uma transparência onde que não faz sentido distinguir as entidades quanto à sua forma de acesso, como acontecia com a base de dados anterior, que as distinguia entre entidades acessíveis pelo PLC e/ou pela central de telecomando. Sob este ponto de vista, uma vez que a base de dados local irá estar acessível a níveis de comando superiores, refira-se que as entidades se encontram agrupadas segundo características comuns através dos *HLevels*, isto é, níveis de hierarquia, que possuem descritivos que acompanham as entidades nos sinópticos e formas de comando dos diversos níveis de controlo (centros de comando), e permitem criar filtros especializados neste atributo. Neste caso, criaram-se os seguintes *HLevels*:

Tabela 10 - Níveis de hierarquia da base de dados da CLP500 (Terceira)

HLEVEL1	Descrição
Nasce Água / S. J. Deus / Cidade	Entidades da base de dados referentes à central NA/SJD/CID
HLEVEL2	Descrição
Autómato de Grupo/FUNG500/Automatismo	Entidades associadas ao módulo do autómato de grupo AGR500, ao FUNG500 ou ao automatismo principal

A nível de manutenção é francamente positivo o acesso permitido a todas as entidades da base de dados da CLP500 por parte dos centros de comando de um nível superior, o que não vem necessariamente a adicionar complexidade ao sistema mesmo tendo em conta as diversas centrais que o centro de comando poderá monitorizar, pelo que cada central se encontra definida pelo seus níveis hierárquicos que a distinguem de todas as outras centrais e que, facilmente, se podem ocultar ou chamar através dos filtros de entidades que todos os sistemas possuem. Este acesso poderá, inclusivamente, evitar deslocamentos ao local para acções de diagnóstico.

A maioria das configurações da base de dados a implementar neste sistema possui, de resto, uma relação estreitamente ligada à especificidade do sistema que a integra, como o controlo de alarmes que é processado pelo automatismo mas que é facilmente integrado no sistema de gestão de alarmes da CLP500. Este sistema produz registos,

organiza toda a informação relativamente à data, hora e local de cada alarme e torna a informação globalmente acessível aos utilizadores da rede com privilégios para tal. Tudo isto sem interferir na forma de actuação sobre os alarmes a que o operador deverá ter sido habituado. Facilmente se verifica que qualquer uma destas funcionalidades não se encontrava disponível até ao momento da instalação do novo sistema.

Ainda relacionado com a base de dados, outras considerações podem ser feitas, desta feita virando a atenção para as potencialidades da base de dados e automatismos associados que esta disponibiliza. Pode observar-se que a histerese adicionada às medidas retiradas dos sensores para evitar transições rápidas, derivadas a eventuais oscilações ou ruído, é realizada no próprio código fonte do autómato, o que faz sentido na ausência de um mecanismo dedicado a este efeito como é o caso da base de dados da CLP500. Aqui se pode configurar os limites e margens de histerese a aplicar sobre os resultados de quaisquer entradas analógicas, poupando tempo enquanto se ganha simplicidade evitando configurar estas mesmas características no código do próprio automatismo. Seguindo exactamente a mesma filosofia evita-se que seja criado código responsável por realizar a coordenação (inibição) de comandos, como no caso do controlo *local* ou *distância* característico destas centrais, algo que se verifica no código fonte original. Em vez disso, é possível determinar na nova base de dados os comandos que se encontram inibidos por acção de outros, e as características observadas na Tabela 6 são desta forma obtidas, sem qualquer esforço suplementar.

Para além destas alterações, verifica-se ainda uma simplificação relevante que consiste em eliminar da base de dados entidades comuns, ou duplicadas, apesar de esta manter essencialmente a mesma estrutura.

A substituição do painel físico de comando pode também ser considerada uma simplificação do sistema do ponto de vista do utilizador, que passa a ter a informação condensada num monitor sem quaisquer preocupações de cablagens ou de manutenção das próprias peças da consola, como lâmpadas, mostradores ou botoneiras.

Ainda, uma das vantagens da utilização do novo sistema consiste na maior despreocupação no desenvolvimento do automatismo da Unidade Central para criar condições de controlo à distância, para efeitos de controlo dos processos e de

comunicação. O automatismo deverá preocupar-se, essencialmente, em executar as funções do comando local e preparar-se para receber as ordens da central de telecomando, a instalar numa fase posterior que neste momento se encontra fora do âmbito deste trabalho. Parte deste comando será feito de forma transparente ao conceder acesso do telecomando ao painel de controlo “local”.

O trabalho que aqui se desenvolveu com os equipamentos e software EFACEC constitui uma divergência da habitual forma de desenvolvimento dos sistemas com as mesmas plataformas e ferramentas de desenvolvimento, o que acontece devido à natureza deste trabalho, de remodelação e reconfiguração de um sistema de engenharia cujo projecto terá sido já concluído. Esta forma de abordagem não é um cenário comum na EFACEC em vez da qual habitualmente é feita uma abordagem de raiz do problema, com detalhes e pormenores discutidos e a acertar com o cliente, em vez de deduzidos através de recursos e fontes de informação limitados.

5.2.3. Novas Características

A introdução do novo sistema de controlo vem a dotar este sistema de novas funcionalidades práticas, de modo garantir o cumprimento das especificações, a integridade do controlo dos processos e auxiliar o seu funcionamento e manutenção. Apenas se fará uma enumeração destas características de modo a evitar repetições com o que terá sido dito até então:

- Utilização de sistema HMI SCADA em lugar do painel de controlo físico e imutável;
- Possibilidade de definir vários utilizadores com diferentes níveis de acesso;
- Possibilidade de reconfiguração do sistema – adição/subtracção de pontos de dados (digitais, medidas e controlos), reconfiguração do sinóptico, possibilidade de adicionar e incluir IEDs de outros fabricantes à rede;
- Integração num sistema global de controlo distribuído da rede eléctrica dos Açores;

- Adição de características de segurança como redundância da unidade central e mecanismos de recuperação de falhas dos seus processos;
- Fornecimento de ferramentas de diagnóstico do sistema para auxiliar nas actividades de manutenção, diagnóstico e reparação;
- Maior transparência sobre o estado do sistema interno de controlo da Unidade Central;
- Disponibilização de toda a informação relativa à base de dados para o utilizador e para outros centros de comando, que incluem estado interno do sistema, estado do processo, do programa de controlo e do estado das comunicações com outros periféricos.

Sendo que a maioria destas novas funcionalidades foram já apresentadas e comentadas, como são a nova interface com o utilizador através dispensando o painel de controlo, a integração num sistema global de controlo distribuído, as características de segurança, o elevado potencial de reconfiguração do sistema ou a transparência do estado do sistema, apresenta-se de seguida o conjunto de características que contribui para a melhoria das condições de operação.

Entre estas características estão as ferramentas disponíveis de diagnóstico e manutenção do sistema, das quais se enunciam:

- *Entity Viewer*
- *Diagnostic Tool*
- *Event Log Viwer*
- *Archive Viewer*
- *System Log Viewer*

5.2.3.1. Ferramentas de Diagnóstico

Entity Viewer [17]

O visualizador de entidades é a ferramenta que permite explorar as entidades da base de dados: digital, medidas e comandos, conhecer o seu estado em tempo real e a

integridade da aquisição do seu valor. A ferramenta permite ainda executar comandos e aplicar filtros das entidades de forma extremamente flexível e útil.

Diagnostic Tool [17]

A ferramenta de diagnóstico permite ao utilizador forçar valores de entidades, sejam digitais ou medidas, e adicionalmente criar *scripts* de simulação que permitem testar o funcionamento dos automatismos e do sistema em geral. É essencial para teste e simulação.

Event Log Viewer [17]

O visualizador de eventos permite ao utilizador acesso a um registo da evolução do sistema, definido por eventos como alteração de estado das entidades da base de dados, surgimento de alarmes, eventos de *login* ou *logout* de utilizadores, erros internos do sistema, execução de comandos e outros eventos relevantes. A possibilidade de utilização de filtros concede grande flexibilidade a esta tarefa.

Archive Viewer [17]

O arquivo regista a evolução de entidades (digitais, medidas e contadores), mantendo uma base de dados cuja forma de actualização é configurável. Para visualizar este registo existe a aplicação de visualizador de arquivo, que permite aceder a esta informação de forma prática e flexível, nomeadamente através de filtros.

System Log Viewer [17]

O visualizador de registo de eventos de sistema permite consultar o histórico de eventos do sistema interno, como o nível de entrada do registo (erro crítico, erro, aviso ou informação), a datação ou os processos responsáveis pela origem da entrada. A sua utilidade poderá estar nomeadamente relacionada com o diagnóstico de eventuais problemas no sistema.

5.2.3.2. Gestão de Utilizadores

A possibilidade de definir diferentes utilizadores para a CLP500 permite que sejam definidos diferentes níveis de acesso a diferentes utilizadores. Neste caso em particular, esta característica não será de particular importância, até porque durante a maior parte do tempo as centrais vão ser operadas remotamente. O acesso ao sistema da CLP500 só é

possível através de um utilizador, restrito ou não por uma palavra passe. Esta característica consiste desde logo numa característica de segurança importante com o potencial de restringir o acesso ao sistema de controlo local através de uma palavra passe. No presente caso, onde as centrais se encontram abandonadas em funcionamento durante largos períodos de tempo, esta é uma inovação com uma importância considerável.

5.3. Desenvolvimento

O processo de desenvolvimento irá aplicar e empreender as especificações designadas após o processo de estudo do sistema em substituição. Nesta fase, o projecto é dividido em subsistemas e tarefas e é definida a forma como os subsistemas se irão integrar de forma a criar o resultado esperado. Será necessariamente atravessado um processo de aprendizagem das ferramentas de desenvolvimento e das próprias aplicações de software.

Antes de prosseguir, vale a pena mencionar o facto de que os procedimentos levados a cabo neste projecto não serem os habitualmente encontrados nos projectos de automação de sistemas de energia da EFACEC, pelo que foi necessário recorrer a formas de actuação e utilização dos recursos geralmente não habituais nestes sistemas. A razão deste facto prende-se com a especificidade dos processos que os sistemas de automação EFACEC geralmente controlam e monitorizam, com uma vocação destes sistemas tendencialmente orientada neste sentido. Assim, por exemplo, encontram-se já predefinidos elementos gráficos para construção de sinópticos de esquemas eléctricos de subestações, por exemplo, como disjuntores ou seccionadores. Outro exemplo é a ausência da necessidade de criar automatismos complexos uma vez que estes sistemas não o requerem a menos de algumas excepções, nomeadamente na criação de entidades derivadas, que necessitem de algum tipo de processamento. Além disto, o facto de este projecto constituir uma remodelação de um projecto antigo e exterior à empresa faz com que seja necessário recorrer a alguma criatividade na adaptação das funções para os equipamentos e sistemas da EFACEC que, convém frisar, possuem características e especificidades muito próprias enquanto são fundamentalmente diferentes do sistema a substituir nas centrais mini-hídricas.

5.3.1. Projecção e Planeamento

O processo de remodelação requer necessariamente uma avaliação do nível de adaptação das ferramentas à disposição e das necessidades e restrições do projecto. A intervenção a este nível manifesta-se apenas na concepção e desenvolvimento do sistema de controlo sobre as plataformas de desenvolvimento disponíveis e para o equipamento a utilizar que já terá sido apresentado em secções anteriores. Para esta fase importa lembrar que será utilizada uma CLP500, com uma Unidade Central em configuração redundante e uma Unidade de Aquisição.

Os automatismos com vista a realizar as funções levadas a cabo pelo autómato a substituir serão implementados nesta Unidade Central, que efectua todo o processamento do sistema. Esta unidade poderia, de facto, efectuar rigorosamente todo o processamento necessário, fazendo a substituição plena do anterior autómato. No entanto, isto não acontece e não é sequer desejável por razões que se tornam evidentes no decorrer das considerações que se seguirão.

5.3.1.1. Código Fonte – Tradução e Subsistemas

O programa de controlo encontra-se, como foi já analisado, dividido em subsistemas mais pequenos que realizam tarefas distintas, coordenadas ou apenas “em paralelo” entre si. Antes de qualquer outra sugestão, será excluída a hipótese de uma reconstituição paralela integral e sistemática do código fonte para o código do programa de destino, isto porque as linguagens de programação não são comparáveis: estamos em presença de uma linguagem gráfica proprietária cuja lógica teve de ser deduzida (apesar de ser análoga a outras linguagens gráficas de programação de PLC's como a linguagem *Ladder*) que irá ser traduzida para uma linguagem de programação de muito mais baixo nível: o C++. Ainda assim, a fim de manter algumas características relevantes do código original, algumas analogias foram implementadas de forma a que o novo código espelhe determinadas funções do código original.

5.3.1.2. Controlo dos Grupos Geradores

Existe um subsistema em particular do programa de controlo do autómato que apresenta características específicas dos programas utilizados tipicamente no comando de grupos geradores de centrais hidroeléctricas. O controlo dos processos de arranque e paragem destes geradores possui em comum determinados procedimentos necessariamente presentes em qualquer controlo de um sistema deste tipo, cujas responsabilidades são neste caso atribuídas a um destes subsistemas.

Devido ao seu carácter geral, a EFACEC desenvolveu e criou uma aplicação com a finalidade de facilitar e acelerar o desenvolvimento do controlo dos arranques e paragens de grupos geradores de uma central hidroeléctrica tendo assim sido originado o módulo de software AGR500 – Autómato de Grupo. Desta forma, todo o processamento relacionado com esta função deixou de ser responsabilidade dos automatismos da Unidade Central e passou a ser responsabilidade deste módulo, que permite desde logo “aliviar” a quantidade de código a produzir e o esforço gasto nesse sentido, enquanto mantém a actividade dos grupos uma actividade transparente e robusta, no sentido em que se mantém isenta de incoerências na sua operação e manuseamento, que são uma garantia de segurança intrínseca ao próprio módulo de *software*. A AGR500 garante que o sistema se encontra sempre num estado bem definido que é facilmente identificável, o que só garante ao programa de controlo uma robustez essencial. Pode, de certa forma, dizer-se que o AGR500 é o suporte de todo o programa, que vai para além do seu subsistema de controlo dos processos de arranque e paragem dos grupos geradores.

5.3.1.3. Adaptação de Funções do AGR500

No âmbito do desenvolvimento do sistema de controlo de grupos hídricos pela EFACEC, a projecção do próprio painel de controlo (neste caso através de um sinóptico) baseia-se no sistema que vai ser através ele comandado, no AGR500, e portanto a composição dos seus comandos (validação, selecção de programa, anulação, ...) e sinalizações é definida em função da base de dados e filosofia de comando do próprio módulo AGR500. Assim, os seus sinópticos de controlo encontram-se predefinidos, ainda

que sujeitos a alterações que o cliente possa requerer, mas fundamentalmente seguindo a mesma estrutura e procedimentos de operação.

Naturalmente, o painel de controlo que se pretende “manter” não foi projectado segundo estas especificações e não é por conseguinte perfeitamente compatível com o módulo AGR500. Assim, a utilização atípica do AGR500 neste projecto levou à necessidade de adaptação da sua forma de operação para ir de encontro às especificações do projecto, nomeadamente no que diz respeito ao tratamento dos alarmes de tempo ultrapassado e de falta de critério, à criação de intervalos de espera entre transições de passos, à criação de um período de preparação do programa e respectiva validação, à operação sobre os comandos de potência ou à definição dos critérios de vigilância de progressão, entre outras características. Esta adaptação é conseguida através da criação de uma camada de controlo intermédia com base no automatismo da Unidade Central que realiza um processamento intermédio entre as instruções do operador e a actuação no AGR500 ou, dito de outra forma, realiza a “tradução” dos comandos do actual painel de controlo para as ordens que o AGR500 espera receber.

