

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

**TELEGESTÃO DE UMA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
E DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS**

Carlos Eduardo Ribeiro da Cunha

Licenciado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos
do grau de mestre no
Mestrado em Automação, Instrumentação e Controlo

Dissertação realizada sob a supervisão de
Professor Doutor Joaquim Gabriel Magalhães Mendes
do Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial
e pelo
Professor Doutor António Paulo Gomes Mendes Moreira
do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Porto, Março de 2007

RESUMO

Os elevados padrões de qualidade que caracterizam os serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Albergaria-a-Velha (SMAS), o aumento das exigências impostas pela nova legislação e a necessidade de redução dos custos operacionais e optimização dos recursos, levaram os SMAS a investir num sistema de monitorização e controlo remoto das infra-estruturas existentes.

Acresce que as necessidades de manutenção e expansão das actuais redes de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais, tornam imperativa reestruturação dos serviços com vista a uma melhor satisfação dos clientes.

Os SMAS de Albergaria-a-Velha pretendem monitorizar e controlar um total de onze reservatórios de abastecimento água, seis captações, três centrais hidropressoras, dezoito zonas de medição e controlo, quinze estações elevatórias de saneamento e duas estações de tratamento de águas residuais. Após uma análise económica do investimento associado à implementação deste projecto, decidiu-se implementar um sistema piloto de modo a validar a solução proposta e a optimizar o investimento global. É este sistema piloto que será descrito nesta dissertação. Foram desenvolvidos os projectos eléctricos, o software de controlo das unidades remotas (PLC), o software de supervisão, controlo e aquisição de dados (SCADA em Delphi) e a ligação entre estes utilizando comunicações móveis (GPRS).

Este sistema incluiu o controlo e a monitorização de duas captações de águas subterrâneas, uma captação de água superficial, dois reservatórios, uma estação elevatória de águas residuais, uma zona de medição e controlo, e um conjunto de válvulas pneumáticas para controlo de fluxo.

O sistema piloto de telegestão implementado, e em funcionamento desde Outubro de 2006, permitiu atingir os objectivos propostos e demonstrou ser uma solução eficaz para a gestão destas infra-estruturas.

ABSTRACT

The high standards of quality that characterize the municipal services of Albergaria-a-Velha, the increasing low demands shown from the new law and the necessity for the reduction of operational costs and optimization of the resources, led the SMAS to invest in a system for monitoring and controlling remotes of existing infrastructures. Moreover, the needs for maintenance and the expansion of the existing networks of water supply and wastewater drainage makes imperative restructuring the services in order to better satisfaction of the clients.

The municipal services of Albergaria-a-Velha want to monitor and control a total of eleven water supply reservoirs, six catchments, three pressure-generating plants, eighteen measuring and control areas, fifteen sewage lift stations and two wastewater treatment plants. After an economic analysis of the investment associated with the implementation of this project, it was decided to implement a pilot system in order to validate the proposed solution and optimize the global investment. Is this pilot system that will be described in this dissertation.

In this work there were developed electrical projects, the control software of remote units (PLC) and the supervision, control and data acquisition software in Delphi (SCADA) and the connection of this using mobile communication (GPRS).

This system includes the control and the monitoring of two groundwater catchments, a surface water catchment, two reservoirs, a wastewater lift station, a measuring and control area and a set of pneumatic valves for flow control.

The pilot system is implemented and running since October 2006 and enable SMAS to achieve the objectives. This approach has shown to be a good solution for the management of these infrastructures.

Índice

1	CAPÍTULO – Introdução	13
1.1	Motivação	14
1.2	Objectivos gerais	15
1.3	Organização da Dissertação	16
2	CAPÍTULO – Ciclo da água numa rede de distribuição	17
2.1	Captação de águas subterrâneas	19
2.2	Captação de águas superficiais	20
2.3	Adução.....	20
	Adução por gravidade	21
	Adução por elevação	21
2.4	Desinfecção e tratamento da água	22
2.4.1	Desinfecção por utilização de cloro	22
2.4.2	Desinfecção por utilização de luz ultravioleta	24
2.4.3	Desinfecção por pasteurização	24
2.4.4	Desinfecção por destilação solar.....	24
2.5	Sistemas de armazenamento e de distribuição de água.....	24
	2.5.1 Zonas de Medição e Controlo (Z.M.C.) [4]	25
3	CAPÍTULO – Meios de comunicação	31
3.1	GSM	32
3.2	GPRS	33
3.3	WLAN.....	34
3.4	Comunicação via Rádio	34
3.5	WiMAX.....	35
4	CAPÍTULO - Sistema de Telegestão	37
4.1	Arquitectura do sistema de Telegestão	38
4.2	Sistema de comunicações	40
4.3	Alguns exemplos de sistemas de Telegestão	40
	4.3.1 Sistema de Telegestão da SimRia [15]	40
	4.3.2 Sistema de Telegestão Águas do Cavado [16].....	41
	4.3.3 Sistema de Telegestão dos Serviços Municipalizados de Loures [12].....	41
	4.3.4 Sistema de Telegestão das Águas do Zêzere e Côa, S.A. [19]	42
	4.3.5 Sistema de Telegestão das Águas do Algarve [14]	42
	4.3.6 Sistema de telegestão da ETA das Fontainhas	44

4.3.7	Sistema de Telegestão dos Serviços Municipalizados de Aveiro [10]	45
4.3.8	Sistema de Telegestão dos Serviços Municipalizados de Oliveira do Bairro [11]	47
4.3.9	Sistema de Telegestão das Águas do Douro e Paiva, S.A. [17]	47
4.3.10	Sistema de Telegestão das Águas do Vouga [20]	48
4.3.11	Sistema de Telegestão no Concelho de Óbidos [11]	48
4.3.12	Sistema de Telegestão da EPAL [18]	50
4.3.13	Comparação tecnológica entre os sistemas	51
5	CAPÍTULO – Análise da R.D.A e da R.D.A.R dos SMAS de Albergaria-a-Velha	53
5.1	Análise dos serviços dos SMAS de Albergaria-a-Velha	54
5.1.1	Sistema existente	54
5.1.2	Comunicação principal do sistema de telegestão	56
5.2	Análise do investimento no sistema de Telegestão	63
6	CAPÍTULO – Projecto-Piloto de Telegestão	65
6.1	Etapas do Projecto-Piloto de Telegestão	66
6.2	Implementação do Projecto-Piloto de Telegestão	67
6.2.1	Controlo e monitorização das Unidades	68
6.3	Descrição do funcionamento das unidades	70
6.3.1	Reservatório elevado de Santa Cruz	71
6.3.2	Reservatório e captação do Sorrego	72
6.3.3	Unidade local das Urgueiras	73
6.3.4	Captação de Rendo	74
6.3.5	Reservatório e captação de São João de Loure	74
6.3.6	Zona de Medição e Controlo (Z.M.C.) do Fial	75
6.3.7	Estação elevatória de águas residuais do Ribeiro	77
6.4	Comunicação	78
6.5	Software de controlo das estações	82
6.5.1	Configuração do <i>Modem Wavecom</i>	83
6.5.2	Software de Supervisão e Aquisição de Dados	84
6.6	Controlo da Qualidade da água	92
6.6.1	Controlo automático de doseamento de cloro	92
6.6.2	Controlo do pH da água	94
6.6.3	Controlo da turvação da água	95
6.6.4	Controlo da condutividade da água	95
7	CAPÍTULO – Resultados	97

7.1	Controlo qualitativo da água	98
7.2	Controlo quantitativo da água	100
7.3	Funcionamento das estações	102
8	CAPÍTULO – Considerações Finais	109
8.1	Conclusões.....	110
8.2	Perspectivas de futuro	112
9	ANEXO A.....	115
9.1	Sinópticos da supervisão desenvolvida.....	116
10	ANEXO D.....	133
10.1	Software de aquisição de dados desenvolvido para o PDA	134
11	ANEXO C	139
11.1	<i>Exemplos de um dos esquemas eléctricos desenvolvidos para o controlo das estações</i>	140

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Diferentes tipos de captações de água [13].....	18
Figura 2.2 - Toalha freática	19
Figura 2.3 - Abastecimento de urbanizações através de adutoras e subadutoras	21
Figura 2.4 - Adutora em superfície livre	21
Figura 2.5 - Adutora elevatória	21
Figura 2.6 - Sistema de medição, com 3 zonas	26
Figura 4.1 - Organização de Sistema de Telegestão.....	38
Figura 4.2 - Exemplos dos sinópticos do sistema de supervisão da ETA das Fontainhas	45
Figura 4.3 - Arquitectura do sistema de Telegestão da rede de distribuição de água	45
Figura 4.4 - Exemplo de um sinóptico do sistema de supervisão dos SMA Aveiro	47
Figura 4.5 - Edifício de Exploração e reservatórios RPA e R2	48
Figura 4.6 - Centro de Comando	49
Figura 4.7 - Exemplo de sinópticos do sistema de supervisão de Óbidos.....	50
Figura 4.8 - Centro de comando e layout da supervisão	50
Figura 5.1 – Localização e Unidades Locais e de Supervisão da R.D.A. e da R.D.A.R.	54
Figura 5.2 Software e PDA industrial para aquisição de dados	56
Figura 5.3- Exemplo da aplicação das Unidades de Zona, aplicando uma comunicação via Wireless	62
Figura 6.1 - Cronologia do projecto desenvolvido	67
Figura 6.2 - Unidades Locais e de Zona para monitorização e controlo	68
Figura 6.3 - Reservatório de Santa Cruz e quadro de comando	71
Figura 6.4 - Transdutor pH, Cloro e contador electromagnético de Santa Cruz	71
Figura 6.5 - Quadro eléctrico de comando e de potência	72
Figura 6.6 - Bomba doseadora de cloro, transdutor de falta de cloro e de turvação	72
Figura 6.7 - Bombas hidráulicas, depósito de cal, bomba doseadora e agitador.....	73
Figura 6.8 - Interior do quadro de comando e de potência das Urgueiras.....	73
Figura 6.9 - Compressor, purgador e lubrificador e respectivas válvulas	73
Figura 6.10 - Bombas hidráulicas e quadro eléctrico de comando e de potência de Rendo.....	74
Figura 6.11 - Transdutor de condutividade e de turvação	74
Figura 6.12 - Exterior e interior do quadro eléctrico de São João de Loure	75
Figura 6.13 - Válvula de cunha, pneumática, depósito de hipoclorito, detector nível mínimo e bomba doseadora.....	75
Figura 6.14 – Painel Solar e interior do quadro eléctrico.....	75
Figura 6.15 - Número de horas com potência máxima por dia e por m2	77
Figura 6.16 - Exterior e interior do quadro eléctrico de potência e comando	78
Figura 6.17 - Transdutor de nível ultra-sónico e célula de carga	78
Figura 6.18 – Arquitectura da rede de comunicações	79
Figura 6.19 - Comunicações por unidades	79
Figura 6.20 - Fluxograma do programa executado nos autómatos.....	82
Figura 6.21 - Sinóptico da estação elevatória de águas residuais do Ribeiro.....	86
Figura 6.22 - Exemplo do desenho das bombas efectuado por componentes	86
Figura 6.23 - Exemplo do sinóptico do depósito de Santa Cruz (UZ) e da Captação do Sorrego (UL)	87
Figura 6.24 – Exemplo da informação disponibilizada.....	88
Figura 6.25 - Informação em rodapé sobre todos os alarmes ocorridos.....	89
Figura 6.26 - Exemplo do sinóptico para visualização de gráficos	90

Figura 6.27 - Software do sistema piloto de supervisão e sinóptico geral	91
Figura 6.28 – Pormenor do analisador de cloro e pH.....	93
Figura 6.29 - Instalação inicial (a), Instalação final (b)	96
Figura 7.1 - Medição da turvação na captação do Sorrego	98
Figura 7.2 - Controlo remoto do cloro residual no reservatório de Santa Cruz	99
Figura 7.3 - Monitorização e controlo do pH da água.....	100
Figura 7.4 - Alarme da necessidade de se encher o depósito de Cal.....	100
Figura 7.5- Exemplo da abertura da Válvula do Carvoeiro.....	100
Figura 7.6 - Monitorização do nível de Santa Cruz e Controlo das Captações.....	101
Figura 7.7 - Monitorização do nível do reservatório R.3.2 e da respectiva captação...	101
Figura 7.8 - Definição dos níveis na supervisão.....	102
Figura 7.9 - Colmatação dos filtros de aspiração na captação Sorrego.....	103
Figura 7.10 - Exemplificação das medições efectuadas na ZMC.....	104
Figura 7.11 - Detecção de uma rotura na conduta de abastecimento de Alquerubim ..	104
Figura 7.12 - Quebra de pressão na rede na abertura de uma válvula de seccionamento	105
Figura 7.13 – Visualização de um dos alarmes visuais na detecção de avaria de uma bomba	105
Figura 7.14 - Funcionamento correcto (a) e avaria (b) da bóia de emergência.....	106
Figura 7.15 - Funcionamento correcto (a) e instalação errada (b) da bóia de emergência	106
Figura 7.16 - Detecção do encravamento de uma bomba, através da medição do consumo.....	106
Figura 7.17 - Detecção de falha de energia	107
Figura 7.18 – Monitorização do peso do cesto da entrada de águas residuais da E.E. Ribeiro	107
Figura 7.19 - Caudal bombeado na E.E. Ribeiro em comparação com a precipitação	108
Figura 7.20 - Caudal bombeado na E.E. 1ºDezembro em comparação com a precipitação.....	108
Figura 8.1 - Quantidade de água comprada no sistema em Alta	111
Figura 8.2 - Segunda fase do projecto de Telegestão	112
Figura 9.1 - Menu inicial de arranque do software de supervisão.....	116
Figura 9.2 - Menus no sinóptico principal.....	116
Figura 9.3 - Sinóptico de entrada para inicialização da supervisão.....	117
Figura 9.4 - Sinóptico geral de R.D.A.....	118
Figura 9.5 - Sinóptico do Reservatório de Santa Cruz e das válvulas pneumáticas das Urgueiras	119
Figura 9.6 - Sinóptico da Captação de Rendo	119
Figura 9.7 - Sinóptico da Captação do Sorrego.....	120
Figura 9.8 - Sinóptico da Z.M.C. do Paine Solar do Fial	120
Figura 9.9 - Sinóptico do reservatório de São João de Loure e da respectiva captação	121
Figura 9.10 -Sinóptico do Reservatório das Frias e respectiva Mina.....	121
Figura 9.11 - Sinóptico da Mina de Valmaior	122
Figura 9.12 - Reservatório da Hidropressora de Ribeira de Fráguas e de Vilarinho de São Roque.....	122
Figura 9.13 - Reservatório da Hidropressora R16 e Mina de Vila Nova de Fusos	123
Figura 9.14 - Sinóptico geral das estações elevatórias de águas residuais	123
Figura 9.15 - Sinóptico das E.E. Águas Residuais do Ribeiro e de S.J.Loure	124
Figura 9.16 - Sinóptico da E.E. de Águas Residuais do Fial e de Soutelo.....	124
Figura 9.17 - Sinóptico geral das Z.M.C.	124

Figura 9.18 - Apresentação do menu para geração de relatórios de alarmes	125
Figura 9.19 - Apresentação da visualização dos relatórios de alarmes escolhido.....	126
Figura 9.20 - Geração de relatórios de consumos	126
Figura 9.21 - Menu de controlo do sistema de comunicação	127
Figura 9.22 - Menu para envio de SMS	127
Figura 9.23 - Ilustração de um pedido para alteração ou visualização dos valores dos níveis definidos no reservatório de Santa Cruz	128
Figura 9.24 - Menu de visualização e alteração dos níveis de controlo de São João de Loure.....	129
Figura 9.25 - Menu de comandos, no sinóptico da captação do Sorrego.....	129
Figura 9.26 - Menu de comandos, no Sinóptico do Reservatório de Santa Cruz.....	130
Figura 9.27 - Menu de comandos, no Sinóptico do Reservatório de São João de Loure	130
Figura 9.28 - Menu de comandos da captação de Rendo	131
Figura 9.29 - Menu de comandos da E.E. Ribeiro	131
Figura 9.30 - Exemplo do menu de visualização gráfica dos indicadores	132
Figura 10.1 - Menu selecção do operador e escolha de rota.....	134
Figura 10.2 - Menu da rota das Captações	134
Figura 10.3- Menus "Percorridas" e "Pesquisar"	135
Figura 10.4 - Menu das Zonas de Medição e Controlo	135
Figura 10.5 - Menu de introdução de dados dos valores medidos de cloro residual....	136
Figura 10.6 - Menus recolha de dados nas E.E. de Águas Residuais.....	136
Figura 10.7 - Menus recolha de dados E.E. Águas Residuais, pesquisa de dados e dupla inserção	137
Figura 10.8 - Alarmes gerados	137

Índice de Tabelas

Tabela 4.1 - Comparação entre os diversos sistemas de telegestão.....	51
Tabela 5.1 - Cotas e distâncias das zonas de medição e controlo	57
Tabela 5.2 - Cotas e distâncias das estações da rede de distribuição de água.....	57
Tabela 5.3 - Cotas e distâncias das estações da rede de drenagem de águas residuais ..	58
Tabela 5.4 - Redes móveis existentes nas estações (S) com rede , (N) sem rede.....	59
Tabela 5.5 - Custo de equipamento na comunicação via Rádio.....	60
Tabela 5.6 - Custos de equipamento na comunicação via GPRS.....	60
Tabela 5.7 - Custos de transmissão na comunicação via GPRS.....	61
Tabela 5.8 - Custos de equipamento na comunicação via SMS.....	61
Tabela 5.9 - Custos de transmissão na comunicação via SMS.....	61
Tabela 5.10 - Custo de equipamento na aplicação da comunicação via Wireless.....	62
Tabela 5.11 - Comparação entre o investimento na comunicação via GPRS vs Rádio .	62
Tabela 5.12 - Comparação entre o investimento na comunicação via GPRS vs Wireless	63
Tabela 5.13 - Investimento na implementação do sistema total de telegestão ao fim de 20 anos.....	64
Tabela 5.14 - Gastos no controlo do sistema sem aplicação da Telegestão ao fim de 20 anos.....	64
Tabela 6.1- Consumo eléctrico dos equipamentos instalados	76
Tabela 6.2 - Códigos atribuídos às Unidades Locais	80
Tabela 6.3 - Códigos para comunicação de uma workstation, com as Unidades Locais	81
Tabela 6.4 - Configuração do modem da Wavecom para comunicação via GPRS	84
Tabela 6.5 - Comparação entre o SCADA desenvolvido e o CitectSCADA.....	85
Tabela 6.6 - Parâmetros considerados para determinação dos valores de referência.....	93
Tabela 6.7 - Valores de referência para a quantidade de cloro a injectar.....	94
Tabela 6.8 - Valores VMR e VMA do pH	95
Tabela 6.9 - Valores VMR da condutividade	96

ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ANACOM – Autoridade Nacional de Comunicações

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

LOS – Linha de Vista

PLC – Dispositivo lógico programável (também designado por autómato)

R.D.A. - Rede de Distribuição de Água

R.D.A.R. - Rede de Drenagem de Águas Residuais

SCADA - *Supervisory Control and Data Acquisition*

SMAS – Serviços Municipalizados de Água e de Saneamento

US – Unidade de Supervisão

UZ – Unidade de Zona

UL - Unidade Local

UPS - *Uninterruptible Power Supply*

Z.M.C. - Zona de Medição e Controlo

ANACOM – Autoridade Nacional de Comunicações

AGRADECIMENTOS

À minha família pela constante motivação e compreensão, em especial à minha querida esposa por todo o apoio que me deu.

Ao Professor Joaquim Gabriel Magalhães Mendes e ao Professor António Paulo Gomes Mendes Moreira, pela orientação, disponibilidade e apoio prestado.

Ao Engenheiro Paulo Elísio Sousa pela oportunidade proporcionada, disponibilidade de recursos e por todo o apoio prestado na realização do trabalho.

Ao Presidente da Câmara de Albergaria-a-Velha, Professor João Agostinho pelos recursos disponibilizados e pela oportunidade proporcionada.

A todos os colaboradores dos SMAS e amigos que de alguma forma contribuíram para o presente trabalho.

1 CAPÍTULO – Introdução

1.1 Motivação

A dimensão actual e o constante aumento da rede de drenagem de águas residuais (R.D.A.R.) e da rede de distribuição de água (R.D.A.), a necessidade de manter o número de colaboradores e as elevadas exigências de qualidade de serviço impostas pelos cidadãos, levaram à necessidade de monitorizar e controlar as redes de modo a otimizar o seu funcionamento.

Este projecto foi desenvolvido nos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Albergaria-a-Velha (SMAS) tendo o mesmo sido aprovado pela Câmara Municipal, após uma análise económica efectuada sobre os custos de manutenção e de controlo dos sistemas existentes na altura.