5.3.1.4. Integração e Desenvolvimento dos Sistemas CLP500 e AGR500

Como visto, apesar de a utilização do AGR500 vir a libertar os automatismos da CLP500 de uma parte significativa e seguramente a mais fundamental das tarefas do programa de controlo, este não dispensa o seu envolvimento, o que acontece em primeiro lugar porque o programa não se fica pelo controlo das sequências de arranque e paragem, mas possui funções adicionais como controlo de lâmpadas do painel de controlo (ou, no caso do novo sistema, de sinalizações), realização de um filtro de medidas ou a regulação do nível de água, entre outros. Em segundo lugar, convém relembrar que estamos a falar de uma remodelação de um sistema e não da concepção de um novo, o que levanta alguns obstáculos na utilização de ferramentas tão específicas como o AGR500 que, para ser directamente utilizado, impõe várias condições de funcionamento para operação dos grupos hídricos dada a sua natureza de funcionamento. Inúmeras centrais em Portugal (Barragem do Alqueva, Barragem de Pracana, ...) e fora do país são controladas através

deste módulo de software que viram, ao mesmo tempo, os seus painéis de controlo obedecerem às suas condições restritas de funcionamento. A manutenção plena das características funcionais do sistema de controlo antigo choca com a rigidez ou a inflexibilidade do módulo AGR500.

Observa-se na figura seguinte um esquema que fornece uma visão sobre a forma como interagem estes dois sistemas AGR e CLP e ainda com o próprio processo.

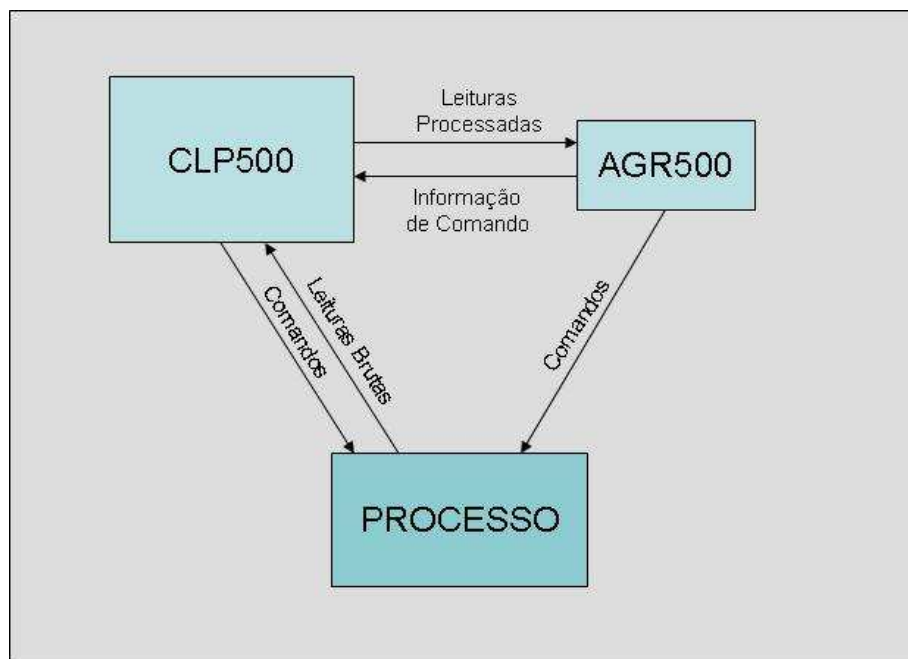


Figura 29 - Interação entre sistemas AGR500, CLP500 e o processo

Por estas razões se entende que a CLP500 não só é uma parte fundamental para a própria estrutura dos sistemas de automação EFACEC como também apenas através dela é possível a utilização do AGR500 para este caso em particular.

Segundo orientações definidas até ao momento, o desenvolvimento prático deve assentar em dois pólos de atenção essenciais: a configuração do AGR500 (autómato de grupo) e a configuração e programação da CLP500, sendo a última tarefa a que requer mais tempo e esforço de configuração. Estes são os elementos centrais e fundamentais

deste projecto, pelo que uma introdução a ambos os sistemas será feita de forma pormenorizada após a qual serão mais evidentes as considerações efectuadas anteriormente.

De modo geral, a configuração da CLP500 envolve a criação da sua base de dados, onde é dada particular importância à criação dos pontos de dados (entradas e saídas, digitais e analógicas) e sua configuração bem como são definidas as restantes configurações do sistema (processos activos, *layout* do ambiente de trabalho...), e envolve ainda a programação dos automatismos, que são nada menos do a componente que executa as funções exigidas, servindo tudo o resto de suporte a esta função. Quanto ao AGR500, a sua configuração passa pelo preenchimento da sua base de dados de acordo com regras muito específicas, bem como envolve a criação de um ficheiro de configuração inicial. Estes procedimentos serão abordados no capítulo seguinte com maior pormenor.

5.3.2. AGR500

5.3.2.1. Introdução

O controlo dos processos de arranque e paragem de grupos geradores de uma central hidroeléctrica possui em comum determinados procedimentos necessariamente presentes em qualquer controlo de um sistema deste tipo. Assim, os processos associados aos grupos geradores são controlados com base em programas predeterminados em que cada programa tem um determinado número finito de passos que são executados sequencialmente. Estas são, portanto, características comuns nos programas de controlo de uma central hidroeléctrica. Por esta razão, e como terá sido atrás mencionado, foi criada uma ferramenta com a finalidade de facilitar e acelerar o desenvolvimento de um controlo para uma central hidroeléctrica e assim foi desenvolvido o módulo de software AGR500. Este módulo é aqui apresentado de forma suficientemente específica, sem entrar em detalhes desnecessários (caso haja curiosidade recomenda-se a consulta do manual), antes de ser feita uma observação de características que apresentam semelhanças com o programa de controlo estudado e que virão a ser úteis, bem como

serão também observadas características que divergem das especificações do mesmo programa, e que levarão a um processamento adicional por parte da Unidade Central.

Os procedimentos característicos do controlo de grupos hídricos permitiram assim que o desenvolvimento deste controlo assente essencialmente no preenchimento de um ficheiro de texto com as configurações iniciais e no preenchimento de uma base de dados, sem necessidade de programação específica, conferindo rapidez, eficiência e garantia de funcionamento dado que é uma solução madura e utilizada em vários projectos.

Assim, no ficheiro de configuração (*.ini) é definida a relação entre o AGR500 e a CLP500, são definidas todas as entidades (que devem também ser configuradas na base de dados da CLP500) para os critérios (geralmente são pontos de dados), comandos e para a interface de controlo do próprio AGR500 (comandos e sinalizações), bem como são introduzidas outras configurações necessárias à operação do sistema.

Pode ser encontrado um excerto do ficheiro de configuração na Figura 43 dos anexos.

A base de dados, por sua vez, apresenta três tabelas para configuração:

- Mapa de Programas
- Comandos de Potência
- Comandos Interditos

A Figura 30 permite observar a forma típica de configuração do mapa de programas, onde são configurados os programas e os respectivos passos e características, bem como são ainda definidos os critérios a testar em cada passo, os parâmetros associados a esse teste e ainda as ordens a cumprir para os passos que o requeiram.

NF:	TIPO:	NL:	DESCRIPTIVO:	P0:	P1:	P2:	P3:	P4:	P5:	P6:	P7:	P8:	P9:
0	CP	0	COND. PRELIMINARES	XF									
1	ARR0 PC E	1	ARRANQUE			X	X	X	X	X		X	XF
2		2											
3	PAR NE0.0	3	PARAGEM FALTA ONDAS										
4	PAR NE0.0	4	PARAGEM NORMAL										
5	PAR MA NE0.0	5	PARAGEM EMERGENCIA										
DT	DINS000	0	Vibr.Turbina Ch1 AL	V0		V0 F4.20	V0 F4.20	V0 F4.20	V0 F4.20	V0 F4.20		V0 F4.20	V0 F4.20
DT	DINS001	1	Vibr.Turbina Ch1 D	V0		V0 F5.27	V0 F5.27	V0 F5.27	V0 F5.27	V0 F5.27		V0 F5.27	V0 F5.27
DT	DINS002	2	Vibr.Turbina Ch2 AL	V0		V0 F4.20	V0 F4.20	V0 F4.20	V0 F4.20	V0 F4.20		V0 F4.20	V0 F4.20
DT	DINS003	3	Vibr.Turbina Ch2 D	V0		V0 F5.27	V0 F5.27	V0 F5.27	V0 F5.27	V0 F5.27		V0 F5.27	V0 F5.27
DT	DINS004	4	Vibr.Gerador Ch1 AL	V0		V0 F4.20	V0 F4.20	V0 F4.20	V0 F4.20	V0 F4.20		V0 F4.20	V0 F4.20
DT	DINS005	5	Vibr.Gerador Ch1 D	V0		V0 F5.27	V0 F5.27	V0 F5.27	V0 F5.27	V0 F5.27		V0 F5.27	V0 F5.27
DT	DINS006	6	Vibr.Gerador Ch2 AL	V0		V0 F4.20	V0 F4.20	V0 F4.20	V0 F4.20	V0 F4.20		V0 F4.20	V0 F4.20
DT	DINS007	7	Vibr.Gerador Ch2 D	V0		V0 F5.27	V0 F5.27	V0 F5.27	V0 F5.27	V0 F5.27		V0 F5.27	V0 F5.27
DT	DINS008	8	Desgaste Escovas	V0		V0 F4.20	V0 F4.20	V0 F4.20	V0 F4.20	V0 F4.20		V0 F4.20	V0 F4.20
		9											
		10											
DT	DINS011	11	Temp.Alta Estator	V0		V0 F4.20	V0 F4.20	V0 F4.20	V0 F4.20	V0 F4.20		V0 F4.20	V0 F4.20
		12											
		13											
DT	DINS014	14	Oleo - Niv.Baixo	V0		V0 F5.27	V0 F5.27	V0 F5.27	V0 F5.27	V0 F5.27		V0 F5.27	V0 F5.27
DT	DINS015	15	Oleo - Pressão Normal					V1 F4.20	V1 F4.20	V1 F4.20		V1 F4.20	V1 F4.20
DT	DINS016	16	Paragem Emergencia Desact	V0		V0 F5.27	V0 F5.27	V0 F5.27	V0 F5.27	V0 F5.27		V0 F5.27	V0 F5.27
DT	DINS017	17	Compress.1 Press.OK			P1 TT600	V1 F5.27	V1 F5.27	V1 F5.27	V1 F5.27		V1 F5.27	V1 F5.27
DT	DINS018	18	Compress.2 Press.OK										
		19											
DT	DINS020 DINS0	20	Valv.Isolam.Aberta						P1 TT240			V1	V1
	DINS122	21	Valv.Isolam.Fechada						V0			V0	V0
DT	DINS022 DINS0	22	Valv.Manob.Aberta	V2		V2 F5.27	V2 F5.27	V2 F5.27	V2 F5.27	V2 F5.27		P1 TT30 T	V1 F5.27
	DINS123	23	Valv.Manob.Fechada										
		24											
DT	DINS024	25	Valv.Alivio.Aberta										
	DINS026	26	Valv. Alivio Fechada										

Figura 30 - Exemplo de um Mapa de Programas (Excerto da Central Hídrica do Pico)

Para configuração dos programas, até 32, é necessário especificar que tipo de programa se trata: “Arranque”, “Paragem” ou “Saída de Rede”, se necessita de obedecer a uma condição preliminar para iniciar no caso de se um “Arranque”, se é um programa estável ou não estável (permanece em vigilância no último passo), se executa pedidos de setpoints de potência, e outras configurações. É também nesta zona que se definem quais os passos que fazem parte de cada programa.

Quanto aos critérios, para uma melhor compreensão da sua configuração é fornecida a seguir uma rápida introdução à sua forma de configuração para teste de critérios e tratamento de alarmes:

Crítérios de Vigilância ‘Vx’: “x” corresponde ao estado em que o critério deve permanecer para não originar um alarme de “falha de critério”.

Crítérios de Progressão ‘Px’: “x” corresponde ao estado que se espera atingir para o programa passar para passo seguinte. São definidos para todos

os critérios de progressão o tempo de progressão y e o tempo de tolerância z , em segundos. Para que não seja gerado um alarme de “tempo ultrapassado” o critério de progressão deverá estar activo durante pelo menos y segundos antes de decorridos z segundos desde o início do passo.

Tratamento de Alarmes: Tanto a “falha de critério” como o “tempo ultrapassado” possuem entidades na base de dados que sinalizam o seu estado, no entanto o AGR500 permite que sejam tomadas outras medidas, como a comutação imediata para um determinado passo de um programa é escolha ($F_{\text{programa.passo}}$), a entrada em pausa (FP), ou a comutação para o modo manual (FM). Caso não sejam tomadas quaisquer medidas o AGR500 simplesmente permanecerá activo no mesmo passo.

Tipicamente, e tal como se observa na Figura 30, os critérios correspondem directamente a pontos de dados do processo, e apenas os critérios relevantes para cada passo são testados sucessivamente. Na eventualidade de algum dos critérios falhar será gerado um alarme e são tomadas as medidas previstas para esse critério. A disposição destes indica também a respectiva prioridade para efeitos de resposta a alarmes, pelo que se dois critérios falharem simultaneamente e ambos possuírem medidas de tratamento de falhas serão processadas as medidas referentes ao critério mais prioritário. A coluna NF especifica: o número do programa ou o tipo de entidade: DT (Digital Telemetrada), que representa um ponto de dado do processo; DD (Digital Derivada), que representa uma entidade cujo valor é resultado de uma qualquer função ou automatismo, ou DI (Digital Interna), que representa uma entidade com informação do estado interno do sistema. Informação mais detalhada pode ser encontrada no manual do AGR500 [18].

A partir deste conhecimento torna-se, portanto, mais fácil compreender as decisões tomadas e as configurações do AGR500 das centrais mini-hídricas da Terceira. Essas configurações são resultado de um estudo aprofundado da melhor forma de adaptação do AGR500 às especificações do sistema tendo em conta suas as próprias

restrições, um processo que requereu criatividade no contorno dos obstáculos face à inflexibilidade do próprio AGR500.

5.3.2.2. Configuração dos Programas

A configuração dos programas pode ser encontrada na Figura 31. Observa-se que ambos os programas têm 7 passos, incluindo o passo final. Uma vez que o programa de controlo contempla três programas de operação dos grupos: arranque, paragem e paragem de emergência, faria aparentemente sentido definir apenas 3 programas (um de arranque e dois de paragem) em vez dos actuais 9. No entanto, tal não acontece devido a várias razões.

NF:	Tipo:	NL:	Descritivo:	P0:	P1:	P2:	P3:	P4:	P5:	P6:	P7:	P8:	P9:	P10:	P11:	P12:	P13:	P14:	P15:	P16:	P17:	P18:	P19:	P20:	P21:	P22:
0	CP	0	Condições Preliminares	X	X	X	XF																			
1	ARR E	1	Arranque desde passo 1						X	X	X	X	X	X	X	XF										
2	ARR E	2	Arranque desde passo 3								X	X	X	X	X	XF										
3	ARR E	3	Arranque desde passo 4									X	X	X	X	XF										
4	ARR E	4	Arranque desde passo 5										X	X	X	XF										
5	ARR E	5	Paragem Normal desde passo 1														X	X	X	X	X	X	XF			
6	ARR E	6	Paragem Normal desde passo 3															X	X	X	X	X	XF			
7	ARR E	7	Paragem Normal desde passo 4																X	X	X	X	XF			
8	ARR E	8	Paragem Normal desde passo 5																	X	X	X	XF			
9	ARR E	9	Paragem de Emergência																				X	X	XF	

Figura 31 - Configuração dos programas das centrais da ilha Terceira: Mapa de Programas

Uma destas razões prende-se com a forma de funcionamento dos modos de operação *manual* e *automático*, que não é perfeitamente compatível entre os dois sistemas. Ao comutar do modo *manual* para *automático*, o AGR500 tenta necessariamente executar um programa, podendo fazê-lo de duas formas. Numa delas, quando é seleccionado o modo *automático*, o AGR500 compara o estado do sistema com todos os passos finais de todos os programas e, se encontrar um válido apenas, comuta para esse programa mantendo-se nesse estado de vigilância. Outra forma consiste em seleccionar um programa até 4 segundos antes de seleccionar o modo *automático*, após o que o AGR500 procurará em todos os passos desse programa um, e um só passo válido a partir do qual ele executará. No caso de estes testes falharem, o AGR500 permanece em modo *manual*. Ora, na situação em que se pretende que o sistema possa comutar para modo *automático* livremente este sistema invoca alguns problemas sendo necessário,

sempre que se comuta de *manual* para *automático*, ter o cuidado de seleccionar o programa de “verificação de condições preliminares”, ou programa 0, antes da comutação. Este programa existe para verificar a existência de condições de arranque e quais as condições que falham, sendo garantido que haja comutação.

Tabela 11 - Condições Preliminares dos Programas de Arranque e Paragem

		PG1CARRQ	CARQ13	CARQ14	CARQ15
Arranque	Passo 1	✓	X	X	X
	Passo 3	-	✓	X	X
	Passo 4	-	-	✓	X
	Passo 5	-	-	-	✓
			CARQ23	CARQ24	CARQ25
Paragem	Passo 1	-	X	X	X
	Passo 3	-	✓	X	X
	Passo 4	-	-	✓	X
	Passo 5	-	-	-	✓

Tabela 12 - Legenda das Condições Preliminares (*1- Circulação de Óleo; Válvula de Adissão Aberta; Fluxo de Água Lubrificado [Se N.A.]; Válvula de Topo Aberta; Protecções Mecânicas Seguras)

Nome	Descrição
PG1CARRQ	Condições de Arranque Reunidas
CARQ13	Condições de arranque reunidas; Sincronismo automático; Potenciómetro de Tensão na Posição Mínima; Disjuntor de Excitação Aberto; Disjuntor de Grupo Aberto
CARQ14	Velocidade de Sincronismo; Condições de arranque reunidas; Sincronismo automático; Disjuntor de Grupo Aberto
CARQ15	Tensão de Alimentação OK; Disjuntor de Excitação Fechado; Velocidade de Sincronismo; Condições de arranque reunidas
CARQ23	Condições de Operação Reunidas *1; Disjuntor de Grupo Aberto
CARQ24	Circulação de Óleo; Disjuntor de Excitação Aberto; Disjuntor de Grupo Aberto
CARQ25	Disjuntor de Excitação Aberto; Disjuntor de Grupo Aberto; Injector e Deflector Fechados

As características enunciadas de iniciação dos programas poderiam eventualmente ser úteis se fossem compatíveis com as especificações do programa de controlo, o que não acontece, pelo que este possui as suas próprias condições de arranque segundo critérios bem específicos. Na sequência da selecção e validação de um programa, o programa só será iniciado se o estado corrente do sistema obedecer a uma das condições

observadas na Tabela 13. Cada estado inicial tem associado um programa respectivo (de 1 a 4 ou de 5 a 8). O programa 9 corresponde à paragem de emergência e é executado assim que é solicitado.

O facto de os programas de paragem normal e de emergência possuírem o parâmetro “ARR” em vez do esperado “PAR” acontece dado que o AGR500 não permite a selecção dos programas de paragem quando se encontra em *stand-by*, o que apenas resulta num erro fatal do sistema, pelo que parâmetro “ARR” é utilizado com o mesmo resultado prático.

5.3.2.3. Configuração dos Critérios

Ainda no mapa de programas, pode observar-se uma parte da configuração dos critérios na Figura 32. Ao todo, existem 21 passos configurados para todos os programas.

Parte da configuração do mapa de programas

NF:	Tipo:	NL	Descritivo:	P0:	P1:	P2:	P3:	P4:	P5:	P6:	P7:	P8:	P9:	P10:
DD	COMUT3PG1PSS3	0	Comutação para paragem emerg. P3 prg. ARR									V0 F9.20 V0 F5.13		
DD	COMUT2PG1PSS3	1	Comutação para paragem normal P3 prg. ARR											
DD	COMUT3PG1PSS4	2	Comutação para paragem emerg. P4 prg. ARR										V0 F9.20 V0 F5.13	
DD	COMUT2PG1PSS4	3	Comutação para paragem normal P4 prg. ARR											
DD	COMUT3PG1PSS5	4	Comutação para paragem emerg. P5 prg. ARR											V0 F9.20 V0 F5.13
DD	COMUT2PG1PSS5	5	Comutação para paragem normal P5 prg. ARR											
DD	COMUT3PG1PSS6	6	Comutação para paragem emerg. P6 prg. ARR											
DD	COMUT2PG1PSS6	7	Comutação para paragem normal P6 prg. ARR											
DD	COMUT3PG1F	8	Comutação para paragem emerg. Últ. passo prg. ARR											
DD	COMUT2PG1F	9	Comutação para paragem normal Últ. passo prg. ARR											
DD	COMUT3PG2PSS1	10	Comutação para paragem emerg. P1 prg. PAR											
DD	COMUT3PG2PSS2	11	Comutação para paragem emerg. P2 prg. PAR											
DD	COMUT3PG2PSS3	12	Comutação para paragem emerg. P3 prg. PAR											
DD	COMUT3PG2PSS4	13	Comutação para paragem emerg. P4 prg. PAR											
DD	PG1CARRQ	14	Condições de arranque	V1										
DD	CARQ13	15	Condições de arranque no passo 3	V0	V1									
DD	CARQ14	16	Condições de arranque no passo 4	V0	V0	V1								
DD	CARQ15	17	Condições de arranque no passo 5	V0	V0	V0	V1							
DD	FTACRITPG1PSS1	18	Falta de critério: passo 1 do arranque						V0					
DD	LIGA1PASSOS12	19	Ordens cumpridas: passo 1 do arranque						P1 TT30 TP1 FP					
DD	FTACRITPG1PSS2	20	Falta de critério: passo 2 do arranque							V0				
DD	LIGA1PASSOS23	21	Ordens cumpridas: passo 2 do arranque							P1 TT120 TP1 FP				
DD	FTACRITPG1PSS3	22	Falta de critério: passo 3 do arranque								V0			
DD	LIGA1PASSOS34	23	Ordens cumpridas: passo 3 do arranque								P1 TT45 TP1 FP			
DD	FTACRITPG1PSS4	24	Falta de critério: passo 4 do arranque									V0		
DD	LIGA1PASSOS45	25	Ordens cumpridas: passo 4 do arranque									P1 TT30 TP1 FP		
DD	FTACRITPG1PSS5	26	Falta de critério: passo 5 do arranque											V0
DD	LIGA1PASSOS56	27	Ordens cumpridas: passo 5 do arranque											P1 TT300 TP1 FP
DD	FTACRITPG1PSS6	28	Falta de critério: passo 6 do arranque											
DD	LIGA1PASSOS6F	29	Ordens cumpridas: passo 6 do arranque											
DD	FTACRITPG1F	30	Falta de critério: Último passo prg. ARR											
DD	LIGA2PASSOS12	31	Ordens cumpridas: passo 1 de paragem											
DD	LIGA2PASSOS23	32	Ordens cumpridas: passo 2 de paragem											

Figura 32 - Configuração dos critérios das centrais da ilha Terceira: Mapa de Programas

Desde logo é facilmente perceptível que a configuração dos critérios não obedece à prática habitual. De facto, se o sistema for projectado de raiz, faz todo o sentido utilizar os pontos de dados directamente como critérios, o que neste caso não acontece. Em vez de um conjunto de critérios testados simultaneamente, o AGR500 só encontra, no máximo, um critério de progressão e um critério de vigilância para cada passo. Todos os critérios são entidades derivadas, propositadamente criadas de forma a reflectirem os estados e sinalizações associadas ao programa de controlo original. Explica-se em seguida o significado e as regras que seguem estas variáveis.

Tabela 13 - Descrição dos critérios do mapa de programas

Nome	Descrição	
LIGAxPASSOS _{yz}	Condição que valida transição do passo y para o passo z, no programa x.	x: 1 – Arranque; 2 – Paragem Normal; 3 – Paragem de Emergência;
FTACRITPGxPSS _y	Condição que activa alarme de falta de critério, no passo y do programa x	
FTACRITPGxF	Condição que activa alarme de falta de critério, no passo final do programa x	
COMUT2PGxPSS _y	Condição que origina a comutação para o programa de paragem normal a partir do passo y do programa x	y e z (passo do programa de arranque ou paragem): i, i = 1,2...6
COMUT3PGxPSS _y	Condição que origina a comutação para o programa de paragem de emergência a partir do passo y do programa x	
RECONHECIMENTO	Condição que indica que houve reconhecimento do alarme	

A maior parte destas entidades (derivadas) é resultado de uma operação lógica de alguma complexidade sobre várias outras entidades, telemetradas (pontos de dados) ou outras derivadas, que definem um determinado estado do sistema. Estas funções lógicas são construídas a partir do código fonte do programa, onde se encontram bem definidas. Para realizar estas operações lógicas é utilizada uma outra ferramenta, o FUNG500, a ser apresentada numa secção mais adiante. Outras entidades, como a de reconhecimento, são controladas também pelo automatismo da CLP500.

O código fonte original requeria que, após um alarme de tempo ultrapassado, o autómato se bloqueasse e esperasse por uma ordem de continuação do programa, pelo que se optou por, nestes eventos, comutar o AGR500 para o modo de pausa de onde só

poderá sair se for dada ordem de continuação do programa (saída de pausa). O tempo de tolerância (TTx) e de progressão (TPy) encontram-se em segundos.

A comutação automática para os programas de paragem normal e de emergência é determinada por critérios de vigilância que, se activos, irão originar a comutação imediata para o programa respectivo: F5.13 para a paragem normal e F9.20 para a paragem de emergência.

5.3.2.4. Comandos de Potência

A tabela de configuração dos comandos de potência é, no presente caso, irrelevante, uma vez que a actuação nas saídas de potência não é feita pelo AGR500, como seria de esperar, mas sim directamente através do automatismo da CLP500, com vista a implementar a actuação suave sobre estas saídas e exactamente de acordo com as especificações retiradas do programa original. Não seria possível assegurar esta reconfiguração rigorosa fazendo uso dos mecanismos disponíveis pelo AGR500.

Mais exactamente, isto acontece porque:

- O AGR500 permite subir a potência a níveis predefinidos no arranque, ou descê-la nos programas de paragem (carga mínima ou carga base), no entanto não permite aplicar um controlo por PWM;
- As saídas de potência são actuadas também pelo mecanismo de regulação de nível, de uma forma semelhante ao da subida ou descida da potência durante a execução dos programas de arranque ou paragem.

5.3.2.5. Comandos Interditos

Esta tabela permite configurar a interdição de comandos do AGR500 em função do estado do próprio AGR500. Assim se garante, por exemplo, que o AGR500 apenas aceita comandos para comutar para o modo *automático* e rejeita quaisquer outros, quando em modo *manual*. A interdição de comandos é configurável para todos os programas e para o modo *manual* de operação, em relação à selecção de programas, dos modos de operação e do comando de pausa e consiste num mecanismo de garantia de integridade da operação.

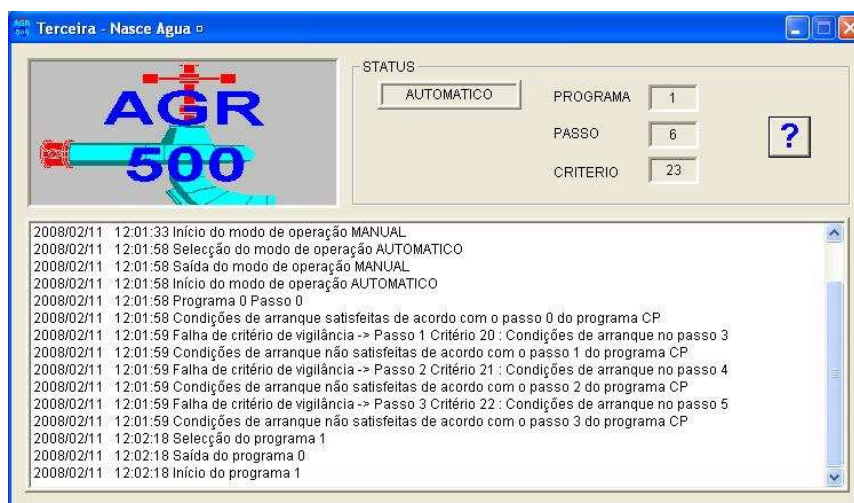


Figura 33 - Janela de visualização do AGR500 em funcionamento

5.3.2.6. Semelhanças e Divergências

Pretende-se nesta secção tirar uma imagem de quais as semelhanças e os pontos de divergência do uso habitual do AGR500 traz em relação à estrutura do programa original.

Conhecendo o programa original, as semelhanças são desde logo evidentes, ao manterem uma estrutura de programas equivalente, com programas de arranque e de paragem, ao manterem a forma de execução dos mesmos programas através de passos e condições de progressão, nomeadamente com um passo final estacionário, também ao manterem o mesmo tipo de alarmes, de falha de critério e de tempo de progressão, ao fazerem uso de modos de funcionamento análogos, ao contemplarem a subida de potência no arranque e descida na paragem, até mesmo ao permitirem a execução de pedidos de setpoints de potência automáticos ou dados por uma entidade externa. Estas características encontram-se, de resto, resumidas na Tabela 14.

Tabela 14 - Semelhanças e diferenças entre o AGR500 e o programa original

Semelhanças	Diferenças
Estrutura dos programas: passos sequenciais	Tempo de intervalo entre passos
Passo final estacionário	Critérios exclusivamente derivados
Alarmes de Falha de Critério e Tempo Ultrapassado	Operação dos sinalizadores de alarme
Ajuste da potência no arranque e nas paragens normais	Necessidade de validação do programa seleccionado
Possível ajuste da potência por uma entidade externa	Operação nos comandos de potência: forma suave por PWM (não possível directamente através do AGR500)
Modos de funcionamento semelhantes (manual/automático)	Sincronização e execução automática dos programas

Observa-se como na Figura 32 os critérios consistem exclusivamente em entidades derivadas. Isto acontece porque a remodelação do sistema obriga ao teste de funções lógicas de um conjunto de várias entradas como critérios, em vez de realizar directamente a disposição das entidades das digitais e medidas como critérios.

As diferenças na forma de operação dos grupos verificam-se com mais destaque na necessidade de criar um período de “preparação” após seleccionar um determinado programa, e em vez de o iniciar de imediato, espera-se a actuação de um outro comando de validação durante um período de tempo finito.

Também no sentido de aumentar a segurança e, particularmente para estas centrais, no sentido de garantir uma actuação suave sobre o sistema de forma a prolongar o seu tempo de vida, é colocado um intervalo de espera de 4 segundos entre o momento em que um passo se dá por concluído e a iniciação do passo seguinte. Seguindo a mesma filosofia, a actuação nas saídas de potência é realizada de forma extremamente suave, o que se consegue através da modelação da largura dos impulsos periódicos a aplicar nas saídas pretendidas, quando pretendido. O arranque dos grupos dar-se-á de forma mais lenta, mas será salvaguardada a integridade do equipamento tanto quanto possível, uma vez que este se encontra já num estado avançado do seu tempo de vida. Os detalhes desta forma de actuação encontram-se no capítulo de “engenharia reversa”.

De resto, podem ser encontradas outras semelhanças entre o AGR500 e o programa original, como a possibilidade de executar setpoints de potência, activa e reactiva. Através desta característica, o AGR500 permite ao subir a potência no arranque,

ou descê-la na paragem de forma autónoma ou então, sob controlo do operador remoto, permite levar a potência a um nível desejado após a conclusão do arranque e durante a permanência no seu estado final. À partida estas seriam características ideais para aproveitamento mas no entanto, por razões que se prendem com a forma particular de actuação nas saídas de potência, não podem ser directamente utilizadas e apenas reafirmam o ajuste do AGR500 às necessidades de um controlo de um grupo hídrico comum.