A implementação de um sistema de monitorização e controlo (Telegestão) fornece ainda a possibilidade de:

- minimizar as perdas de água (que rondam os 34%);
- monitorizar os reservatórios e as Zonas de Medição e Controlo (Z.M.C.);
- reduzir a quantidade de água comprada ao sistema em alta;
- aumentar a eficiência das captações próprias;
- reduzir os custos dos serviços de manutenção e os custos de vigilância;
- permitir uma melhoria quantitativa e qualitativa da água disponível;
- mantendo o número de colaboradores;
- minimizar o impacto ambiental derivado da ocorrência de anomalias na R.D.A.R.
- reduzir os custos de manutenção da R.D.A.R.

A centralização de toda a informação da rede proporciona uma melhor gestão dos recursos, e permite melhor a qualidade do serviço prestado ao cidadão.

1.2 Objectivos gerais

O momento presente caracteriza-se por uma crescente complexidade dos problemas colocados aos gestores e técnicos, por um aumento das exigências da qualidade dos serviços prestados pelas entidades gestoras de infra-estruturas de distribuição de água e drenagem de águas residuais e, não menos importante, por requisitos de gestão orçamental eficaz. No entanto, dada a natureza, dimensão e requisitos do sistema, trata-se de uma matéria que apresenta uma complexidade crescente à medida que a dimensão do sistema aumenta. Por outro lado, a abordagem destes aspectos requer, numa perspectiva moderna, uma análise integrada dos problemas, quer ao nível do planeamento, quer ao nível da exploração e manutenção correntes.

A implementação de um Sistema de Telegestão possibilitará, monitorizar e controlar, remotamente, as principais instalações do sistema, permitindo uma melhor qualidade do serviço prestado e uma maior eficiência na gestão técnico-operacional, económica e estatística de tais sistemas.

De facto, a gestão técnico-operacional deverá preocupar-se, essencialmente, com o tratamento instantâneo (em tempo real) dos parâmetros de exploração, garantindo, no caso dos sistemas de abastecimento de água uma alimentação permanente, uma estabilidade da qualidade da água (mesmo em condições adversas), no caso dos sistemas de saneamento de águas residuais, um serviço de qualidade que minimize o impacto ambiental e a necessidade de manutenção.

A gestão económica permitirá assegurar um serviço nas melhores condições de rentabilidade, a optimização dos recursos humanos, materiais e dos gastos de energia eléctrica e, ainda, a racionalização de investimentos.

Finalmente, a gestão estatística, realizada através da análise dos parâmetros ao longo do tempo, permite, não só melhorar as condições técnicas e económicas de exploração, como também dar indicações sobre:

- tempo de utilização dos equipamentos, seu estado de funcionamento e fiabilidade;
- necessidades de remodelação e ampliação dos sistemas em determinadas zonas;
- outras informações que permitam um adequado planeamento e tomada de decisões sobre futuros investimentos.

A gestão automatizada dos sistemas de abastecimento de água só é possível caso se possa dispor de adequada informação sobre estes, em tempo real, que permita tomar decisões sobre as actuações a realizar, de modo a garantir os objectivos atrás mencionados. Assim, pode concluir-se que para o funcionamento do sistema de telegestão, dos sistemas de abastecimento de água e saneamento, o projecto deve envolver:

- uma acção de medida, que permita conhecer o estado operacional do sistema;
- uma acção de controlo, que permita actuar sobre o sistema, de forma a serem garantidos os princípios inerentes a uma adequada exploração dos recursos;
- uma acção de gestão que, atendendo às circunstâncias de exploração, operacionalidade dos diversos órgãos, estatísticas do comportamento anterior e factores económicos, tome uma decisão sobre a forma mais rentável da sua exploração, garantindo a qualidade do serviço prestado ao cidadão.

O desenvolvimento do sistema de telegestão deve atender a vários factores, dos quais se salientam a modularidade, fiabilidade, simplicidade, operacionalidade e facilidade de manutenção.

1.3 Organização da Dissertação

Este trabalho é composto por sete capítulos organizados da seguinte forma:

Capítulo 1 – Introdução

Apresentação de forma resumida deste trabalho, a motivação que levou ao seu desenvolvimento, os objectivos que se pretendem atingir e a organização do presente documento.

Capítulo 2 – Ciclo da água numa rede de distribuição

Descrição dos diferentes tipos de, captações, tratamentos, armazenamentos possíveis numa rede de distribuição, antes da realização do presente trabalho.

Capítulo 3 – Meios de comunicação

Apresentação dos meios de comunicação, vantagens e desvantagens na aplicação de cada um.

Capítulo 4 – Sistema de Telegestão

Apresentação, de uma arquitectura, de regras e procedimentos a seguir na implementação de um sistema de telegestão e do funcionamento de alguns sistemas existentes.

Capítulo 5 – Análise da R.D.A. e da R.D.A.R. dos SMAS de Albergaria-a-Velha

Análise funcional dos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Albergaria-a-Velha, escolha do meio de comunicação principal e análise de investimento.

Capítulo 6 – Projecto-Piloto de Telegestão

Apresentação do projecto desenvolvido e das características necessárias para a viabilidade de todo o sistema.

Capítulo 7 – Resultados obtidos

Apresentação dos resultados alcançados com o projecto-piloto de Telegestão.

Capítulo 8 – Conclusões e desenvolvimentos futuros

Apresentação das conclusões do trabalho e desenvolvimentos futuros.

ANEXOS

Apresentação dos sinópticos do software de supervisão, software do PDA e esquemas eléctricos.

2 CAPÍTULO – Ciclo da água numa rede de distribuição

Neste capítulo será descrito de uma forma breve a captação, o tratamento, o armazenamento e a distribuição de água, com base no livro [1].

Um sistema de abastecimento público de água – que compreende os consumos doméstico, comercial, industrial, público, incêndios, e outros não especificados – englobando várias unidades interdependentes que são:

- captação;
- adução;
- desinfecção e tratamento;
- armazenamento;
- distribuição;
- estações elevatórias ou de pressurização (hidropressoras).

As Captações são componentes base de uma rede de abastecimento de água e fazem-se a partir de lençóis naturais de água, *Figura 2.1*.

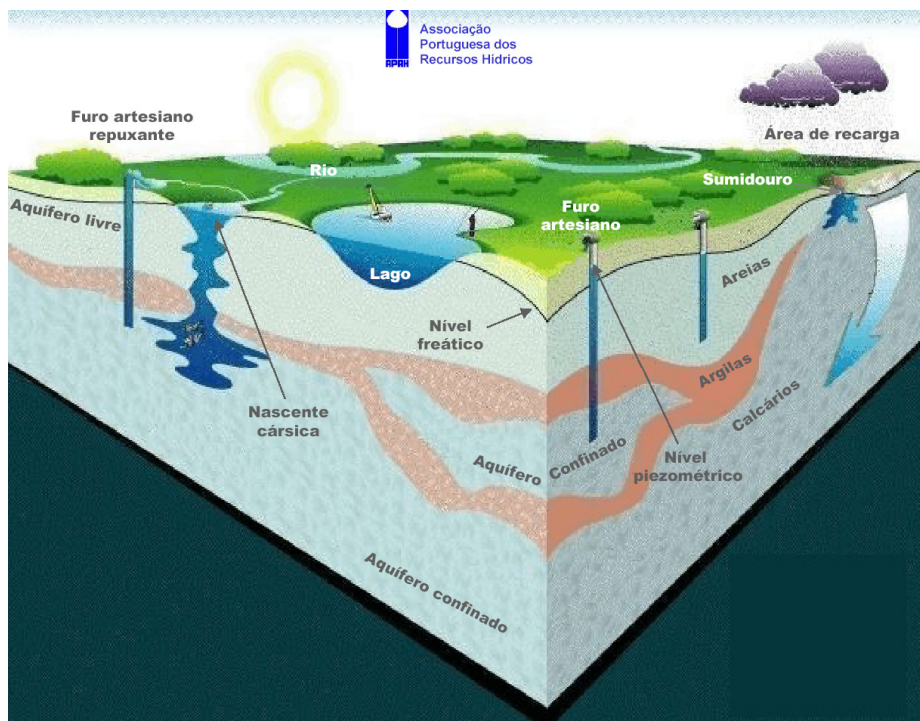


Figura 2.1 - Diferentes tipos de captações de água [13]

Os lençóis naturais de água podem ser classificados em:

Lençóis subterrâneos – constituídos por água proveniente do subsolo podendo aflorar à superfície (nascentes ou fontes) ou ser elevada por meios mecânicos (poços, galerias de mina e drenos).

Lençóis superficiais – constituídos por água superficial que se escoia no terreno sob a acção da gravidade (rios e ribeiras) ou que permanece estagnada em depressões naturais do terreno (lagoas) ou artificiais (albufeiras).

2.1 Captação de águas subterrâneas

A água subterrânea, consequência da infiltração da água da chuva, acumula-se em quantidades apreciáveis gerando reservas, designadas por níveis, lençóis, napas, toalhas, mantos aquíferos ou simplesmente aquíferos.

O aquífero designa-se por freático, *Figura 2.2*, quando a água fica retida sobre uma camada impermeável após ter atravessado várias camadas de terreno por acção da gravidade. Quando a superfície do aquífero intercepta a superfície do terreno, a água brota naturalmente e constitui uma nascente.

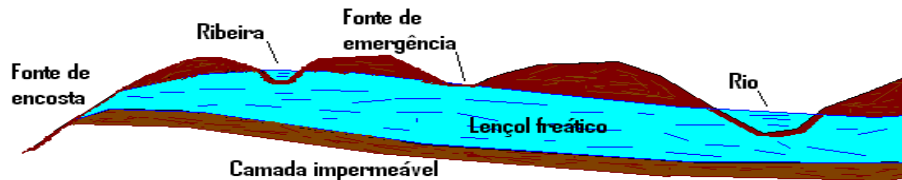


Figura 2.2 - Toalha freática

Nascentes ou fontes - A água cai sobre a Terra, sob a forma de orvalho, chuva, granizo e neve. Esta água infiltrada origina nascentes que permitem a saída livre dessa água do subsolo para o ar livre em determinadas condições geológicas, e brotam tanto pelas toalhas freáticas como pelas artesianas, sobre a forma de nascentes ou fontes.

Galerias filtrantes - As galerias filtrantes são um dos métodos para captação de água num lençol freático, incluindo a água de infiltração de rios. A água captada é conduzida a uma câmara colectora para daí ser elevada por gravidade (captação de encosta) ou por bombagem (captação de fundo de vale ou água de infiltração de rio).