Uma vez que o sistema é completamente dependente do correcto funcionamento do AGR500, este incorpora também a característica redundante, pelo que na Unidade Central secundária constará um AGR500 similar ao da unidade principal, permanentemente preparado para substituir o primeiro em caso de necessidade.

Finalmente, apresenta-se uma última característica do AGR500 que condiz com as especificações do sistema definido pelo código fonte, e que diz respeito à forma de funcionamento dos alarmes de tempo ultrapassado e de falta de critério. De facto, o AGR500 permite gerar o alarme respectivo conforme a condição que originou, através da adaptação descrita anteriormente e segundo as especificações descritas, no entanto não permite que este seja tratado de forma semelhante, começando pela impossibilidade de atribuir três estados a cada um destes alarmes, em vez de dois apenas:

- Ligado
- Desligado
- À espera de reconhecimento

Segundo o sistema original, quando os alarmes são gerados, estes deverão gerar um sinal que indique a sua ocorrência e que ainda não foram reconhecidos pelo operador. Após esta aceitação, os alarmes deverão permanecer ligados, em outro estado que se mantém enquanto o defeito que originou o alarme não se encontrar resolvido ou, caso a situação esteja normalizada, simplesmente ser apagado. Para possibilitar esta forma de operação foi necessário aplicar um processamento intermédio da Unidade Central da CLP500.

A pertinência da utilização do AGR500 diz ainda respeito à utilidade de manter disponíveis em base de dados todos os dados relativos à sua operação, que definem exactamente o seu estado interno, seguindo a filosofia da própria CLP500 ao facilitar qualquer processo de depuração de erros ou reconfiguração do sistema.

Como comentário final, pode dizer-se que mesmo tendo em conta a série de incompatibilidades entre a forma de controlo do AGR500 e a forma de controlo implementada pelo programa de controlo original, a utilização deste módulo de software permite aliviar do programa de controlo a implementar uma parte significativa da estrutura do programa, que o liberta de controlar os estados do programa e de garantir a integridade do seu funcionamento. Sob este aspecto, o sistema final adquire uma maior simplicidade e segurança de operação, particularmente quando o sistema onde se baseia todo o programa é um sistema largamente testado e maduro.

5.3.3. FUNG500

Como terá sido compreendido das secções anteriores, um número elevado de operações lógicas de razoável complexidade entre as entradas seria necessário levar a cabo em permanência para a operação do AGR500. Esta função poderia ser cumprida pelo automatismo da CLP500, para o que seria necessário dedicar uma parte considerável do código fonte, algo desfavorável e desnecessário na presença de uma ferramenta que automaticamente processa estas funções e gera os resultados que se encontram permanentemente disponíveis, como se de dados adquiridos das Unidades de Aquisição se tratassem.

A seguinte figura apresenta a principal tabela da base de dados com que se configura o FUNG500, neste caso da base de dados da central da ilha do Faial.

Cada linha revela uma função executada sobre as entidades com os dados das entradas digitais e/ou analógicas e guarda o resultado numa entidade própria da base de dados da CLP500, cujo nome se encontra na coluna *caDescription* [19]. A tabela de configuração das funções lógicas do FUNG500 encontra-se na Figura 44, no anexo.

Os operadores lógicos são:

Tabela 15 - Operadores lógicos do FUNG500

Operador	Função Lógica
&	Operador lógico “AND”
#	Operador lógico “OR”
+	Operador lógico “NOT”

A validação desta tabela revela-se uma tarefa extensiva pelo que é fácil a ocorrência de erros na escrita de funções com a extensão aqui visível. De facto, se observado, pode-se reparar que várias das funções apresentadas na Figura 44 não cabem na área da janela. Na verdade, a maioria fica bem além do que é visível. Por exemplo, e apenas para fornecer uma ideia, a função da entidade L1PASSOS23AUX é dada por:

```
((DI.2.05.05 & (DI.2.06.04=2)) # (DI.2.05.06 & (DI.2.06.06=2))) & DI.2.03.01 &
DI.2.04.00 & DI.2.05.04 & DI.2.03.07 & DI.2.05.03 & DI.2.03.06 & DI.2.04.06 &
DI.2.04.04 & DI.2.04.01 & DI.2.05.07 & (DI.2.06.00=1) & DI.2.03.00 & DI.2.03.02 &
DI.2.04.07 & DI.2.05.00 & (DI.2.05.02=0) & (DI.2.06.02=1) & DI.2.07.03
```

Por serem funções tão extensas, o processo de validação de todas as entidades consiste numa tarefa que consome um período razoável do processo de configuração.

5.3.4. Base de Dados CLP500

A configuração da base de dados da CLP500 necessita de vários dados previamente disponíveis:

- Pontos de dados (digitais, medidas, controlos e contadores)
- Tipo de dados (entidades telemetradas, derivadas ou internas)
- Meio de comunicação com UA's
- Forma de comunicação com centro de comando
- Configuração dos parâmetros internos da CLP500
- Configuração dos processos e do *layout* do ambiente de trabalho da CLP500

Uma vez que a configuração do centro de telecomando se encontra fora do âmbito deste trabalho, não serão feitas as configurações que lhe dizem respeito.

5.3.4.1. Entidades do Sistema de Controlo

A configuração das entidades da base de dados que dizem respeito ao controlo do processo, sem incluir aquelas que dizem respeito à configuração do sistema interno, é feita na tabela *tCNF_Digitais*, *tCNF_Medidas* e *tCNF_Controlos*. Assim sendo, todas as entidades utilizadas em todo o processo são aqui configuradas.

Digitais

Na tabela que define as digitais, são incluídas todas as entidades respeitantes ao sistema do AGR500, às entradas digitais (telemetradas), às entidades que simulam os controlos (derivadas), às entidades controladas pela UC e/ou pelo FUNG500 para auxílio do AGR500 (derivadas), e algumas entidades presentes na base de dados original (derivadas).

A configuração destas entidades envolve nomeadamente atributos que configuram:

- Tipo
- Subtipo
- ID Nível Hierarquia
- Descritivo
- Descrição dos estados
- Configuração de alarme
- Configuração do registo
- Condição inicial

O *tipo* define a entidade como sendo um ponto de dados (telemetrada) adquiridos directamente do processo através de uma UA, uma entidade resultado do processamento de uma função ou de outro automatismo (derivada) ou uma entidade de configuração interna do sistema (interna). Já o *Subtipo* define a entidade como sendo *Simple*, *Dupla* ou *Enumerada*.

A definição do Nível de Hierarquia permite associar várias entidades por uma característica comum, relativamente a uma determinada posição hierárquica no sistema. Neste caso, são definidos os níveis de hierarquia de NAGUA/SJD/CIDADE para o nível superior e AGR/FUNG/AS para o segundo nível, de forma a identificar a Central e, no seio dessa central, as entidades com determinadas características comuns.

Os campos de descrição permitem apenas um rápido esclarecimento da função associada à referida entidade e aos seus estados. Estas informações acompanham a visualização da referida entidade no sistema.

A configuração dos alarmes é importante na medida em que se pode integrar o funcionamento dos alarmes no sistema da CLP500, configurando as entidades que geram alarme, os estados associados ao alarme, a forma de aceitação dos alarmes, a forma de registo dos alarmes, entre outras configurações. Permite-se assim que seja gerado um histórico da evolução dos alarmes. É possível, de resto, definir quais as entidades cuja evolução será registada.

Finalmente, refere-se uma configuração de elevada importância para o desenvolvimento do sistema, que é a definição do estado inicial em que se devem encontrar as entidades no momento do arranque da CLP500. Não sendo uma característica propriamente original, permite que sejam definidos os estados iniciais do sistema que reflectem o estado normal do sistema quando preparado para arrancar o grupo. Esta situação torna o processo de teste e validação do sistema mais prático, evitando que, de cada vez que o sistema está para ser testado, se tenha que forçar em todas as entidades necessárias o seu estado esperado.

Medidas

Quanto às medidas, são incluídas na base de dados todas as entidades derivadas respeitantes ao sistema do AGR500, as entradas analógicas (telemetradas) e ainda algumas entidades retiradas directamente da base de dados original.

A configuração das medidas envolve atributos semelhantes ao das medidas:

- Tipo
- ID Nível Hierarquia

- Descritivo
- Descrição dos estados
- Configuração de alarme
- Configuração do registo
- Condição inicial

Destes atributos, apenas a configuração dos alarmes se processa de forma diferente pelo que é possível dividir a escala dos valores máximo e mínimo em faixas que representam um nível muito baixo, baixo, normal, alto e muito alto. Pode, por exemplo, ser gerado um registo dos alarmes em função do seu nível. Os alarmes são, portanto associados a cada um destes estados e a restante configuração é feita de forma semelhante à da configuração dos alarmes das digitais.

Os valores de escala das entradas analógicas são definidos, tal como no programa original, de 0 a 32000 para todas as medidas excepto para a potência reactiva, que varia entre -32000 e 32000.

Comandos

Na tabela de controlos são definidos todos os comandos previstos. Estes correspondem aos comandos originalmente presentes na base de dados original que actuam sobre o processo, bem como tem presentes comandos adicionais que realizam o comando dos botões presentes no sinóptico do painel de controlo. Estes comandos deverão vir a ser accionados pelo AGR500 ou pela própria UC. Todos eles são comandos simples, pelo que os comandos analógicos que deverão traduzir as ordens de setpoint de potência e de abertura da válvula de *bypass* remotas deverão ser configurados pela equipa que configurar o sistema de controlo da central de telecomando. Para traduzir esta característica, o sistema irá contemplar nas entidades analógicas entidades que representam estes valores de setpoint requisitados.

Enumerados

Não existem *enumerados* neste sistema, pelo que não são definidos na base de dados.

Configuração interna da CLP500

A configuração da CLP500 não deve ser feita originalmente de raiz, isto é, partindo de uma base de dados completamente em branco. Isto acontece uma vez que existem várias configurações por defeito que se mantêm em quase todos os sistemas, relativas a aspectos internos da CLP500. Assim, a base de dados em configuração para as centrais mini-hídricas da Terceira é também adaptada de uma base de dados de supervisão e comando de uma subestação eléctrica.

É necessário, por exemplo, definir os processos que deverão ser executados no arranque da CLP500, entre estes:

- FUNG500
- Automatismo principal de controlo dos grupos
- AGR500
- Gerador de alarmes
- Processador de controlos
- ...

Os três primeiros processos correspondem a sistemas desenvolvidos para o controlo dos processos das mini-hídricas, enquanto que os restantes, seguidos de vários outros, dizem respeito à configuração interna da CLP500, cujas configurações foram maioritariamente herdadas por defeito. No entanto, há nomeadamente o cuidado de activar o gerador de alarmes e o gestor de registo de eventos se se pretende obter um registo do funcionamento do sistema.

Configuração da interface com utilizador

Para configuração da interface com o utilizador, o sistema permite:

- Definir os níveis de hierarquia
- Definir descritivos globais
- Definir forma de registo nos arquivos
- Cores e barra de ferramentas

Com excepção dos níveis de hierarquia, as configurações realizadas nestas tabelas da base de dados não são de importância relevante para o bom funcionamento do sistema pelo que apenas são configurações elementares.

Mecanismos auxiliares

De forma a retirar peso no processamento a efectuar por parte da UC da CLP500, a própria base de dados permite realizar automatismos básicos sobre as entidades que, de outra forma, seria necessário serem realizados pela UC.

Assim, a BD permite inibir comandos em função do estado de determinadas variáveis, o que permite simplificar a realização do mecanismo de segurança imposto pelo programa original para sintonizar os comandos originados pelo controlo remoto e local. Assim, as restrições impostas pela Tabela 6 são garantidas pela base de dados.

Outro mecanismo útil consiste na inserção nas entidades analógicas que o requeiram de um efeito de histerese.

5.3.5. Automatismo principal da CLP500

O automatismo principal é um processo da Unidade Central da CLP500, que executa o comando do AGR500 e executa todas as funções de todos os subsistemas adicionais presentes na especificação do sistema retirado do código fonte original. É o elemento “inteligente” que aceita as ordens do painel de controlo e executa-as, bem como é este automatismo que comanda os alarmes do painel de controlo e mantém actualizadas algumas entidades de estado da base de dados.

A programação deste automatismo é feita em linguagem C++. No entanto, o desenvolvimento deste programa assenta essencialmente na utilização de instruções simples e sem recorrer a artifícios complexos, tal como é frequente na programação de autómatos programáveis.

5.3.5.1. Plataforma de desenvolvimento em C++

Para o desenvolvimento de automatismos na CLP500 foi desenvolvida pela EFACEC uma plataforma que consiste num projecto criado em *MS Visual Studio*[®] que se encontra enquadrado no ambiente da CLP500. Assim, para criar um automatismo para

um determinado sistema, não são precisas configurações exaustivas e encontra-se preparada uma base sólida e configurável que permite a concentração unicamente no próprio programa de controlo.

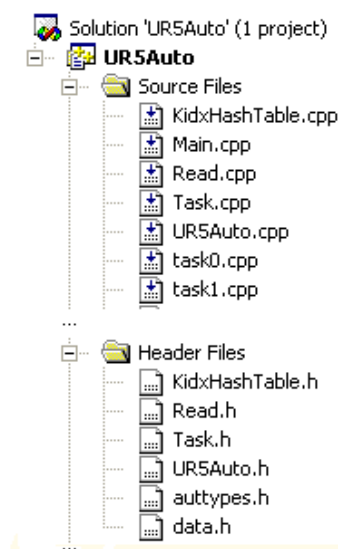


Figura 34 - Organização da pasta de projecto de um automatismo

Para um novo projecto que requeira automatismos, é necessário especificar todas as entidades da base de dados às quais o programa irá ter acesso e poderá controlar e associar-lhes um nome para identificação no próprio programa. Para tal é necessário editar os ficheiros *data.h* e *Main.cpp* em que o primeiro configura as entidades da base de dados utilizadas no programa e o segundo associa-lhes uma identificação para utilização no programa. O projecto que serve de base de desenvolvimento possui funções de interacção com estas entidades, para nelas escrever ou ler o seu valor. É possível criar, através de programação adicional, funções que lidem com eventos particulares da actividade da CLP500, como falha de comunicações do processo com a CLP500, a paragem ou o arranque da própria CLP500 ou os eventos de *logon* e *logoff*.

O automatismo será configurado na base de dados da CLP500 através do caminho do seu ficheiro executável gerado após a compilação do projecto.

O código fonte do automatismo encontra-se no ficheiro *task0.cpp*. O seu conteúdo e organização geral apresenta-se na Figura 35.

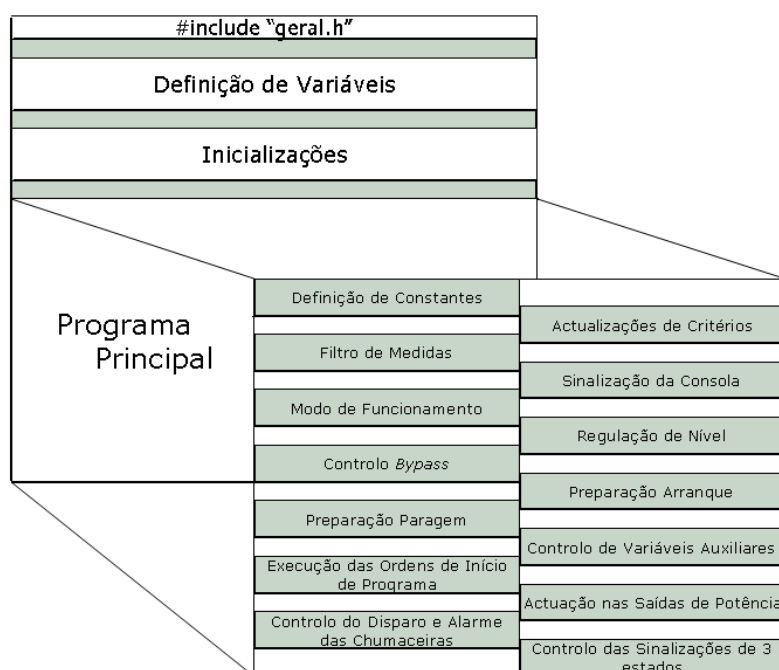


Figura 35 - Conteúdo e organização geral do código fonte do automatismo da CLP500

5.3.5.2. Código Fonte

A escrita do código fonte procurou seguir a estrutura do código fonte original, pelo que se encontram semelhanças entre a organização de ambos como, por exemplo, a existência de uma secção de código dedicada ao filtro de medidas que realiza em pleno as funções deste subsistema especificado no código original.

A redacção do código seguiu regras específicas que visam manter o código estruturado e facilitar a sua interpretação.

O código fonte ocupa 124KB um ficheiro de texto, com 4566 linhas de código.

Definição de Constantes

Tal como no código original, foi desenvolvido um mesmo programa para controlar as três centrais. A definição da central em aplicação é definida numa entidade da base de dados existente para o efeito, pelo que programa interpreta esse valor e determina as configurações internas específicas para essa central. A secção de código de definição de constantes permite realizar este mesmo passo configurando, entre outras variáveis, os níveis de água mínimos e máximos admissíveis ou o período do PWM de actuação das saídas de potência, entre outras configurações.

Actualização de Critérios

Como dito anteriormente, o automatismo da CLP500 auxilia o AGR500 e o FUNG500 na construção dos critérios de teste do AGR500. Assim, são controladas as seguintes entidades exclusivamente pelo automatismo:

- NIVEISPOTPAR
- NIVEISPOTARR
- TULTPG2PSS4

A primeira entidade é uma das condições de progressão do primeiro passo do programa de paragem normal do AGR500, que obriga a que a potência desça até níveis predeterminados antes de iniciar a sequência de paragem propriamente dita. A segunda entidade representa os níveis de potência que deverão ser atingidos no final do programa de arranque, após o que o programa deverá passar para o passo final de vigilância permanente. Já a terceira entidade representa uma condição de activação do tempo ultrapassado no quarto passo do programa de paragem normal: a entidade activa 60 segundos decorridos após o fecho do injectores e do deflector.

Também nesta secção se insere o código que controla o atraso de 4 segundos na transição entre passos do AGR500, inclusivamente na iniciação do primeiro passo a partir da fase de preparação do programa.

Filtro de Medidas

A implementação do filtro de medidas representa uma reprodução fiel das funções levadas a cabo por este subsistema no programa original, aqui reproduzidas em C++. São mantidas e igualmente controladas, portanto, algumas entidades da base de dados que alojam os resultados deste processamento, utilizadas para efeitos de exibição.

Sinalização da Consola

A actuação de alguns indicadores de estado do painel de controlo e de algumas entidades da base de dados não pode ser feita directamente pelo AGR500 pelo que necessitam do automatismo para o fazer. São controladas nesta secção:

- Indicador de condições de arranque
- Indicador de falta de critério e de tempo ultrapassado
- Indicador de arranque, paragem normal e paragem de emergência
- Indicador de fim de programa
- Controlo de algumas entidades da base de dados

As lâmpadas de falta de critério, tempo ultrapassado, arranque, paragem normal e de paragem de emergência do painel de controlo possuem três estados possíveis na versão original: acesas, apagadas, ou intermitentes. O AGR500 possui entidades que sinalizam todas estas situações, no entanto apenas a paragem de emergência é fielmente reproduzida por estas entidades uma vez que as outras lâmpadas possuem mais do que dois estados.

Existem entidades adicionais na base de dados que indicam estados não contemplados pelo AGR500 como a fase de preparação dos programas, em que se aguarda pela validação após selecção do programa pretendido.

Modo de Funcionamento

Esta secção de código é responsável por interpretar os comandos do painel de controlo e do comando à distância e, com base no estado do programa e do processo, determina as acções a tomar ou activa variáveis auxiliares internas de estado.

Assim, são determinados os modos de funcionamento *automático* ou *manual*, *local* ou *distância*, e são tomadas acções de sinalização destes estados, é determinado o programa seleccionado e, caso seja a paragem de emergência, o programa comuta imediatamente para o respectivo programa do AGR500. Todos os comandos do painel de controlo são, portanto, monitorizados, nomeadamente a validação, anulação, confirmação e o reconhecimento, e o programa aceita ou não esses comandos tendo em conta o estado do sistema.

Regulação de Nível

Nesta secção do código é controlado todo o processo de regulação de nível, tal como se encontra especificado no programa original. Para atingir este objectivo são utilizados artifícios à imagem do resto do programa mas que nesta secção se tornam, talvez, mais evidentes.

Um destes artifícios é a garantia de que o comando remoto dos grupos será feito exactamente da mesma forma com o mesmo sistema, apesar de estes serem dois sistemas (EFACEC e o actual) completamente diferentes, em termos de hardware e de software. No sistema anterior, cada comando com origem na central de telecomando possui uma entidade dedicada na base de dados. Para manter as características, foram criadas entidades na nova base de dados que são semelhantes a estas entidades e que são afectadas de igual forma de cada vez que é enviado o comando respectivo da central de telecomando da EFACEC. Geralmente, o sistema EFACEC dispensa estas entidades. Além disto, e para preservar a analogia, a sequência do controlo das entidades é mantida em relação à presente no código fonte original. Isto traz até benefícios imprevistos, como terá sido posteriormente verificado, ao se verificar a utilidade de partes do código original que à partida são intrigantes. Outro artifício interessante prende-se com a forma de activação das saídas de potência, como também já foi referido.

Também nesta parte do código se activam as sinalizações respectivas como a de regulação de nível *activa/inactiva*, e outras entidades de estado na base de dados.

Controlo da Válvula de Bypass

À semelhança da regulação de nível, também nesta secção é bem evidente o esforço de manter a estrutura idêntica à do código original, nomeadamente no controlo do setpoint e da forma de actuação na saídas de abertura da válvula, também por PWM. Todas as especificações são rigorosamente cumpridas.

Preparação do Arranque e da Paragem Normal

Esta secção do código cumpre uma especificação que o AGR500 não consegue cumprir, de garantir um período de validação da selecção do programa. É nesta secção que são avaliadas as condições de início do programa de arranque ou de paragem e é dada ordem de início o respectivo programa através da interpretação dos comandos e avaliação do estado do sistema.

Controlo de variáveis auxiliares

De forma a sustentar a estrutura do programa e a realizar a sincronização dos estados do sistema, existe uma porção de código dedicada a este efeito, não necessariamente aglomerada numa determinada zona com tem sido apresentado nas secções anteriores, mas sim disposta de forma distribuída pelo programa.

Por exemplo, são feitas as actualizações das variáveis de memória destinadas a identificar o estado anterior de uma determinada variável.

Actuação nas saídas de potência e válvula de bypass

As saídas que requerem uma actuação suave são actuadas de uma forma diferente da que o AGR500 permite, uma vez que requerem a modelação da largura de um impulso periódico a aplicar nos actuadores. A aplicação deste princípio recorre ao uso de contadores, que contam o tempo com base em incrementos de 100ms, que é o tempo de ciclo mínimo do automatismo da CLP500.

Controlo do Disparo e Alarme das Chumaceiras

Para desenvolver esta secção foi necessário implementar o fenómeno de histerese directamente no automatismo uma vez que se pretende monitorizar sempre o maior dos dois valores de temperatura de cada par de chumaceiras, e não estas medidas individualmente.

6. Teste e Depuração de Erros

A fase final do projecto consiste na validação da solução desenvolvida, fazendo uso de ferramentas que facilitem o próprio processo contínuo de depuração de erros e na definição de um conjunto de testes que permitam cobrir, tanto quanto possível, as situações a que o sistema poderá vir a ser sujeito. Este cuidado em definir ensaios em fábrica segue a linha da metodologia definida para este projecto, onde se procura garantir em cada passo a integridade e qualidade dos desenvolvimentos. Além disto, a criação de um plano de ensaios só virá a acelerar o processo ao permitir ao observador focar a atenção nos aspectos que se encontram em teste evitando que a sua atenção se disperse por vários aspectos simultâneos que, à partida, são necessários validar. Da mesma forma, é garantido que será coberto um maior número de aspectos relevantes, o que permite uma sessão de testes tão completa quanto mais cuidado for depositado na elaboração dos ensaios.

6.1. *Depuração de Erros*

A fase de desenvolvimento baseou-se na materialização das especificações retiradas do programa original, no entanto não se pode falar numa fase de testes como uma fase independente da fase de desenvolvimento. Na realidade, o desenvolvimento do programa recorre constantemente ao teste sucessivo dos módulos recém construídos do código de modo a assegurar a garantia de que as secções seguintes que assentam sobre estes módulos não irão falhar devido a desenvolvimentos anteriores. Esta é, aliás, uma das orientações sugeridas pela metodologia definida para este projecto.

Assim, por exemplo, a primeira fase do desenvolvimento do código começou por procurar interpretar os comandos do painel de controlo correctamente, verificar a situação actual do sistema e registar internamente, numa variável auxiliar, a alteração de estado que os referidos comandos provocam no sistema. Por exemplo, as seguintes variáveis auxiliares são controladas desta forma, e representam internamente os estados do sistema:

Tabela 16 - Exemplos de variáveis auxiliares internas de estado

Nome	Descrição	Estado 1	Estado 0
<i>modoop_aut</i>	Modo Automático/Manual	Automático	Manual
<i>modoop_dist</i>	Modo Distância/Local	Distância	Local
<i>reconhecimento</i>	Sinal de reconhecimento	Pedido de reconhecimento	Não há pedido de reconhecimento
<i>validacao</i>	Sinal de validação	Pedido de validação	Não há pedido de validação
<i>regniv</i>	Regulação de nível	Regulação de nível activada	Regulação de nível desactivada

A Figura 36 revela o ambiente de trabalho da CLP500 e a janela de debug do automatismo principal.

É necessário, antes de mais desenvolvimentos, garantir que este tipo de variáveis responde da forma esperada uma vez que todo o restante processo se baseará na informação que estas variáveis contiverem.

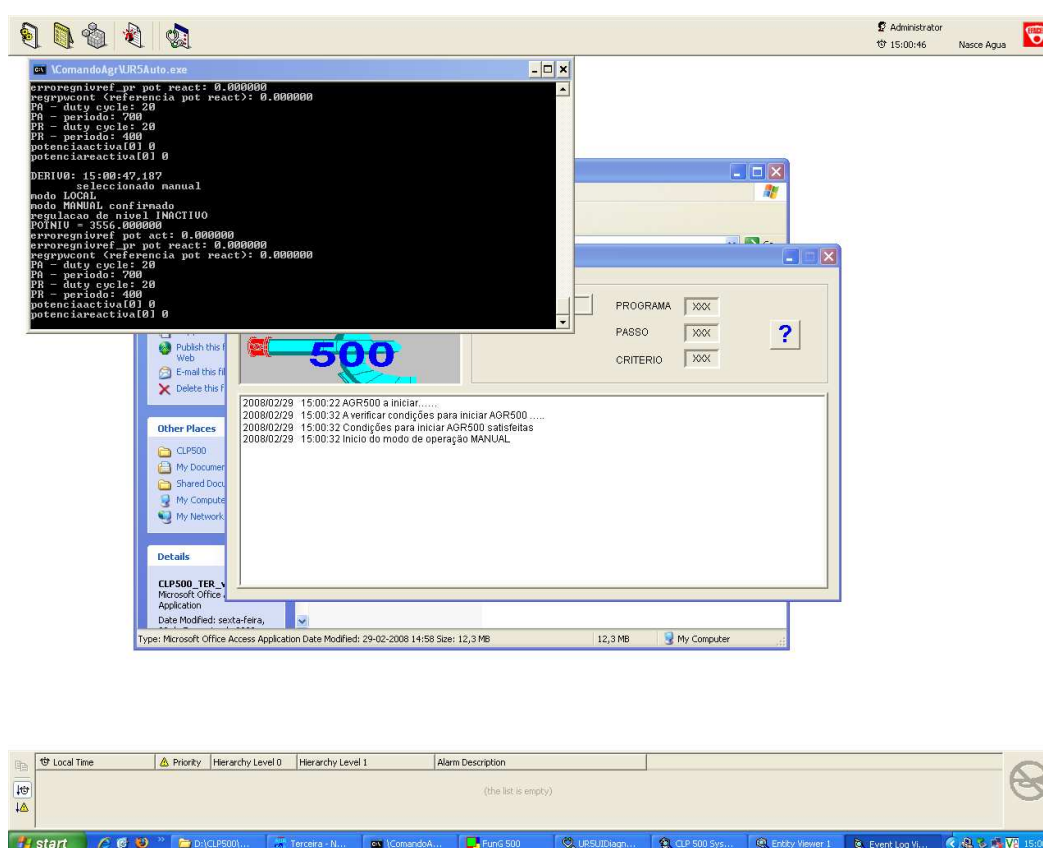


Figura 36 - Janela para depuração de erros do automatismo

Como ferramentas de detecção de erros e validação do programa, o CLP500 disponibiliza:

- Diagnostic Tool
- Entity Viewer
- Janela de “debug” do automatismo principal
- Sinópticos

Estas são aplicações ou características do próprio sistema da CLP500 de apoio ao desenvolvimento e manutenção que deverão servir a sessão de testes final. Após a conclusão do programa de controlo e das configurações inerentes da CLP500, reúnem-se as condições para um teste completo do programa, de natureza complementar aos testes realizados ao longo do seu desenvolvimento.

A fase de testes terá de colocar à prova todas as características esperadas do sistema de controlo, a sua interface com o utilizador e a sua fiabilidade às especificações definidas, de uma forma integrada e na tentativa de aproximar, tanto quanto possível, ao contexto real. Assim, para a fase de testes, é são preparados os seguintes ensaios:

6.2. Ensaios em Fábrica

Os ensaios de fábrica visam precisamente realizar a sessão de testes de forma a que os estímulos aplicados se assemelhem tanto quanto possível às situações a que o sistema de controlo poderá, e deverá eventualmente ser sujeito. Por isso, e recorrendo às ferramentas de diagnóstico e manutenção apresentadas anteriormente, se realizaram os ensaios que se apresentam nesta secção, particularmente com recurso ao sinóptico do painel de controlo. Os testes consideram-se um sucesso se a actuação nos comandos do painel de controlo gerar a resposta esperada no sistema de controlo, que por sua vez se pode observar através das entidades da base de dados, no *Entity Viewer*.

Os testes do sistema foram planeados de forma a validar as funções e características mais críticas e fundamentais de forma prioritária em relação às funções menos importantes para o sistema global.

No decorrer dos ensaios é ainda dissipada qualquer dúvida que pudesse eventualmente pairar sobre a validade do próprio programa original, já que o programa

que resultou das suas especificações se apresenta coerente com o contexto real de funcionamento.

6.2.1. Estrutura Fundamental do Programa

Como primeiro teste, o sistema irá ser sujeito a um teste das condições de funcionamento habituais. Ou seja, as centrais executam habitualmente os programas de arranque e de paragem sem interferências como, por exemplo, a anulação de programas, que é um evento raro ou a comutação automática para outros programas por questões de segurança. Além disto, só após a validação do seguimento rigoroso, por parte do sistema, das especificações originais referentes à evolução normal dos programas é que se podem testar outros aspectos do próprio sistema, o que acontece porque todo o esquema de funcionamento assenta nos programas e nos estados do sistema a eles associados. A Tabela 17 revela o ensaio planeado e executado.