Drenos - Um sistema de drenos colectores constitui uma forma de captação de água de lençóis freáticos que afloram no fundo dos vales. Os drenos são compostos por tubos perfurados, em regra em manilhas de grés, interligadas e cuja função é reunir a água colectada num único ponto, denominando poço ou câmara colectora onde a água é elevada, geralmente, por meio de grupos de electro-bombas.

Furos e Poços - Quando a superfície do aquífero não intercepta a superfície do terreno torna-se necessária a execução de poços ou de furos que permitam a captação de água pela ascensão natural da água de lençóis artesianos ou por bombagem da água dos lençóis freáticos.

A água utilizada nos sistemas de abastecimento é obtida de diferentes tipos de captações subterrâneas e superficiais. As captações são abastecidas através da chuva que cai sobre a superfície terrestre, absorvendo algumas impurezas, quer da atmosfera, quer da infiltração nos terrenos, entre outros.

Gases como o dióxido de enxofre e o dióxido de carbono, comuns em zonas industrializadas, reagem com a água formando, respectivamente, os ácidos de sulfúrico e carbónico que, provocam alterações químicas nos estratos subterrâneos, afectando negativamente a qualidade da água subterrânea e superficial. Quando esta água (ácida) penetra no solo dissolve grandes quantidades de cálcio, magnésio, ferro, manganês e outros minerais que contaminam o lençol subterrâneo, prejudicando a qualidade da água sendo necessário efectuar o tratamento conveniente.

2.2 Captação de águas superficiais

Os principais problemas que se colocam à captação de águas superficiais dizem respeito ao volume de água a captar e, principalmente, à sua qualidade. De facto, as águas superficiais existem em maior quantidade, permitindo a obtenção de maiores caudais do que as águas subterrâneas. No entanto, têm a desvantagem de apresentar piores índices de qualidade.

No uso da água superficial, é necessário garantir que as estruturas de captação não venham a ficar inoperacionais, nem por assoreamento, nem por mudanças ou alterações do leito, nem que a sua estabilidade seja afectada pela erosão.

A captação em rio necessita de um caudal mínimo, estando este dependente das condições naturais, ou da existência de um ou mais armazenamentos de regularização, a montante, que permita a inversão estival, isto é, a transferência de caudais dos períodos de excesso para os de carência.

Pode melhorar-se, ainda, a garantia de suficiência se, a jusante da captação, se dispuser de uma estrutura de retenção, designadamente açude, que permita o estabelecimento de uma pequena regularização de caudais para que, durante as horas mortas, seja acumulada água a utilizar durante as horas de bombagem.

A relativa simplicidade das obras pode constituir uma vantagem adicional da captação do rio.

Quanto aos inconvenientes, indicam-se os seguintes:

- a) composição variável da água, devido às grandes variações de concentração de substâncias dissolvidas, bem como materiais em suspensão. Este inconveniente é, em regra, mais notório do que no caso das albufeiras, em virtude de não ocorrer, ou ocorrer em menor grau, a sedimentação dos sólidos;
- b) perigos de contaminação devido ao lançamento incontrolado de efluentes nocivos;
- c) desgaste prematuro dos impulsores das bombas, devido à passagem de material sólido abrasivo;
- d) necessidade de estações de tratamento muito mais onerosas e com maiores encargos de exploração do que no caso de captações subterrâneas e, em muitos casos até, do que nos abastecimentos a partir de albufeiras.

2.3 Adução

Passados em revista os diversos tipos de captação de água, abordam-se, de seguida, as formas de adução nos vários sistemas de abastecimento.

A adução de água é a operação pela qual a água é conduzida desde a captação até ao local de abastecimento. Caso existam derivações numa linha adutora, destinadas a conduzir água para outros pontos do sistema, formando canalizações secundárias, as mesmas serão designadas por sub-adutoras, *Figura 2.3*.

Quando se trata de água potável – ou de água previamente tratada – a adutora chama-se de água tratada, em caso contrário, a adutora é de água bruta.

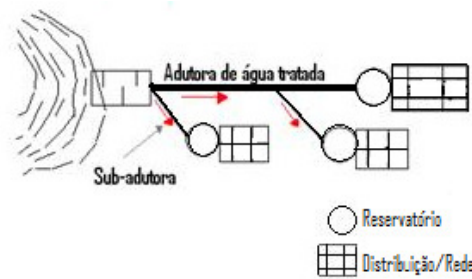


Figura 2.3 - Abastecimento de urbanizações através de adutoras e subadutoras

Adução por gravidade

Nesta forma de adução, a água é escoada por gravidade estando o traçado da adutora condicionado à topografia do terreno, *Figura 2.4*.

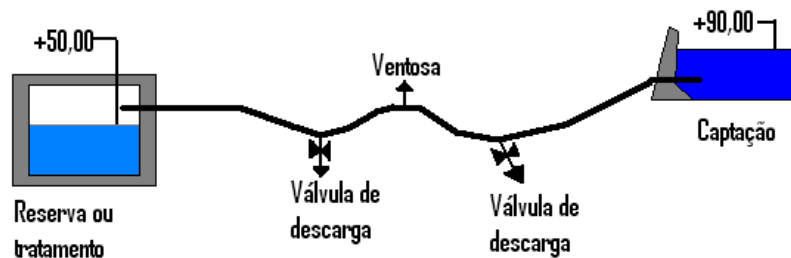


Figura 2.4 - Adutora em superfície livre

A adutora em superfície livre constitui um caso particular de escoamento por gravidade. Contudo, o emprego de canais a céu aberto, apenas é admissível na adução de água bruta.

Adução por elevação

Neste caso a adutora conduz a água de um ponto para outro de cota mais elevada, (sob pressão superior à pressão atmosférica) com recurso à utilização de grupos elevatórios geralmente contidos em salas denominadas centrais de pressurização ou estações elevatórias ou ainda centrais hidropressoras, *Figura 2.5*.

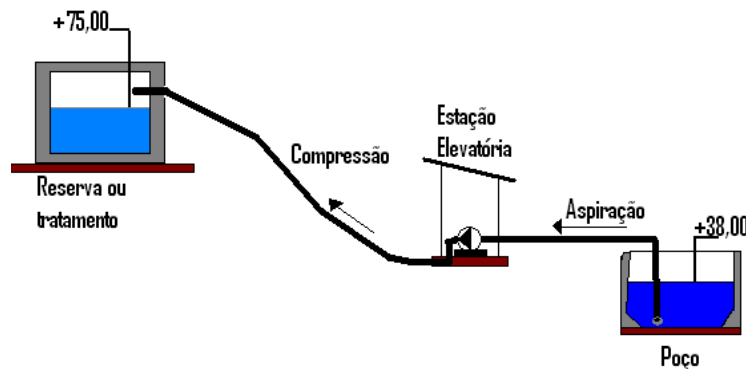


Figura 2.5 - Adutora elevatória

2.4 Desinfecção e tratamento da água

A água captada antes de ser lançada numa rede de distribuição, deve ser submetida a análises químicas e bacteriológicas, as quais irão determinar se a água necessita ou não de tratamento e, em caso afirmativo, qual o tipo e grau de tratamento.

O tratamento da água efectua-se em instalações designadas por “Estações de Tratamento de Águas” (ETA), as quais tanto podem ficar localizadas junto à captação, como junto do reservatório de armazenamento e de distribuição.

De uma forma geral, as águas superficiais – rios, ribeiras, lagos e albufeiras – requerem um tipo de tratamento mais cuidado do que as águas captadas em lençóis subterrâneos e em galerias de infiltração.

A desinfecção e o tratamento da água têm em vista diversos objectivos:

- **higiénico-sanitário** – Redução ou eliminação de bactérias, de substâncias nocivas aos seres vivos, de teores de impurezas e de matérias orgânicas, algas, protozoários e outros organismos;
- **estético** – Correção de características físicas que podem tornar a água desagradável: cor, turvação, cheiro, sabor;
- **económico** – redução dos graus de corrosividade e de dureza (que afectam de forma particular as instalações industriais) e dos teores de ferro e de manganês.

Toda a água utilizada em sistemas públicos deverá ser obrigatoriamente desinfectada, pois só um processo de desinfecção bem controlado, antes da água chegar aos utilizadores, poderá garantir que a mesma estará em boas condições. Os processos de desinfecção e de tratamento são muito diversificados, mas podem ser classificados em dois grandes grupos: os químicos e os mecânicos (ou físicos).

Os métodos de desinfecção mais usuais são:

- por aplicação de cloro;
- por utilização de ultravioleta;
- por pasteurização;
- por destilação solar (só utilizada em regiões tropicais).

O método indicado no primeiro ponto é o de aplicação mais geral, todos os outros métodos são de aplicação mais restrita, para pequenos caudais.

2.4.1 Desinfecção por utilização de cloro

A quantidade de cloro (Cl_2) necessária para eliminar bactérias é menor do que a exigida para matar os vírus. A quantidade total de cloro adicionado à água toma o nome de “dosagem” e exprime-se em mg.l^{-1} ou em ppm^1 (partes por milhão). Parte do cloro adicionado torna-se passiva, isto é, inerte por acção dos metais, minerais, limos, matéria orgânica e amoníaco, sendo que a parte restante do cloro mantém-se livre (cloro residual). A parte do cloro que se combina por exemplo com o amoníaco presente na água – o qual tem uma acção inibidora – chama-se “resíduo de cloro combinado” sendo

¹ Um ppm corresponde um litro de cloro, num milhão de litros de água.

o cloro deixado livre designado por “resíduo de cloro livre” que tem, aproximadamente, uma eficácia vinte vezes superior ao do “resíduo de cloro combinado” na eliminação das bactérias.

A cloragem é o método de desinfecção mais utilizado, pois o efeito residual permanece para além do momento da sua aplicação. Na prática significa que, mesmo em águas paradas os germes serão eliminados. Nos restantes métodos de desinfecção as bactérias e os vírus apenas são eliminados quando a água passa pela zona desinfectada. Este método tem no entanto, dois inconvenientes:

- a alteração do sabor da água (facilmente detectado pelo paladar);
- o excesso de cloro provoca a corrosão da maioria dos metais e de alguns elastómeros.

Os factores que determinam a quantidade de cloro a adicionar à água são:

- temperatura da água;
- tempo de retenção (período de tempo entre a adição do cloro e o consumo de água);
- composição da água, em particular as quantidades de ferro, enxofre, amoníaco e matérias orgânicas;
- índice de pH².

Com a finalidade de prolongar o tempo de retenção, e simultaneamente reduzir a dosagem de cloro, é prática corrente introduzir cloro directamente no furo. O composto químico a utilizar é o hipoclorito de cálcio – $\text{Ca}(\text{ClO})^2$ – que se encontra comercializado sobre a forma de pó ou em comprimidos. Este contém aproximadamente 50% de cloro activo por peso, podendo ser introduzidos directamente no furo por intermédio de um dispositivo adequado que só actua em períodos de funcionamento da bomba elevatória.

Alternativamente, se não for possível injectar cloro na água do furo, pode dosear-se o cloro directamente na tubagem. Utiliza-se o hipoclorito de sódio – NaClO – que pode ser encontrado no mercado sob duas concentrações: a doméstica que contém 5% de cloro e a comercial que contém 20% (ou 33% de cloro). A dosagem é executada por uma bombagem de membrana, ou similar, chamada bomba doseadora. Variando a amplitude do movimento de membrana, ajusta-se o caudal da bomba doseadora ao caudal da água consumida.

O processo mais económico de cloragem no abastecimento de água, consiste na instalação de uma bomba centrífuga acima do nível freático. O diferencial de pressão entre a aspiração e a descarga da bomba durante o seu funcionamento, provoca o efeito de injeção.

² O pH da água clorada é um factor importante a ser considerado. O pH obtido após a adição do cloro, determina a rapidez com que a solução irá destruir as bactérias presentes na água. De um modo geral, quanto mais baixo for o pH da água clorada, mais rápida será a acção germicida sobre os microrganismos presentes.

2.4.2 Desinfecção por utilização de luz ultravioleta

Este método consiste em fazer passar uma fina camada de água em redor de uma lâmpada que de luz ultravioleta que possui a propriedade de eliminar as bactérias e vírus. Com o uso, a intensidade de radiação da lâmpada ultravioleta decresce até que perde essa capacidade e tem que ser substituída. Para assegurar a eficiência da desinfecção, a maioria das unidades ultravioletas estão equipadas com um sensor luz.

2.4.3 Desinfecção por pasteurização

A pasteurização é um processo de desinfecção muito utilizado em zonas onde as tarifas de electricidade são baixas e as águas têm elevado grau de dureza. Baseia-se no princípio de que o aquecimento da água, à temperatura mínima de 70°C, elimina todas as colónias de bactérias e de vírus nocivos para o ser humano.

Simultaneamente, grande parte do cálcio dissolvido na água depositar-se-á nas superfícies de aquecimento, o qual será posteriormente removido pela acção de um ácido.

2.4.4 Desinfecção por destilação solar

A destilação solar efectua-se concentrando os raios solares com o auxílio de reflectores, na água que se pretende destilar. Embora utilize calor cedido gratuitamente pela natureza, requer amplas áreas de terreno para exposição da água ao sol, razão porque se restringe a produção de reduzidos volumes de água. A destilação solar produz água destilada sem qualquer sabor, tendo de ser tratada antes de ser ingerida.

2.5 Sistemas de armazenamento e de distribuição de água

Os reservatórios são unidades que integram um sistema de abastecimento de água , permitindo desempenhar várias funções:

- servir de regularizador do transporte de água equilibrando as variações de consumo;
- estabelecer o equilíbrio das pressões na rede de distribuição funcionando como reservatório de extremidade ou como torre de pressão;
- constituir reservas de emergência de modo a assegurar a distribuição em caso de avaria em qualquer dos elementos da rede a montante ou para um eventual incêndio.

Uma rede de distribuição é composta por um conjunto de condutas e de elementos acessórios entre os quais: válvulas de seccionamento, ventosas³, válvulas redutoras de pressão, de descarga de fundo e bocas-de-incêndio e de rega.

³ Elemento para purga do ar na rede

A função das estações elevatórias ou de pressurização é, fundamentalmente, a elevação da água para a transportar de um ponto para outro de cota superior, para reforçar o seu caudal ou, ainda, aumentar a sua pressão.

A sua localização não está condicionada a regras fixas dependendo, em cada caso, das características hidráulicas do sistema de distribuição entre quais se incluem o tipo de captação e a extensão e traçado da adutora, quer em planta, quer em perfil. Essencialmente, uma central de pressurização, consta de grupos elevatórios, geralmente bombas de tipo centrífugo accionadas por motores eléctricos, sendo o conjunto designado por grupo electrobomba. Também podem ser accionados por motores de combustão, em situações provisórias ou de emergência e, neste caso, o conjunto denomina-se grupo motobomba.

2.5.1 Zonas de Medição e Controlo (Z.M.C.) [4]

Embora em Portugal seja comum medir apenas os caudais bombeados e os caudais afectos a transacções comerciais, a situação está progressivamente a mudar. À medida que se adoptam técnicas de gestão mais sofisticadas, e se difunde a percepção de que gerir racionalmente um sistema pressupõe a disponibilização de dados que permitam suportar as decisões. Numa rede de água os dados mais importantes são os caudais, as pressões, os níveis em reservatórios e certos indicadores de qualidade da água. Contudo outro indicador importante, e que ainda não é controlado na maioria dos sistemas de abastecimento, são as fugas e perdas. As fugas e perdas verificam-se em todos os órgãos dos sistemas de abastecimento de água, isto é, na captação, tratamento, transporte, armazenamento e, sobretudo, na distribuição. Podem ser provocadas por má vedação das juntas, roturas de condutas, extravasamentos, avarias em bocas-de-incêndio, bocas de rega, etc.

Em Portugal o nível médio de fugas e perdas é da ordem dos 35 %, embora nalguns bons exemplos desça a valores de 15 %. A nível mundial encontram-se nalgumas zonas números impressionantes, superiores a 60 %, enquanto os valores mais baixos, encontrados em países como Israel e Suíça, se situam ao nível dos 9 %.

As estratégias para minorar este problema são:

- boa manutenção, e reabilitação de condutas, ramais domiciliários e equipamentos;
- controlo das pressões;
- seccionamento da rede por zonas;
- balanços hídricos, medição de volumes e caudais;
- vigilância e sistemas de detecção de fugas;
- actuação imediata em caso de fugas;
- formação dos técnicos de manutenção;

O investimento necessário para seccionar a rede é significativo e, frequentemente, não é possível fazer com a celeridade desejável. Contudo, sempre que se executam obras de expansão ou reabilitação numa dada zona, devem ser executadas as obras que possibilitem à posteriori a instalação de equipamentos de medição. As Zonas de Medição e Controlo baseiam-se no controlo de caudais, e de pressões para controlo das perdas, *Figura 2.6*.

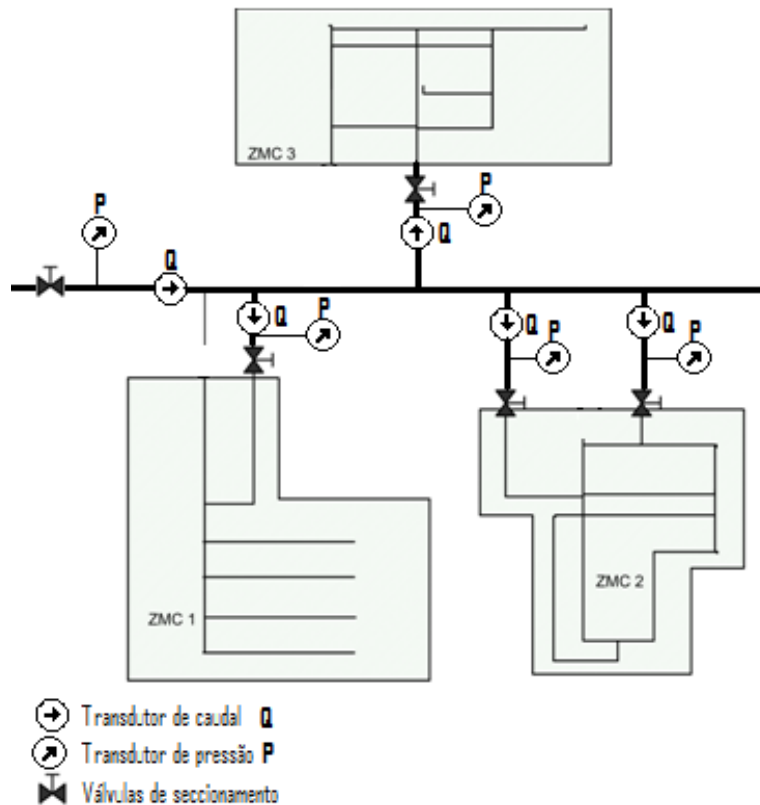


Figura 2.6 - Sistema de medição, com 3 zonas

A medição por zonas é utilizada para a quantificação de perdas em redes de distribuição que corresponde à diferença entre a água entrada no sistema e o consumo autorizado. As perdas de água dividem-se em perdas reais e perdas aparentes:

Perdas reais - Volume de água correspondente às perdas físicas até ao contador do cliente, quando o sistema está pressurizado. O volume anual de perdas através de todos os tipos de fissuras, roturas e extravasamentos depende da frequência, do caudal e da duração média de cada fuga.

Perdas aparentes - Esta parcela das perdas contabiliza todos os tipos de imprecisões associadas às medições da água produzida e da água consumida, e ainda o consumo não autorizado (por furto ou uso ilícito). Os registos por defeito dos medidores de água produzida, bem como registos por excesso em contadores de clientes, levam a uma subavaliação das perdas reais. As perdas físicas a jusante do contador do cliente podem contribuir significativamente para o aumento das perdas aparentes.

O cálculo das perdas pode ser baseado no balanço hídrico e na observação do comportamento dos consumos através dos caudais totais e dos caudais nocturnos.

Ambos os métodos são úteis e complementares. O primeiro é mais útil para identificar prioridades de intervenção entre Z.M.C.. O segundo é claramente mais adequado no âmbito da monitorização contínua, sendo hoje em dia o mais utilizado.

O método dos caudais totais baseia-se na contabilização volumétrica do balanço hídrico dentro de cada zona de medição, utilizando volumes de água medidos durante um intervalo de tempo, tipicamente uma semana, e subtraindo dos volumes de água afluentes todos os volumes de água saídos e conhecidos, incluindo uma estimativa do

consumo. O resultado será o volume de perdas nesse período, que deverá ainda ser decomposto nas componentes de perdas aparentes e de perdas reais.

Este método baseia-se na observação do comportamento do caudal durante as horas de menor consumo que ocorrem tipicamente durante a noite, e durante as quais é lícito supor que uma parte significativa (em geral, a maior parte) do caudal total escoado se deva a perdas reais, sendo essa fracção susceptível de ser estimada. Permite simultaneamente acompanhar o comportamento dos caudais nocturnos e detectar qualquer aumento súbito que possa eventualmente ser associado a uma nova fuga, com maior clareza e prontidão.