Tabela 17 - Ensaio de estrutura fundamental

	Ensaio
	Controlo dos modos de operação automático/manual e local/distância
	Comutação para automático, em modo de espera
	Verificação da sinalização de condições de arranque
	Preparação do programa de arranque
	Início do programa de arranque
	Verificação da sinalização de fim de programa
	Preparação do programa de paragem
	Início do programa de paragem
	Verificação da sinalização de fim de programa e de condições de arranque

As primeiras características a serem testadas foram, pois, os modos de operação, premiando as botoneiras de *manual* e *automático* e esperando observar no sinóptico as sinalizações respectivas. Nesta fase, após a selecção do modo automático, testa-se se a sinalização das condições de arranque se encontra activa, como seria de esperar, visto que a base de dados se encontra configurada de forma a inicializar as entidades desta forma.

Estas condições podem ser alteradas para comprovar que apenas nessas condições se acende a sinalização de condições de arranque verificadas. O processo de teste decorre desta forma sistemática, executando os comandos e avaliando a reacção do sistema, comparando-a com a esperada.

Nesta fase, testa-se o estado de preparação dos programas, iniciado após a selecção de um programa. Este consiste num estado adicionado aos estados previstos do AGR500 e poderia ser uma das secções de código com maior probabilidade de problemas associados. Para bem do processo, a filosofia de desenvolvimento e teste simultâneos dá frutos ao fazer com que sejam descobertos francamente menos erros durante os testes finais do que na eventualidade de não existir esse cuidado durante o desenvolvimento. Terão sido encontrados alguns problemas de sincronização da preparação entre os dois programas possíveis que rapidamente foram resolvidos.

O decorrer dos passos descritos desenrola-se sem surpresas relevantes pelo que, ao terminar a última tarefa, se encontra a sinalização de condições de arranque activa.

Estes resultados não só provam o cumprimento das especificações retiradas do código fonte original como também dissipa as dúvidas que pudessem eventualmente recair sobre a integridade do próprio programa original. Este é, de resto, um objectivo da própria sessão de testes.

A evolução desta sessão de testes coincide deliberadamente com os hábitos de funcionamento do sistema real, tal como é utilizado durante a maioria do seu tempo de vida. Este modo de funcionamento, de forma geral, encontra-se para já garantido.

Alguns reparos podem ser feitos relativamente à pertinência de alguns testes, nomeadamente ao das condições de arranque, uma vez que erros decorridos na sua experimentação levaram à conclusão de que as entidades do AGR500 não eram suficientes para este efeito e para isto foi necessário um processamento adicional por parte da UC.

6.2.2. Funções Básicas Essenciais

Validada a estrutura de funcionamento do sistema de controlo, através dos seus passos e programas, é dado lugar ao teste de funções igualmente cruciais para o sistema,

garantindo funções de segurança e a correcta intervenção no processo durante a execução dos passos. Para este efeito foi planeado o ensaio encontrado na Tabela 18, apresentando-se também o sinóptico utilizado para o efeito na Figura 37 - Sinóptico do Painel de Controlo - modo manual. A Figura 38, por sua vez, revela a activação de um comando de arranque do grupo.

Tabela 18 - Ensaio de funções básicas essenciais

	Ensaio
	Início do programa de arranque sem condições iniciais
	Início do programa de arranque com condições iniciais
	Teste do intervalo de tempo entre passos
	Teste da activação dos comandos correctos durante os passos
	Verificação da inibição dos comandos em local/distância
	Iniciação do programa de paragem
	Teste da activação dos comandos correctos durante os passos
	Iniciação do programa de arranque
	Teste da paragem de emergência

Este ensaio começa por testar a tentativa de iniciação do programa de arranque sem condições de arranque, após prosseguindo com a execução normal do mesmo programa. Outros testes de segurança contemplam a avaliação da resposta à ordem de execução do programa de paragem de emergência, que deve ser instantânea, a inibição dos comandos cruzados dos modos de operação em *local* e *distância* e a verificação da activação dos comandos correctos cada passo do programa de arranque, do programa de paragem normal e do programa de paragem de emergência.

No âmbito deste último teste, é dada particular atenção à forma de actuação nas saídas de controlo de potência. Espera-se que, no penúltimo passo do programa de arranque, o sistema procure aumentar a potência produzida para atingir valores predeterminados. A observação das saídas de potência permite concluir que são

cumpridas todas as especificações, com o período e *duty cycle* correctos na actuação dos comandos de subida da potência activa e reactiva. De forma análoga, observou-se que no primeiro passo do programa de paragem são actuadas as saídas de descida das potências activa e reactiva segundo as especificações.

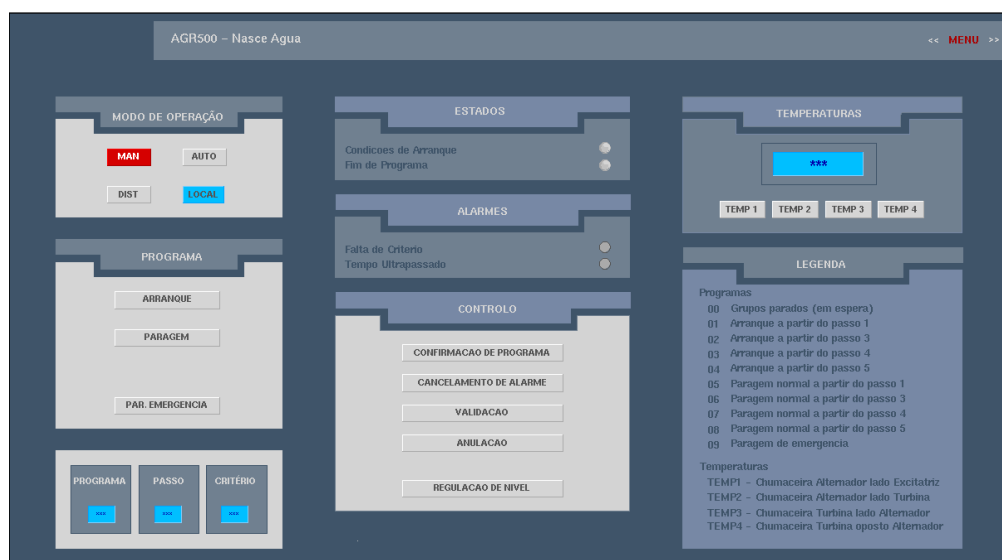


Figura 37 - Sinóptico do Pannel de Controlo - modo manual

Resultados inesperados foram encontrados quando se tentou executar a paragem de emergência quando em modo de espera, resultando num erro fatal do AGR500, que foi prontamente corrigido. De facto, um problema semelhante ocorre quando se tenta executar uma paragem nas mesmas condições. Estes problemas foram, naturalmente, resolvidos.

6.2.3. Alarmes e Pannel de Controlo

Naturalmente que os alarmes são merecedores do seu próprio plano de ensaios, consistindo estes uma parte significativa dos mecanismos de segurança do sistema de controlo. Alguns comandos do painel de controlo são também aqui testados, nomeadamente os que dizem respeito à operação dos alarmes, segundo o ensaio definido na Tabela 19 - Ensaio dos alarmes e de alguns comandos do painel de controlo

Algumas características da execução do programa que não foram previamente testadas por virem a dificultar a sua integração nos ensaios anteriores sem prejudicar os seus objectivos, são experimentadas neste ensaio. Aqui se testa a função de iniciação dos programas num passo avançado, com condições de arranque diferentes das que permitem executar o programa a partir do primeiro passo, o que é útil em ocasiões onde a execução do programa tenha sido interrompida num passo intermédio e novamente iniciada.

Tabela 19 - Ensaio dos alarmes e de alguns comandos do painel de controlo

	Ensaio
	Início do programa de arranque até um passo intermédio e anulação
	Teste das condições de arranque para um passo avançado do programa de arranque: nova selecção e execução do programa de arranque
	Continuação do programa até estado permanente
	Início do programa de paragem
	Teste do alarme de tempo ultrapassado
	Teste do reconhecimento, confirmação e funcionamento do alarme de tempo ultrapassado
	Teste do alarme de tempo ultrapassado em outros passos
	Início do programa de arranque
	Teste do alarme da falta de critério
	Teste do reconhecimento, confirmação e funcionamento do alarme de falta de critério
	Teste do alarme de falta de critério em outros passos
	Teste dos alarmes e disparos das chumaceiras

Os alarmes visíveis no painel de controlo são apenas dois: o de tempo ultrapassado e o de falta de critério. O teste envolve, no primeiro caso, abandonar um programa em execução num determinado passo e não activar as condições de progressão até surgir o alarme. O tempo que esse alarme demora a surgir deverá ser registado e comparado com o esperado. No segundo caso, durante a execução normal de um determinado passo, deverão ser deliberadamente alteradas as entidades na base de dados que activem a condição de falha de critério para o referido passo, altura em que deverá

surgir o alarme. A operação dos alarmes é feita de forma quase idêntica, pelo que durante a mesma se testam os comandos de *reconhecimento e confirmação de programa*.

Os alarmes devem ser provocados em mais do que um passo e deve ser assegurado que as condições que os originam coincidem exactamente com as esperadas.

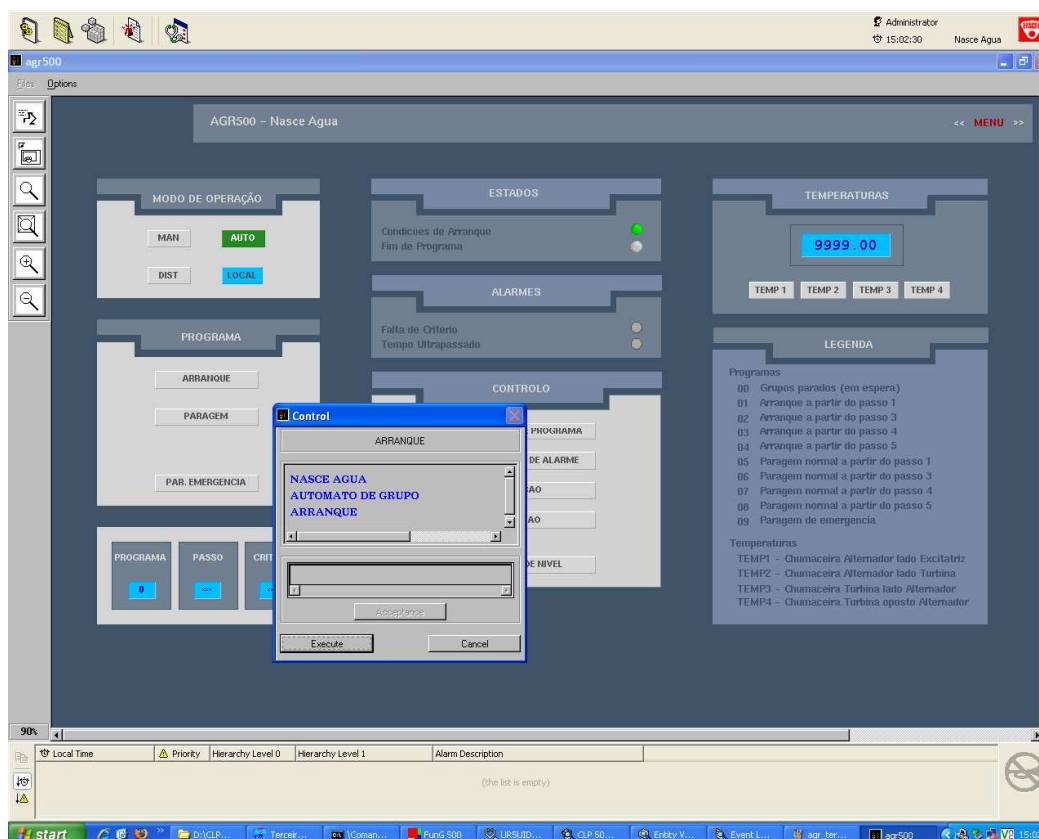


Figura 38 - Pedido de execução do programa de arranque

Todas estas condições se encontram, portanto, bem definidas para cada passo de cada programa. A validação prévia durante a configuração do FUNG500 dá garantias de as condições que originam os alarmes se encontrarem isentas de erros.

6.2.4. Comutações Automáticas

Um aspecto que requer particular atenção é a comutação automática entre programas, por iniciativa da unidade de controlo. Por razões evidentes, o lapso de alguma das condições associadas à comutação pode resultar em prejuízos consideráveis e por isso

este ensaio requer particular atenção a este detalhe. O planeamento do ensaio respectivo pode ser encontrado na Tabela 20.

Existem 5 passos do programa de arranque que definem condições de comutação para o programa de paragem normal e de emergência, e existem apenas 4 passos do programa de paragem que definem condições de comutação para o programa de paragem de emergência.

Todas estas condições, tal como de resto todos os restantes critérios (progressão e de vigilância) testados pelo AGR500, foram previamente testados e validados individualmente num processo de elevado consumo de tempo ao serem implementados através do FUNG500. Por esta razão, não se justifica que todos os passos de ambos os programas sejam testados, pelo que apenas alguns passos são sujeitos a experimentação. Como habitual, esta experiência utiliza a aplicação da CLP500, a *Diagnostic Tool* para forçar as entidades da base de dados aos estados pretendidos.

Tabela 20 - Ensaio das comutações automáticas

	Ensaio
	Início do programa de arranque
	Teste da comutação automática para programa de paragem normal
	Anulação do programa
	Início do programa de arranque
	Teste da comutação automática para programa de paragem normal em outro passo
	Anulação do programa
	Início do programa de arranque
	Teste da comutação automática para programa de paragem de emergência
	Anulação do programa
	Início do programa de arranque
	Teste da comutação automática para programa de paragem de emergência em outro passo

6.2.5. Regulação de Nível

O mecanismo de regulação do nível de água, representando na realidade um mecanismo de segurança, assume uma importância elevada tendo em conta que as centrais de S. J. de Deus e da Cidade permanecem, na realidade, neste modo de funcionamento durante a maior parte do seu período de funcionamento.

A sua forma de operação é distinta entre os modos de operação *local* e *distância*, pelo que ambos terão de ser experimentados. Além disto, deve ser testada a actuação nas saídas de potência e comprovada a correcta modulação da largura dos impulsos nestas saídas, de forma idêntica àquela realizada no ensaio da Tabela 21 para a subida e descida automática da potência nos programas de arranque e paragem.

Tabela 21 - Ensaio da regulação de nível

	Ensaio
	Início do programa de arranque até estado permanente
	Activação da regulação de nível em modo local
	Avaliação do comportamento dos controlos de potência
	Alteração dos valores de nível de água medidos
	Avaliação do comportamento dos controlos de potência
	Estabilização das medidas de nível de água nos valores de referência para controlo local
	Avaliação do comportamento dos controlos de potência
	Comutação para modo de operação <i>distância</i>
	Definição de setpoint de nível de água (só em Nasce Água)
	Avaliação do comportamento dos controlos de potência
	Estabilização das medidas de nível de água nos valores de referência para controlo local
	Avaliação do comportamento dos controlos de potência

Assim, quando é activada a regulação de nível em modo local o sistema começa por baixar a potência de produção (de momento em cerca de 75% da potência nominal, após o arranque) uma vez que o nível de água é demasiado baixo (configurado em cerca de 30% da capacidade) em relação aos 60% (S. J. Deus ou Cidade) de referência.

Seguidamente altera-se o nível de água para 90% e observa-se que, agora, o sistema tenta subir a potência de produção actuando nas respectivas saídas. Quando se força o nível de água suficientemente próximo de 60%, deixa de haver actuação nas saídas de controlo de potência, e mantém-se a taxa de produção de energia. Este resultado é esperado e significa que o programa cumpre as especificações. Em modo *distância*, a diferença assenta meramente no facto de que a referência do nível de água é dada pela central de telecomando.

6.2.6. Controlo da Válvula de *Bypass*

A simplicidade do controlo da válvula de *bypass* dispensa a criação de um plano de ensaios. Este teste exige apenas que o utilizador manipule o valor de referência da válvula de *bypass* e observe o comportamento dos comandos de abertura ou fecho da válvula. Este comportamento deve obedecer às especificações do período e do *duty cycle* esperados. Os resultados inspiram confiança para a instalação no terreno.