Após a detecção da existência de uma fuga numa determinada zona de medição e controlo será necessário proceder a sua localização. As técnicas mais comuns de localização de fugas quando estas não são visíveis à superfície. Dentro destas técnicas podem considerar-se três métodos: electroacústicos, de correlação acústica e de análise estatística da variância do ruído.

Os dois primeiros estão mais vocacionados para aplicações pontuais e o terceiro para uma vigilância permanente do troço. Nestes métodos é possível distinguir dois níveis de actuação, Isolamento do ruído causado pela fuga e localização da fuga a partir da análise do ruído.

Método electroacústico – Este método é o mais moderno e de fácil operação, mas exigem um ouvido bem treinado. O equipamento deste tipo funciona como amplificador do ruído, com ou sem capacidade de filtrar ruídos espúrios, e cabe ao operador efectuar as duas operações referidas, o isolamento e a localização. A sensibilidade do aparelho pode ser ajustada em função do ouvido do operador. Há, no entanto, equipamentos electroacústicos mais sofisticados, que permitem a memorização do sinal acústico característico da fuga, facilitando a segunda tarefa.

As limitações do uso desta metodologia são:

- a dificuldade em detectar o ruído, devido à grande impedância acústica dos materiais constituintes da conduta;
- a subjectividade no reconhecimento do sinal emitido pela fuga, pois a sua frequência varia com o meio em que se propaga, podendo confundir-se com outras fontes de ruído;
- o pressuposto de que o ponto de fuga coincide exactamente com o ponto de intensidade máxima do ruído emitido pela mesma – tal não acontece, pois o meio de propagação não é uniforme e a impedância acústica não é a mesma em todos os pontos;
- a impossibilidade de diagnosticar, à priori, a existência de fuga, pois o processo não se adequa a uma vigilância permanente do sistema; só se recorre ao método para confirmar e localizar a fuga.

Método de correlação acústica - A correlação é uma técnica matemática que permite comparar sinais. Como o ruído produzido pela fuga propaga-se nos dois sentidos ao longo da conduta, podem comparar-se as diferenças de tempo de percurso t , entre sinais detectados a partir de dois pontos distintos. A menos que a fuga esteja localizada exactamente equidistante dos dois pontos de observação e os meios de propagação sejam iguais, os sinais recebidos pelos dois transdutores não são iguais. A posição da

fuga L , a diferença de tempo de percurso, t , a distância entre sondas, D , e a velocidade de propagação do som podem ser relacionadas pela seguinte equação:

$$D = 2 \cdot L + V \cdot t \quad [2. 1]$$

Este método é muito mais preciso já que o seu funcionamento não depende da destreza do colaborador.

Análise contínua da variação do sinal acústico - Este método, baseia-se no facto de que a variação dos ruídos registados, preferencialmente durante o período nocturno, é uma função da presença ou ausência de fuga. O equipamento que lhe está associado permite uma vigilância contínua do sistema de abastecimento, accionando, por exemplo, um dispositivo de alarme caso haja suspeita de fuga.

Surgiram recentemente equipamentos deste tipo que utilizam um conjunto de 10 a 20 sensores autónomos, de reduzidas dimensões, que são espalhados numa determinada zona da rede.

A selecção dos transdutores de caudal a utilizar é uma das etapas fundamentais no estabelecimento de um sistema de medição seccionado por zonas. Uma escolha correcta poderá facilitar grandemente a operação e manutenção do sistema de controlo de perdas, enquanto uma selecção menos cuidada poderá contribuir para a sua inviabilização.

Os transdutores de caudal disponíveis no mercado podem ser do tipo:

- **electromecânicos** – em que a rotação de uma turbina é electronicamente convertida para valores analógicos ou de frequência;
- **electromagnéticos** – baseados na leitura das variações de um campo magnético, (com a vantagem de não introduzir perturbações no escoamento);
- **ultra-sónicos** – estimam o caudal a partir do tempo de voo de um sinal ultrasónico e não introduzem perturbações no escoamento;
- **de inserção** – medidores que utilizam um tubo de Pitot ou um sensor electromagnético na extremidade de uma sonda que é introduzida na conduta através de uma tomada de carga, e que efectuam a medição no seio do próprio escoamento, a uma distância da parede considerada adequada para representar a velocidade média.

Quando se trata de medições temporárias, podem preferir-se aparelhos cuja instalação seja mais cómoda, susceptíveis de serem transportados para diversos pontos de medição e adaptados a condutas de diferentes diâmetros, mesmo que tenham menor exactidão.

Os aparelhos ultra-sónicos portáteis, em que as sondas são colocadas no exterior da tubagem, presas a ela por cintas ajustáveis, veio permitir a medição do campo total de velocidades em equipamentos portáteis, com a facilidade suplementar de não ser necessário perfurar condutas. Contudo estes transdutores são mais caros e dado que a colocação é exterior, a espessura real da conduta é um parâmetro de grande importância, sendo difícil garantir uma boa calibração. Os erros de leitura podem ser originados por uma má estimativa das características do material (velocidades de transmissão do ultra-som), pela colocação não exactamente diametral das sondas ou pela ovalização das condutas. Além de serem significativamente mais dispendiosos que os outros modelos portáteis, têm o inconveniente de não se adaptarem a tubagens com incrustações,

sobretudo se estas apresentam espessuras diferentes ao longo do perímetro da secção de medição.

Para alimentação de unidades remotas utiliza-se cada vez mais fontes de energia renováveis, normalmente do tipo eólico ou fotovoltaico. O primeiro tem um custo elevado, a sua instalação não pode ser efectuada dentro das cidades e a geração de energia produz ruído, tornando-se por isso mais interessante a utilização de energia solar. Os painéis solares geram uma corrente contínua sendo em geral necessária a conversão para corrente alternada. Existem dois tipos de painéis solares:

- a) Painéis com células fotovoltaicas monocristalinas:
 - eficiência até 17%;
 - maior custo de produção;
 - alta densidade (maior rendimento por m²);
 - garantia de geração por 20 anos (com perda máxima de 5%).
- b) Painéis com células fotovoltaicas policristalinas:
 - têm uma eficiência de 13-15%;
 - menor custo de produção;
 - garantia de geração por 10 anos (com perda máxima de 5%).

[Esta página foi deixada em branco propositadamente]

3 CAPÍTULO – Meios de comunicação

As redes com fios, como o próprio nome indica, são redes em que a sua funcionalidade está dependente da existência de um cabo para assegurar a existência de comunicação entre dois pontos. O uso de comunicações com fios permitem maior capacidade de transmissão e maior fiabilidade de transmissão do que as comunicações sem fios, contudo, as comunicações sem fios têm a vantagem de permitir uma maior capacidade de expansão e não dependerem da existência de cablagem.

Existem diversos tipos de comunicações sem fios:

- GSM (Global System for Mobiles);
- GPRS (General Packet Radio Service);
- WAN (Wireless Wide Area Networking)
- WLAN's (Wireless Local Area Network);
- Comunicação via rádio;
- Comunicação por Microondas;
- WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access).

Dada a distribuição territorial das unidades remotas, neste trabalho não foram consideradas as tecnologias de comunicação para curtas distâncias (*Bluetooth, Zigbee, Wi-Fi*).

3.1 GSM

GSM (*Global System for Mobile Communications*) é uma tecnologia móvel e utilizado para comunicação entre telemóveis. O sinal e os canais de voz do meio de comunicação via GSM são digitais, o que significa que o GSM é visto como um sistema celular de segunda geração (2.5G).

Vantagens:

- Do ponto de vista do consumidor, a vantagem chave do GSM são os serviços disponíveis a baixo custo.
- A vantagem para as operadoras tem sido o baixo custo de infra-estrutura.
- A grande mobilidade e área abrangente.

Desvantagens:

- O sistema GSM é baseado na rede TDMA (*Time Division Multiple Access*), que é considerada menos avançada que a concorrente CDMA.
- Manter uma ligação em contínuo usando a rede GSM, implica custos elevados já que se paga o tempo de ligação e não a quantidade de informação transmitida.

3.2 GPRS

O GPRS (*General Packet Radio Service*) é uma tecnologia que aumenta as taxas de transferência de dados nas redes GSM existentes. Esta permite o transporte de dados por pacotes, oferecendo uma taxa de transferência de dados muito mais elevada que no caso do GSM.

No GPRS o serviço é “sempre activo”, ou seja, os recursos são atribuídos a um utilizador somente quando é necessário enviar ou receber dados. Esta técnica permite que vários utilizadores compartilhem os mesmos recursos, aumentando assim a capacidade da rede e permitindo uma gestão razoavelmente eficiente dos recursos. Isto permite às operadoras GPRS disponibilizar acesso à Internet móvel a alta velocidade e a um custo razoável, pois a cobrança é feita pela quantidade de pacotes de dados transmitidos e não pelo tempo de conexão à rede.

Relativamente à velocidade de transmissão, as taxas de transferência teóricas vão até aos 384 kbps. Os recursos da rede são dedicados por toda a duração da chamada, até que o utilizador interrompa a conexão. O GPRS permite a recepção e o envio de mensagens sem a necessidade de efectuar *dial-up* nem a limitação dos 160 caracteres, característica do SMS.

Vantagens:

- Estar sempre on-line sem custos adicionais;
- Disponibilidade imediata, possibilidade de estabelecer instantaneamente uma ligação para receber ou enviar informação;
- Transmissão de informação com uma velocidade/débito podendo atingir os 384kbps;
- Possibilidade de acesso à Internet, Intranet e correio electrónico da empresa;
- Taxação pela quantidade de pacotes transmitidos, ao contrário, da duração de tempo da comunicação;
- Sem limites de quantidade de informação que é possível transmitir;
- Equipamentos utilizados económicos e não necessitam de antenas de grande porte.

Desvantagens:

- Cobrança de uma mensalidade;
- O envio de grandes quantidades de informação acarreta um custo elevado inviabilizando o uso desta tecnologia para o envio de imagens e vídeo em tempo real.

3.3 WLAN

Wireless LAN ou WLAN (*Wireless Local Area Network*) é uma rede local que usa ondas de rádio para fazer uma conexão Internet. WLAN é hoje em dia muito utilizada na indústria, nas universidades, até mesmo em habitações.

Este meio de comunicação encontra-se definido pela norma IEEE_802.11 a, b, g, n (Wi-Fi - *wireless, fidelity*). A frequência em que 802.11b opera, 2.4GHz, que pode conduzir a interferências com os telefones sem fio.