6.2.7. Filtro de Medidas

O teste do filtro de medidas nem sequer requer um planeamento específico como o que tem sido feito para os outros ensaios. Para a sua validação basta forçar valores nas entidades das entradas analógicas e apreciar a reacção das entidades derivadas (medidas) onde são guardados os resultados do filtro para cada uma dessas medidas.

O seu funcionamento corresponde, de facto, ao esperado e mais facilmente se reconhece a sua utilidade após este ensaio, apesar de estes resultados não serem necessários a nível local, mas apenas quando for instalado o centro de telecomando EFACEC.

7. Conclusões

O sucesso deste projecto é apreciável não apenas através do objectivo fundamental definido mas também através da forma como este foi conseguido. Tendo sido concretizado nas instalações da EFACEC este trabalho assumiu, como esperado, uma vertente muito prática.

De facto, sob o ponto de vista do objectivo principal, pode-se dizer que este terá sido alcançado ao resultar deste projecto um produto concebido exactamente segundo as especificações requeridas pelo cliente. Apesar de este sistema, até à data da conclusão deste documento, não ter sido ainda instalado nas centrais mini-hídricas, poderá ser caracterizado como um produto de qualidade atendendo à forma como foi concebido e assegurado o seu desenvolvimento e à validação a que foi posteriormente sujeito tendo passado nos testes que visam simular o contexto real. De facto, até à instalação, foram cumpridos todos os passos necessários e exigíveis para assegurar a sua qualidade e a sua adaptação ao meio.

Estas conclusões levam a pelo menos uma observação em relação à metodologia que se propôs seguir na execução deste projecto uma vez que só após a obtenção do produto final se permite a crítica das metodologias em que se apoiou o projecto. O princípio de assegurar a ausência de erros e de garantir a sua qualidade nos desenvolvimentos sucessivos dos módulos individuais permitiu evitar que os prazos de desenvolvimento se arrastassem para além do esperado sem que se acumulassem erros no programa de controlo, ainda que seja conseguido à custa de um maior controlo durante a fase de desenvolvimento que tornou mais pessimistas os prazos necessários para cada tarefa. A metodologia em linha com a anterior que sugere a forte consolidação das especificações do sistema retiradas a partir do programa original contribuiu igualmente para este resultado. Adicionalmente, e ainda em relação às metodologias respeitadas, se atribui mérito às orientações sugeridas pela *reengenharia de processos* através da qual se deu particular atenção às fases de análise qualitativa e à avaliação da adequação das soluções propostas ao problema em questão, bem como terá partido daqui a decisão de

assegurar um plano de trabalhos com definição de prazos e metas intermédias. A fase de testes e de avaliação da conformidade da solução com as expectativas é também sugerido pela mesma metodologia.

A mais-valia associada às metodologias adoptadas é, de resto, comprovada quando se verifica são pouco significativos e em pequena quantidade os erros que surgem durante a sessão de testes final, o que só indica que o controlo de qualidade dos processos resultou num produto final mais consistente.

Os desenvolvimentos da central do Faial são em tudo análogos aos da Terceira pelo que neste documento foi apresentado apenas o novo sistema das centrais Nasce Água, S. J. de Deus e Cidade. Aliás, com a experiência acumulada da configuração das centrais da Terceira, a configuração e desenvolvimento da central do Faial foi bastante mais rápida.

Em suma, o produto final revela-se satisfatório o que é sem dúvida resultado nomeadamente da aplicação de uma metodologia de trabalho. Espera-se que este esforço global sirva de inspiração a outros projectos que visem organizar os seus esforços com uma maior garantia de um resultado de qualidade, nomeadamente em relação a outros projectos de natureza semelhante.

Este projecto trouxe benefícios não só ao cliente que requisitou o serviço e à EFACEC, que viu o trabalho ser executado nomeadamente em seu nome, mas principalmente ao próprio projecto que viu inequivocamente validada a qualidade do seu método de planeamento e execução o que nomeadamente sustenta uma das principais conclusões desta tese: a de que as metodologias de trabalho se reflectem na qualidade do trabalho desenvolvido.

Referências

- [1] Davenport, Thomas H. “Reengenharia de processos : como inovar na empresa através da tecnologia da informação”, 1994.
- [2] Freitas, José Alberto Quintal de ”A melhoria contínua e a re-engenharia de processos no aumento da flexibilidade e reactividade numa empresa de fabricação discreta”, 1996.
- [3] McClure, Carma “The Three Rs of Software Automation : Re-engineering. Repository. Reusability.”, 1992.
- [4] Valenti, Sal “Successful software reengineering”, 2002.
- [5] Otto, Kevin N. e Wood, Kristin L. “Product design: techniques in reverse engineering and new product development”, 2001.
- [6] Flores, Nuno Honório Rodrigues “Engenharia reversa de padrões em arquitecturas reutilizáveis”, 2005.
- [7] Morujão, André Filipe Mendes “FAB300 reverse engineering at Qimonda Portugal S.A.”, 2006
- [8] Ângelo, Rui Sérgio Marques “Gestão da qualidade na concepção e no projecto”, 2001.
- [9] Pires, António Ramos “Qualidade : sistemas de gestão da qualidade”, 2004.
- [10] Guedes, Júlio Manuel Faceira “Gestão da Qualidade”, 2000.
- [11] DQMF – Formação Profissional, Lda. “Qualidade”, 2003.
- [12] EDA “Manual do Operador”
- [13] EFACEC “URT500 – Manual do Produto – Descrição Geral da URT500”
- [14] EFACEC “URT500 – Manual do Produto – Unidade Central”
- [15] EFACEC “URT500 – Manual do Utilizador – Unidade Central”
- [16] EFACEC “URT500 – Manual do Integrador de Sistemas – Unidade Central”
- [17] EFACEC “URT500 – Manual do Integrador de Sistemas – HMI da Unidade Central”
- [18] EFACEC “Manual do AGR500 – Autómato de Grupo”
- [19] EFACEC “Manual do FUNG500”

Anexos

Figuras

DESCRIÇÃO	TIPO	GRUPO_LOG	COMUNICA	SINAL_Nº	FUNÇÃO	RACK_Nº	MODULO_Nº	BIT_Nº	CLASSE
MEMÓRIA PROGRAMA 1 SELECIONADO	PERM.	600	PLC	1	INT. TSK 2	0	0	0	NDEV
MEMÓRIA PROGRAMA 1 EM EXECUÇÃO	PERM.	600	PLC	2	INT. TSK 2	0	0	1	NDEV
MEMÓRIA PASSO 1 PROG.1	PERM.	600	PLC	3	INT. TSK 2	0	0	2	NDEV
MEMÓRIA PASSO 2 PROG.1	PERM.	600	PLC	4	INT. TSK 2	0	0	3	NDEV
MEMÓRIA PASSO 3 PROG.1	PERM.	600	PLC	5	INT. TSK 2	0	0	4	NDEV
MEMÓRIA PASSO 4 PROG.1	PERM.	600	PLC	6	INT. TSK 2	0	0	5	NDEV
MEMÓRIA PASSO 5 PROG.1	PERM.	600	PLC	7	INT. TSK 2	0	0	6	NDEV
MEMÓRIA PASSO 6 PROG.1	PERM.	600	PLC	8	INT. TSK 2	0	0	7	NDEV
MEMÓRIA PROG.1 PASSO RESERVA	PERM.	601	PLC	9	INT. TSK 2	0	0	0	NDEV
MEMÓRIA PROGRAMA 2 SELECIONADO	PERM.	601	PLC	10	INT. TSK 2	0	0	1	NDEV
MEMÓRIA PROGRAMA 2 EM EXECUÇÃO	PERM.	601	PLC	11	INT. TSK 2	0	0	2	NDEV
MEMÓRIA PASSO 1 PROG.2	PERM.	601	PLC	12	INT. TSK 2	0	0	3	NDEV
MEMÓRIA PASSO 2 PROG.2	PERM.	601	PLC	13	INT. TSK 2	0	0	4	NDEV
MEMÓRIA PASSO 3 PROG.2	PERM.	601	PLC	14	INT. TSK 2	0	0	5	NDEV
MEMÓRIA PASSO 4 PROG.2	PERM.	601	PLC	15	INT. TSK 2	0	0	6	NDEV
MEMÓRIA PASSO 5 PROG.2	PERM.	601	PLC	16	INT. TSK 2	0	0	7	NDEV
MEMÓRIA PASSO 6 PROG.2	PERM.	602	PLC	17	INT. TSK 2	0	0	0	NDEV
MEMÓRIA PROGRAMA 3 SELECIONADO	PERM.	602	PLC	18	INT. TSK 2	0	0	1	NDEV
MEMÓRIA PROGRAMA 3 EM EXECUÇÃO	PERM.	602	PLC	19	INT. TSK 2	0	0	2	NDEV
MEMÓRIA PROG.3 PASSO RESERVA	PERM.	602	PLC	20	INT. TSK 2	0	0	3	NDEV
RESET GERAL DE PROGRAMAS	PERM.	604	PLC	38	INT. TSK 2	0	0	5	NDEV
PISCA P/COMANDO.POTENCIA ACTIVA	PERM.	604	PLC	39	INT. TSK 2	0	0	6	NDEV
RESERVA SINAIS INTERN.TASKS FUP	PERM.	604	PLC	40		0	0	7	NDEV
PISCA P/COMANDO REGUL.POT.REACTIVA	PERM.	605	PLC	45	INT. TSK 2	0	0	4	NDEV
PISCA P/COMANDO VÁLVULA DE BY-PASS	PERM.	605	PLC	46	INT. TSK 2	0	0	5	NDEV
ANULAÇÃO DE PROGRAMA*	PERM.	606	TLT	49	IMPULSW FUP	0	0	0	NDEV
SELECÇÃO PROGRAMA 1*	PERM.	607	TLT	50	IMPULSW FUP	0	0	0	NDEV
SELECÇÃO PROGRAMA 2*	PERM.	608	TLT	51	IMPULSW FUP	0	0	0	NDEV
SELECÇÃO PROGRAMA 3*	PERM.	609	TLT	52	IMPULSW FUP	0	0	0	NDEV
RESERVA COMANDOS P160	PERM.	610	TLT	53		0	0	0	NDEV
VALIDAÇÃO DO PROGRAMA*	PERM.	611	TLT	54	IMPULSW FUP	0	0	0	NDEV
CONFIRMAÇÃO DE PROGRAMA*	PERM.	612	TLT	55	IMPULSW FUP	0	0	0	NDEV
BLOQUEIO DA REGULAÇÃO DE NÍVEL*	PERM.	613	TLT	56	IMPULSW FUP	0	0	0	NDEV
DESBLOQ. DA REGULAÇÃO DE NÍVEL*	PERM.	614	TLT	57	IMPULSW FUP	0	0	0	NDEV
RESERVA COMANDOS P160	PERM.	615	TLT	58		0	0	0	NDEV
RECONHECIMENTO ALARMES AUT#MATO*	PERM.	616	TLT	59	IMPULSW FUP	0	0	0	NDEV
RESERVA COMANDOS P160	PERM.	617	TLT	60		0	0	0	NDEV
PREPARAÇÃO PROGRAMA 1	SIM	622	TLT	65	ACTIV.=1	0	0	0	VT-0
PREPARAÇÃO PROGRAMA 2	SIM	623	TLT	66	ACTIV.=1	0	0	0	VT-0
SINALIZAÇÃO PROGRAMA 1	SIM	626	TLT	69	ACTIV.=1	0	0	0	VT-0
SINALIZAÇÃO PROGRAMA 2	SIM	627	TLT	70	ACTIV.=1	0	0	0	VT-0
SINALIZAÇÃO PROGRAMA 3	SIM	628	TLT	71	ACTIV.=1	0	0	0	VT-0
SINALIZAÇÃO FIM PROGRAMA	SIM	632	TLT	75	ACTIV.=1	0	0	0	VT-0
EXISTÊNCIA DE CONDIÇÕES P/ARRANQUE	SIM	633	TLT	76	CONDARRQ=1	0	0	0	VT-0
FALTA DE CRITÉRIO	SIM	634	TLT	77	ALARME=1	0	0	0	VT-0
TEMPO ULTRAPASSADO	SIM	635	TLT	78	ALARME=1	0	0	0	VT-0
AUT#MATO DE GRUPO ALARME	SIM	636	TLT	79	ALARME=1	0	0	0	VT-0
MOD. OPERAÇÃO AUTOMÁTICO	SIM	637	TLT	80	MAN=0/AUT.=1	0	0	0	VT-0
MOD. OPERAÇÃO DISTÂNCIA (P 160)	SIM	638	TLT	81	LOC=0/DIST=1	0	0	0	VT-0
BLOQUEIO REGULAÇÃO NÍVEL	SIM	639	TLT	82	BLOQ=0	0	0	0	VT-0
PARAGEM EMERG.P/PROTECÇ.ELÉCTRICAS	SIM	645	TLT	88	DISP.=1	0	0	0	VT-0