Vantagens

- Flexibilidade – os nós podem comunicar sem restrições;
- Design – dispositivos cada vez mais pequenos e independentes;
- Robustez – redes independentes de cablagem;
- Custo – a adição de novos utilizadores a uma rede sem fios não aumenta os custos de exploração;
- Possibilidade de comunicar a longas distâncias, num local com linha de vista dependendo da potência do sinal utilizada, podendo atingir os 30km.

Desvantagens

- Baixa largura de banda devido às limitações da transmissão rádio;
- Potências elevadas de transmissão precisam de ser licenciadas pela ANACOM em Portugal;
- Segurança – usando as ondas rádio para transmissão de dados podem interferir com outros equipamento.
- Necessidade de espaço autorizado para instalação das antenas.

3.4 Comunicação via Rádio

Estes sistemas utilizam dois rádios modem a uma frequência de 406-430 MHz e de 10-500mW.

As perdas de transmissão das ondas rádio são proporcionais ao logaritmo da distância entre o emissor e o receptor. Porém esta lei de atenuação só é praticável para emissores em linha de vista o que limita na prática o seu raio de acção ($\approx 5\text{km}$).

Vantagens:

- Cobre grandes áreas e atinge longas distâncias;
- Comunicação simples;
- Consegue ultrapassar obstáculos;
- Omnidireccionais ou unidireccional, dependendo do tipo de antena.

Desvantagens:

- Protecção da informação não é simples;
- Transmissão rádio pode interferir com outros emissores, ou dispositivos eléctricos;

- A transmissão rádio só é permitida em certas bandas de frequência, sendo necessária uma licença específica para a utilização de outras, fornecida pela ANACOM;
- Custo do equipamento ainda elevado;
- Necessidade de espaço autorizado para instalação das antenas.

3.5 WiMAX

O padrão IEEE 802.16, definido em 2001, especifica uma interface sem fio para redes metropolitanas (WMAN) a que foi atribuído o nome WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*). O termo WiMAX foi atribuído por um grupo de indústrias conhecido como WiMAX Forum cujo objectivo é promover a compatibilidade e inter-operabilidade entre equipamentos baseados no padrão IEEE 802.16. O funcionamento das redes WiMAX é semelhante às redes *bluetooth*, mas permite expandir o seu alcance até 50km e uma velocidade de 75 Mbps. O WiMAX opera na faixa ISM (*Industrial Scientific Medical*) centrada em 2,45 GHz que era formalmente reservada para alguns grupos de utilizadores profissionais.

Vantagens:

- Diminui os custos das infra-estruturas de conexão;
- Possibilita altas taxas de transmissão de dados;
- Possibilita a criação de uma rede de cobertura de conexão de Internet similar à de cobertura celular, permitindo o acesso mesmo em movimento;
- Possibilita enviar grandes quantidades de informação em tempo real.

Desvantagens:

- Em Portugal ainda não estão definidas as frequências em que vai operar e quais são as tarifas que vão ser cobradas;
- Necessidade de espaço autorizado para instalação das antenas;

[Esta página foi deixada em branco propositadamente]

4 CAPÍTULO - Sistema de Telegestão

4.1 Arquitectura do sistema de Telegestão

Um sistema de telegestão, pode ser analisado como uma organização em árvore, que numa perspectiva global, deve estar dividido em três níveis hierárquicos (*Figura 4.1*), nomeadamente:

- unidade de supervisão (US);
- unidade de zona (UZ);
- unidade local (UL).

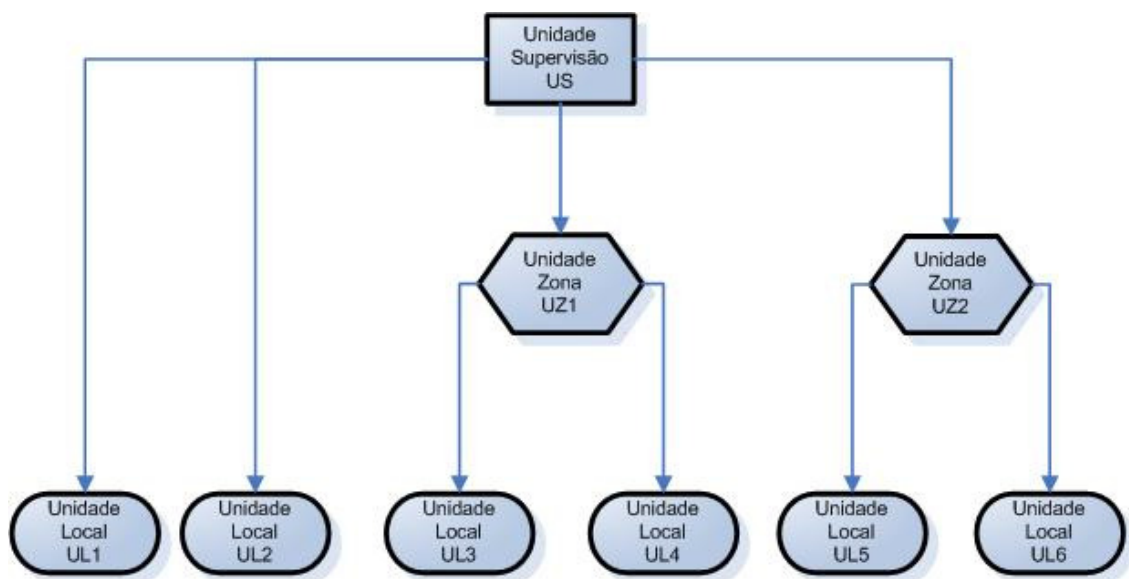


Figura 4.1 - Organização de Sistema de Telegestão

As **unidades locais (UL)** são constituídas por unidades lógicas programáveis que, embora com capacidade de processamento reduzida, permitem executar as funções de aquisição, monitorização, armazenamento de informação, gestão de alarmes e controlo dos equipamentos locais. Para além disso, estas unidades comunicam com a unidade de zona, caso exista na arquitectura do sistema de telegestão, da zona em que se inserem ou a US. O seu *hardware* deve apresentar uma estrutura modular, com as cartas apropriadas ao controlo e monitorização da instalação. De uma forma regular e com um tempo de ciclo curto, todas as entradas digitais e analógicas configuradas são lidas pela unidade central de processamento e sujeitas a uma filtragem de modo a eliminar possíveis ruídos existentes.

Sempre que for detectada uma alteração de estado, essa será comunicada à hierarquia superior e associada à informação cronológica respectiva (hora e data).

As medições são enviadas regularmente a pedido da unidade de zona, se existir, ou da unidade de supervisão. Sempre que se verifique a passagem dos limites de segurança, definidos para cada grandeza medida, é enviada uma mensagem de alarme à unidade hierarquicamente acima (zona ou supervisão). Os valores acumulados relativos aos contadores devem ser armazenados em memória não volátil.

O *software* das UL deve apresentar uma estrutura modular realizando as seguintes funções principais:

- leitura dos sinais de entrada;
- tratamento dos dados;
- actuação das saídas;
- transmissão dos dados.

A unidade de supervisão deve conter a configuração das entradas/saídas, o endereço da unidade de zona associada, quando aplicável, e a informação sobre a via de comunicação de serviço.

As unidades de zona (UZ) são unidades que apresentam uma capacidade de processamento maior do que as unidades locais. A unidade de zona, nos casos em que se justifique a sua existência, tem as funções de unidade de supervisão relativamente às unidades locais sob o seu comando e de unidade secundária relativamente à unidade de supervisão global do sistema. Isto é, esta unidade deve, por um lado, coordenar as unidades locais da sua zona e, por outro, dar e receber informações de acordo com as solicitações da unidade de supervisão.

A existência de unidades de zona justifica-se em sistemas de grande dimensão, e em zonas onde é necessário o funcionamento autónomo, do sistema no caso de falha da supervisão. Assim, a unidade de zona assegura a gestão das comunicações com as unidades locais, descodifica e interpreta as mensagens recebidas por interrogação cíclica destas, processa e armazena as informações recebidas, restitui-as quando interrogada pela unidade de supervisão e apresenta-as de uma forma coerente e acessível ao colaborador existente na zona. O ciclo de interrogação às unidades locais deve ser parametrizável, segundo condições a estabelecer em cada caso.

O agrupamento de um sistema de abastecimento de água ou de um sistema de saneamento de águas residuais em zonas ou subcentros, permite, por um lado, uma descentralização da tomada de decisões e, por outro, em sistemas de maiores dimensões, o aumento da fiabilidade global do sistema de telegestão.

As unidades de supervisão (US), são unidades que efectuem a gestão técnica, económica e estatística de todo o sistema, no seu conjunto, com base nas informações recebidas das diferentes unidades de zona ou directamente das unidades locais.

A US tem um papel preponderante na gestão do sistema, já que todos os dados relevantes vindos das unidades de zona e das unidades locais são aqui recebidos e reunidos, de forma a serem apresentados na forma de tabelas e sinópticos. As acções de controlo realizadas pelas unidades locais e de zona podem ser monitorizadas pela unidade de supervisão. Esta unidade poderá, ainda, enviar comandos para órgãos do sistema, sincronização das ligações, mensagens de comando para as unidades de zona ou solicitar informações sobre o estado do sistema.

As características do equipamento informático que realizará as funções de unidade de supervisão, nomeadamente o número de servidores e de clientes, depende de muitos factores, nomeadamente das tarefas a realizar e da importância e dimensão do sistema a gerir. Este equipamento pode incluir, em sistemas de telegestão mais complexos, um servidor SCADA primário, um servidor SCADA secundário (*backup*), um servidor de histórico e de tendências, um sistema de impressão e uma rede redundante.

O *software* de aplicação da unidade de supervisão deve ser concebido de modo a tratar todos os dados provenientes das diversas unidades do sistema de telegestão e, em seguida, proceder às necessárias operações de gestão e supervisão. A arquitectura do programa de aplicação deve ser suficientemente flexível, permitindo todas as extensões e adaptações que venham a ser necessárias e promover um conhecimento cada vez mais

profundo das condições de operação dos sistemas. Além disso, este deve apresentar uma arquitectura modular.

As comunicações devem ser geridas através de *software* de comunicação, segundo protocolos universais (por exemplo, TCP/IP), evitando a adopção de protocolos proprietários que pressupõem uma dependência do seu fabricante. Em muitas das aplicações, como no caso presente, o próprio sistema de supervisão efectua a monitorização e o controlo da rede de comunicação através de uma ligação baseada em rede *Ethernet*, em que a US acede, directamente, a cada uma das unidades locais.