Figura 39 - Tabela de digitais virtuais da ilha Terceira

DESCR_POR	TIPO	USO_INTER	COMUNICA	RACK_NR	MODUL_NR	BIT_NR	GRUPO_LOG	SINAL_NR	DESCR_FUNC	CLASSE	ALAPRI
PARAGEM EMERG.P/PROTECÇ.MECÂNICAS	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	3	0	100	1	PAR=0	VT-0	7
PARAGEM EMERG.P/PROTECÇ.ELECTRICAS	SS	PLC	PROCESS	2	3	1	101	2	PAR=0	VT-0	
DISPARO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DC	SS	TLT	PROCESS	2	3	2	102	3	DISP=0	VT-0	7
TEMPERATURA TRANSFORMADOR ALARME	SS	TLT	PROCESS	2	3	3	103	4	AL=0	VT-0	7
ALARME SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DC	SS	TLT	PROCESS	2	3	4	104	5	AL=0	VT-0	7
SINCRONIZAÇÃO EM AUTOMÁTICO	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	3	5	105	6	AUT=1	VT-0	0
PRESSÃO BAKA FLEO REGULAÇÃO	SS	PLC	PROCESS	2	3	6	106	7	OK=1	VT-0	
DETECÇÃO DE REDE ISOLADA (DTL)	SS	TLT	PROCESS	2	3	7	107	8	RI=0	VT-0	7
ALARME MECÂNICO AGRUPADO	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	3	8	108	9	AL=0	VT-0	7
INJECTOR FECHADO	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	3	9	109	10	FC=1	VT-0	0
VELOCIDADE ZERO	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	3	10	110	11	VEL0=1	VT-0	0
VELOCIDADE SINCRONIZAÇÃO	SS	PLC	PROCESS	2	3	11	111	12	VELSINC=1	VT-0	
REGULADOR DE VELOCIDADE PRONTO	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	3	12	112	13	OK=1	VT-0	0
DEFLECTOR FECHADO	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	3	13	113	14	FC=1	VT-0	0
BOMBA DE FLEO LIGADA	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	3	14	114	15	LIG=1	VT-0	0
REGULADOR DE TENSÃO EM AUTOMÁTICO	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	3	15	115	16	AUT=1	VT-0	0
POTENCIOMETRO REGUL.TENSÃO POS.MIN.	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	4	0	116	17	MIN=1	VT-0	0
TENSÃO DO ALTERNADOR ACEITÁVEL	SS	PLC	PROCESS	2	4	1	117	18	OK=1	VT-0	
DISJUNTOR EXCITAÇÃO FECHADO	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	4	2	118	19	FC=1	VT-0	0
ALARME SISTEMA COMANDO VÁLVUL.TOPO	SS	TLT	PROCESS	2	4	3	119	20	AL=0	VT-0	7
SECCION. TRANSFORMADOR FECHADO	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	4	4	120	21	FC=1	VT-0	0
SECCIONADOR SAÍDA 1 FECHADO	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	4	5	121	22	FC=1	VT-0	0
SECCIONADOR SAÍDA 2 FECHADO	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	4	6	122	23	FC=1	VT-0	0
FLUX.ÁGUA LUBRIF.CHUMAC.(Sf.N.ÁGUA)	SS	PLC	PROCESS	2	4	7	123	24	OK=1	VT-0	
VÁLV. ADMISS.GRUPO ABERTA (T=15s")	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	4	8	124	25	AB=1	VT-0	7
VÁLVULA DE ADMISSÃO GRUPO FECHADA	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	4	9	125	26	FC=1	VT-0	7
DISJUNTOR GRUPO ABERTO	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	4	10	126	27	AB=1	VT-0	7
DISJUNTOR GRUPO FECHADO	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	4	11	127	28	FC=1	VT-0	7
DISJUNTOR 400V TRANSFORMADOR ABERTO	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	4	12	128	29	AB=1	VT-0	7
DISJUNTOR 400V TRANSFORMAD. FECHADO	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	4	13	129	30	FC=1	VT-0	7
DISJUNTOR 15KV TRANSFORMADOR ABERTO	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	4	14	130	31	AB=1	VT-0	7
DISJUNTOR 15KV TRANSFORMAD. FECHADO	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	4	15	131	32	FC=1	VT-0	7
DISJUNTOR GRUPO 2 ABERTO	SS	TLT	PROCESS	2	5	0	132	33	AB=1	VT-0	7
DISJUNTOR GRUPO 2 FECHADO	SS	TLT	PROCESS	2	5	1	133	34	FC=1	VT-0	7
VÁLVULA DE TOPO ABERTA (Sf.N.ÁGUA)	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	5	2	134	35	AB=1	VT-0	7
VÁLVULA DE TOPO FECHADA (Sf.N.ÁGUA)	SS	PLC+TLT	PROCESS	2	5	3	135	36	FC=1	VT-0	7
VÁLVULA DE BY-PASS FECHADA	SS	PLC	PROCESS	2	5	4	136	37	AB=0	VT-0	0
VÁLVULA DE BY-PASS DISPARO/FALHA AC	SS	TLT	PROCESS	2	5	5	137	38	AL=0	VT-0	7
CODIFICAÇ.INTERNA GRUPOCENTRAL *)	SS	PLC	PROCESS	2	5	6	138	39		VT-0	
CODIFICAÇ.INTERNA GRUPOCENTRAL *)	SS	PLC	PROCESS	2	5	7	139	40		VT-0	
VÁLVUL.ADMISS.GRUPO ABERTA **)	SS	PLC	PROCESS	2	5	8	140	41	AB=1	VT-0	
RESERVA PROCESSO	SS		PROCESS	2	5	9	141	42		VT-0	
TESTE DE LÂMPADAS	SS	PLC	CONSOLA	2	6	0	180	49	IMPUL	NOEV	
VALIDAÇÃO DO PROGRAMA	SS	PLC	CONSOLA	2	6	1	180	50	IMPUL	NOEV	
ANULAÇÃO DO PROGRAMA	SS	PLC	CONSOLA	2	6	2	180	51	IMPUL	NOEV	
CONFIRMAÇÃO DO PROGRAMA	SS	PLC	CONSOLA	2	6	3	180	52	IMPUL	NOEV	
RECONHECIMENTO DE ALARME	SS	PLC	CONSOLA	2	6	4	180	53	IMPUL	NOEV	
RESERVA CONSOLA	SS	PLC	CONSOLA	2	6	7	180	56		NOEV	
PROGRAMA 1 - ARRANQUE DO GRUPO	SS	PLC	CONSOLA	2	6	8	180	57	IMPUL	NOEV	
PROGRAMA 2 - PARAGEM DO GRUPO	SS	PLC	CONSOLA	2	6	9	180	58	IMPUL	NOEV	
PROGRAMA 3 - PARAGEM DE EMERGÊNCIA	SS	PLC	CONSOLA	2	6	10	180	59	IMPUL	NOEV	
REGULAÇÃO DE NÍVEL	SS	PLC	CONSOLA	2	6	11	180	60	IMPUL	NOEV	
MOD. OPERAÇÃO DISTÂNCIA	SS	PLC	CONSOLA	2	6	12	180	61	IMPUL	NOEV	
MOD. OPERAÇÃO LOCAL	SS	PLC	CONSOLA	2	6	13	180	62	IMPUL	NOEV	
MOD. OPERAÇÃO AUTOMÁTICO	SS	PLC	CONSOLA	2	6	14	180	63	IMPUL	NOEV	
MOD. OPERAÇÃO MANUAL	SS	PLC	CONSOLA	2	6	15	180	64	IMPUL	NOEV	

Figura 40 - Tabela original de digitais da ilha Terceira

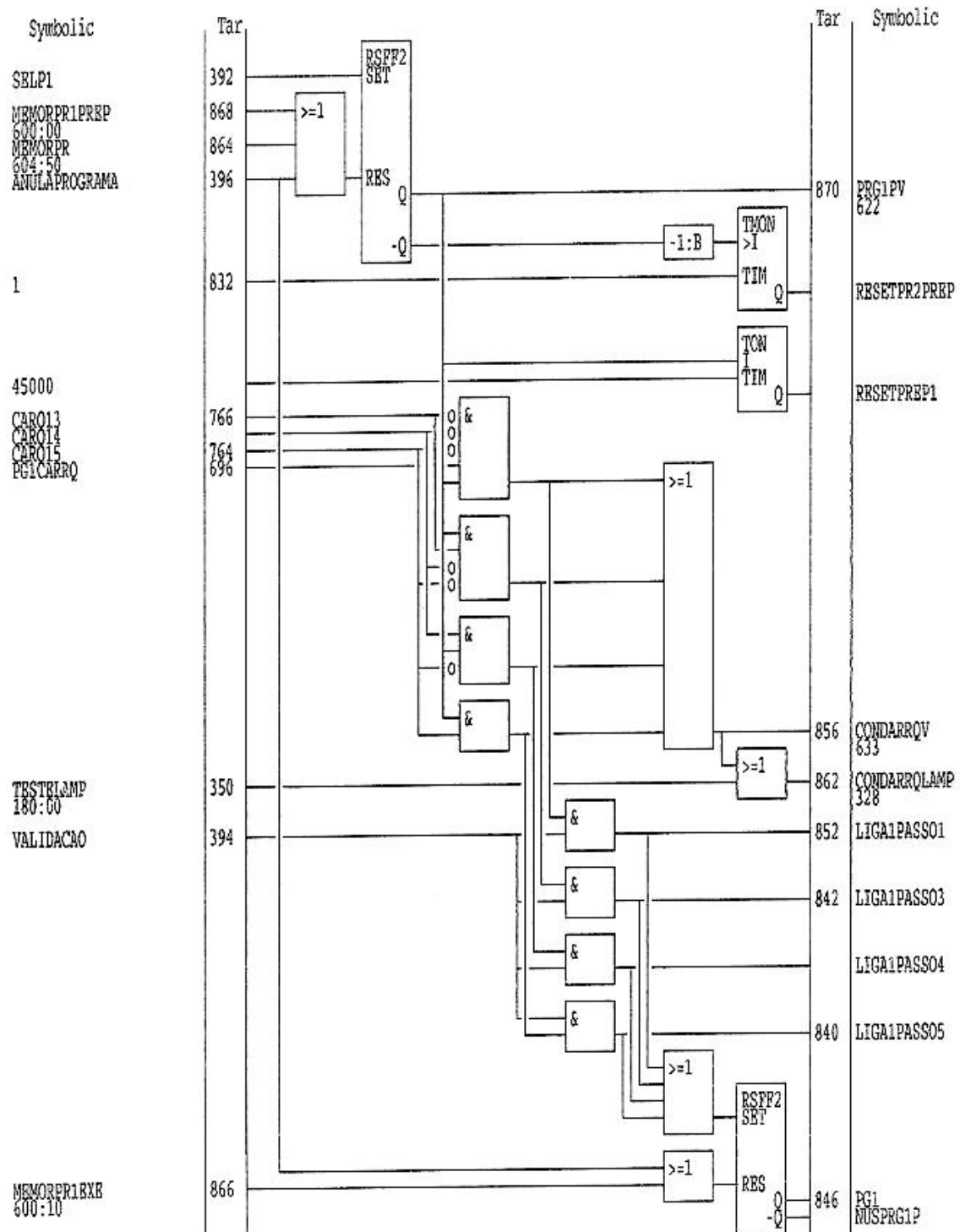


Figura 41 - Preparação do programa de arranque das centrais da ilha Terceira

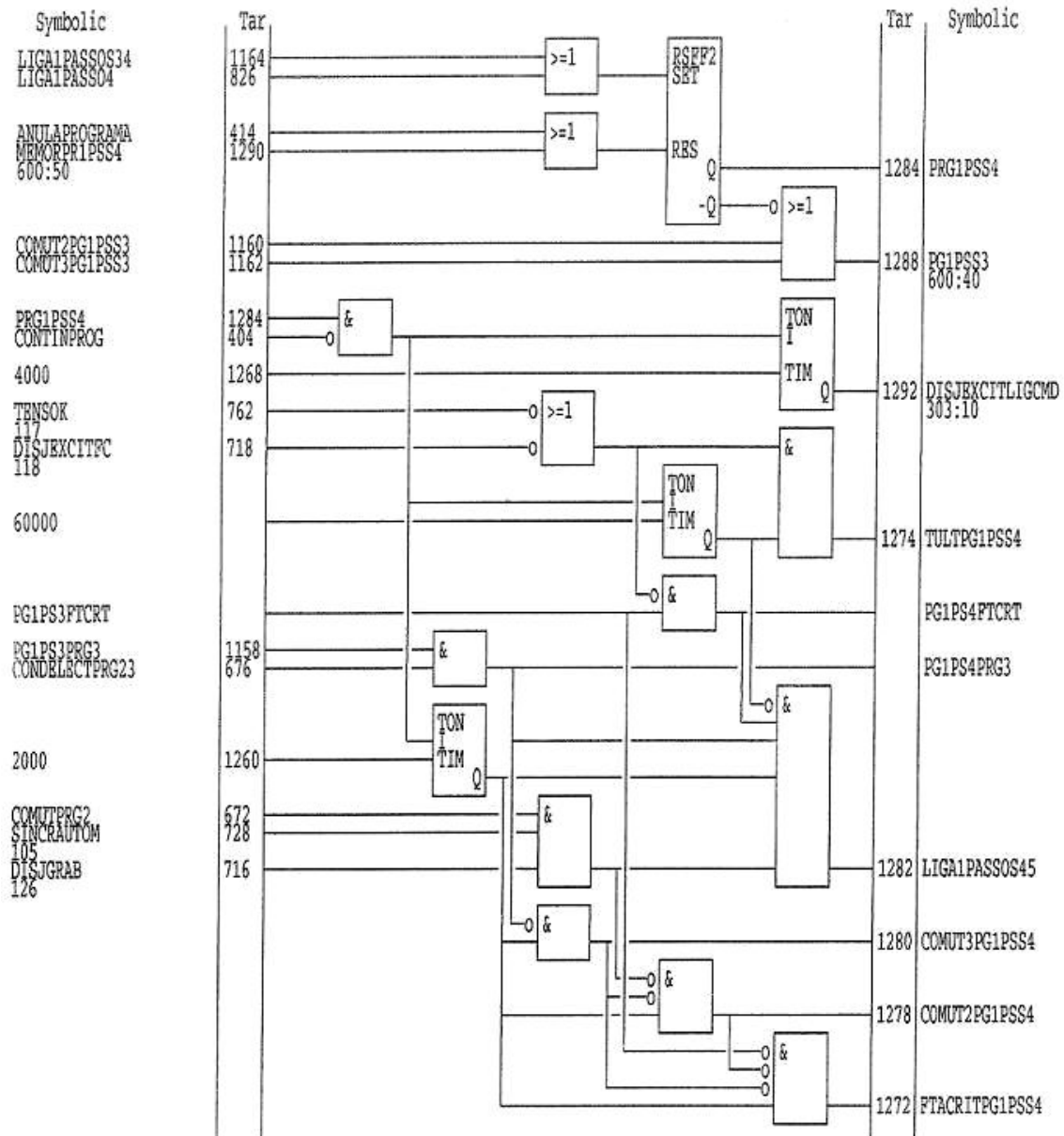


Figura 42 - Código relativo ao passo 4 do programa de arranque das centrais da ilha Terceira

```

d_sm0=D1.AGR.MAN      ; digital activa quando modo é MANUAL
d_sm1=
d_sm2=
d_sm3=D1.AGR.AUT      ; digital activa quando modo é AUTOMATICO
d_p00=D1.AGR.PROG00   ; digital activa quando programa é 00
d_p01=D1.AGR.PROG01   ; digital activa quando programa é 01
d_p02=D1.AGR.PROG02   ; digital activa quando programa é 02
d_p03=D1.AGR.PROG03   ; digital activa quando programa é 03
d_p04=D1.AGR.PROG04   ; digital activa quando programa é 04
d_p05=D1.AGR.PROG05   ; digital activa quando programa é 05
d_p06=D1.AGR.PROG06   ; digital activa quando programa é 06
d_p07=D1.AGR.PROG07   ; digital activa quando programa é 07
d_p08=D1.AGR.PROG08   ; digital activa quando programa é 08
d_p09=D1.AGR.PROG09   ; digital activa quando programa é 09
d_p10=D1.AGR.PROG10   ; digital activa quando programa é 10
d_p11=D1.AGR.PROG11   ; digital activa quando programa é 11
d_p12=D1.AGR.PROG12   ; digital activa quando programa é 12
d_p13=D1.AGR.PROG13   ; digital activa quando programa é 13
d_p14=D1.AGR.PROG14   ; digital activa quando programa é 14
d_p15=D1.AGR.PROG15   ; digital activa quando programa é 15
d_p16=D1.AGR.PROG16   ; digital activa quando programa é 16
d_p17=D1.AGR.PROG17   ; digital activa quando programa é 17
d_p18=D1.AGR.PROG18   ; digital activa quando programa é 18
d_p19=D1.AGR.PROG19   ; digital activa quando programa é 19
d_p20=D1.AGR.PROG20   ; digital activa quando programa é 20
d_p21=D1.AGR.PROG21   ; digital activa quando programa é 21
d_pauseon=D1.AGR.PAUSA ; digital activa quando está em PAUSA
d_state0=D1.AGR.FIMPROG ; digital activa quando o programa atinge o final
d_state1=
d_startcond0=D1.AGR.CP0 ; digital activa quando condições iniciais OK de acordo com o passo 0
d_startcond1=D1.AGR.CP1 ; digital activa quando condições iniciais OK de acordo com o passo 1
d_startcond2=D1.AGR.CP2 ; digital activa quando condições iniciais OK de acordo com o passo 2
d_startcond3=D1.AGR.CP3 ; digital activa quando condições iniciais OK de acordo com o passo 3
d_startcond4=D1.AGR.CP4 ; digital activa quando condições iniciais OK de acordo com o passo 4
d_startcond5=D1.AGR.CP5 ; digital activa quando condições iniciais OK de acordo com o passo 5
d_alarm0=D1.AGR.COMINT ; digital activa quando controlo é interdito
d_alarm1=D1.AGR.EXTIND ; digital activa quando estado do grupo é indefinido
d_alarm2=D1.AGR.PAUFAL ; digital activa quando agr entra em PAUSA por falha de critério
d_alarm3=D1.AGR.FALCVIG ; digital activa quando critério de vigilância falha
d_alarm4=D1.AGR.FALCPRG ; digital activa quando critério de progressão falha
d_alarm5=
d_alarm6=
a_po0.0=
a_po1.0=
a_state0=M1.AGR.PROG   ; medida do programa corrente
a_state1=M1.AGR.PASSO   ; medida do passo corrente
a_state2=M1.AGR.CRITERIO ; medida do critério corrente
d_critfail000=D1.AGR.FCRIT000 ; digital activa quando critério xxx falha ...
d_critfail001=D1.AGR.FCRIT001

```

Figura 43 - Excerto do ficheiro de configuração do AGR500 para centrais da Terceira

Figura 44 - Tabela de configuração das funções lógicas do FUNG500