4.2 Sistema de comunicações

O sistema de comunicações utiliza uma das tecnologias do capítulo anterior para transmissão de dados entre as diferentes unidades UL, UZ e US, bem como os emissores e receptores de informação (modems).

De forma a aumentar a fiabilidade global do sistema, devem ser previstas ligações de redundância entre unidades cuja interacção seja importante ou de alguma forma crítica para o funcionamento e segurança do sistema de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais. Assim, devem ser previstas ligações de redundância entre as unidades de zona e a US e entre certas unidades locais (por exemplo, entre as unidades locais correspondentes a reservatórios alimentados por bombagem e as unidades locais das estações elevatórias que os alimentam). Estas ligações de redundância serão activadas em situações de falha do canal primário de comunicação.

4.3 Alguns exemplos de sistemas de Telegestão

4.3.1 Sistema de Telegestão da SimRia [15]

A SimRia – Saneamento Integrado dos Municípios da Ria, S.A. é a empresa responsável pela construção, gestão e exploração do Sistema Multimunicipal de Saneamento da Ria de Aveiro. Esta empresa tem como missão a satisfação das necessidades de recolha, tratamento e rejeição dos efluentes domésticos e industriais dos municípios pertencentes ao Sistema Multimunicipal de Saneamento da Ria de Aveiro, promovendo a requalificação ambiental da sua zona de abrangência, nomeadamente dos ecossistemas da Ria de Aveiro e Barrinha de Esmoriz / Lagoa de Paramos, num quadro de sustentabilidade económica, financeira, técnica e social. Para garantir todo o funcionamento deste sistema, a SimRia implementou um sistema de Telegestão em toda a extensão da rede com um valor global de 1.586.157,00€.

A implementação do sistema foi dividida em duas fases, correspondendo a primeira à integração dos centros de despacho e supervisão, bem como as estações elevatórias e pontos de entrada dos interceptores norte e geral. No final de 2005 foi concluída a segunda fase correspondente à integração do subsistema da Barrinha de Esmoriz e dos emissários complementares.

O sistema é constituído por uma rede de comunicações entre autómatos que gerem a quase totalidade das estações elevatórias, pontos de entrada, ETAR's e órgãos de protecção e regulação do sistema municipal e uma central de despacho, cujo principal objectivo é a realização de acções remotas de sinalização, comando e aquisição de

dados, além de uma componente de televigilância. As comunicações entre todos os pontos são garantidas através de uma extensa rede de fibra óptica, um link de feixes hertzianos, a 100 Mbps, na banda de 13 GHz, entre a ETAR NORTE e a EEIG5, permitindo a ligação das instalações do Emissário da Torreira com o Centro de Despacho da Telegestão, em Cacia. Neste sistema foi efectuado o desenvolvimento, montagem e colocação em serviço de uma solução inovadora de comunicações UMTS/GPRS, que constituem o suporte de comunicações redundantes do Sistema de Telegestão. O software de supervisão utilizado é o CitectSCADA^[22] e a empresa responsável pela execução do projecto é a Tecnilab, S.A..

4.3.2 Sistema de Telegestão Águas do Cavado ^[16]

A empresa Águas do Cávado, S.A. tem por objecto a exploração e gestão do Sistema Multimunicipal de captação, tratamento e adução de água aos Municípios de Barcelos, Esposende, Maia (Norte), Póvoa de Varzim, Santo Tirso, Trofa, Vila do Conde e Vila Nova de Famalicão, com uma cobertura global e actual de 600 mil habitantes.

Este projecto é constituído pela ETA de Vilar de água tratada e uma rede de distribuição com 55 reservatórios, 19 estações elevatórias e mais de 250 km de conduta. Tem também 4 estações de recloragem, colocadas em pontos estratégicos da rede, de modo a garantir a estabilidade microbiológica da água tratada ao longo do sistema adutor. Este projecto envolve nomeadamente Telecomunicações (Comunicações Ópticas e GSM), Bases de Dados, e uma rede de videovigilância.

4.3.3 Sistema de Telegestão dos Serviços Municipalizados de Loures ^[12]

Os Serviços Municipalizados de Loures têm como missão, a distribuição domiciliária de água, drenagem de águas residuais domésticas, industriais e pluviais, e recolha de resíduos sólidos. A necessidade permanente de melhoria da gestão/exploração da rede de drenagem de águas residuais aliada ao desenvolvimento de técnicas de teletransmissão, fez com que os Serviços Municipalizados de Loures lançassem mão a um projecto de concepção/construção de um sistema de telegestão para o sub-sistema de Beirolas (um dos três sub-sistemas do sistema geral de esgotos), com a finalidade de melhorar a eficácia da gestão de uma rede unitária com um sistema complexo de descarregadores e uma estação elevatória, optimizando recursos humanos e materiais.

Foi efectuado um investimento, no valor de 500.000 euros. Os principais componentes fazem parte de uma “rede inteligente”, constituída por um centro de comando, dez estações locais, ligados através de uma rede de comunicações, utilizando linhas analógicas dedicadas. Desta forma, os autómatos das diferentes instalações, descarregadores e estação elevatória estão em comunicação permanente com o centro de comando, transmitindo toda a informação necessária.

4.3.4 Sistema de Telegestão das Águas do Zêzere e Côa, S.A. [19]

A Águas do Zêzere e Côa, S.A. é responsável pela concepção e gestão do Sistema Multimunicipal do Alto Zêzere e Côa, que abrange dez concelhos do interior centro. O sistema estende-se numa área de 4.500 km². Na concepção do sistema de Telegestão tiveram em conta os seguintes:

- morfologia e dispersão do sistema;
- selecção de parâmetros a controlar;
- centros de informação partilhada;
- redução de tempos de resposta.

Os custos previstos na implementação do sistema de Telegestão foram da ordem dos 3.000.000 euros, num investimento a realizar em 5 anos. O retorno do investimento efectuado estimou-se em 9 anos, não considerando os custos de manutenção e a comparticipação financeira do fundo de coesão. A redução dos custos mensais foi estimada em cerca de 29.000 euros.

A instalação do sistema de telegestão do abastecimento de seis concelhos da Beira Interior Norte das Águas do Zêzere e Côa foi adjudicado ao consórcio constituído pela Ace, Macraut e Telcabo. As empresas foram responsáveis pelo fornecimento, montagem e colocação em serviço dos centros de controlo operacional do Caldeirão e Vascoveiro e dos sub-centros de controlo móvel das zonas norte e centro do sistema multimunicipal de abastecimento de água do Alto Zêzere e Côa. A adjudicação foi efectuada pelo valor de 1,9 milhões de euros. O contrato prevê ainda a instalação das estações e terminais remotos, bem como de alimentações de emergência, detecção de intrusão do sistema de telegestão.

4.3.5 Sistema de Telegestão das Águas do Algarve [14]

A população servida actualmente é da ordem dos 400.000 habitantes em época baixa e de 1.000.000 habitantes, em época alta. Recorrendo a uma grande diversidade de técnicas de construção, foram construídas em cerca de três anos as infra-estruturas do sistema de tratamento e adução de água, com cerca de 278 km de extensão, 4 estações de tratamento e 18 estações elevatórias incluindo o correspondente sistema de Telegestão. Os centros operacionais, de todo o sistema, estão localizados nas Estações de Tratamento de Água de Tavira e Alcantarilha, quer no que se refere aos Serviços de Exploração, quer no que respeita ao laboratório de análise. Durante a implementação do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água do Barlavento e do Sotavento Algarvio, que deram origem ao Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água do Algarve e em todas as empreitadas posteriores de abastecimento de água, foi instalada uma rede de fibra óptica que acompanha toda a rede de distribuição de água em alta, com cerca de 500 quilómetros de comprimento. Esta tem por objectivo a sua utilização em sistemas de telegestão para efeitos de controlo e operação do sistema, bem como na rede informática da empresa.

Para que a gestão de todo o sistema seja possível e eficiente, são disponibilizados em tempo real, para o centro de comando, as seguintes informações:

- níveis reservatórios;
- volume de água armazenada;
- caudais instantâneo e acumulado;
- percentagem de abertura das válvulas reguladoras;
- pressão instantânea;
- estado das válvulas motorizadas;
- caudal de bombagem das estações elevatórias.

Adicionalmente são ainda transmitidas outras informações, tais como:

- estado de fornecimento de energia eléctrica;
- estado da UPS;
- detecção de inundação;
- cloro residual;
- turvação;
- estado das bombas de escoamento de água;
- abertura da porta de entrada, etc.

O Sistema de Telegestão instalado, é baseado na arquitectura tipo “*Profibus*”, dispõe de equipamentos e instalações ao longo dos adutores, bem como nos centros de comando, interligados entre si por uma rede de fibra óptica, com a extensão da rede adutora.

O objectivo deste sistema é permitir a operação da adução em tempo real, de forma eficaz e optimizada, sem necessidade de afectar recursos humanos de forma permanente nos locais das várias instalações.

As instalações foram preparadas para funcionar de forma automática, recebendo ordens do centro de comando e transmitindo para este informações relativas ao seu funcionamento, permitindo a sua gestão em condições ideais e a geração de alarmes em caso de anomalias.

As instalações geridas pelo Centro de Comando são:

- válvulas de seccionamento do adutor principal e derivações;
- estações elevatórias;
- câmaras de chegada aos reservatórios;
- estações de rechloragem.

O centro de comando desempenha as seguintes funções:

- emissão de ordens de fecho e abertura de válvulas, de arranque e paragem das estações elevatórias;
- emissão de ordens com o valor do caudal a aduzir a cada um dos reservatórios e a elevar por cada uma das estações;
- recepção de informações sobre o estado de cada uma das válvulas do sistema (aberta, fechadas, em funcionamento, com avaria) e dos grupos electrobomba (em marcha, parados, em avaria);
- recepção de informação sobre o estado geral de cada uma das instalações (faltas de tensão eléctrica, intrusão, inundação, estado das bombas de esgoto);
- recepção dos valores das grandezas hidráulicas medidas (caudal, pressão, rotação dos grupos, nível) e da potência eléctrica das estações elevatórias;

- verificação automática de desvios dos valores de grandezas relativamente ao que seria normal;
- verificação automática do cumprimento das ordens emitidas;
- produção de sinalizações e alarmes luminosos e sonoros;
- comunicação de emergência via linha da Portugal Telecom, em caso de falha ou corte da fibra óptica.

As informações recebidas no centro de comando são arquivadas e tratadas em formato digital, permitindo a emissão automática de relatórios de exploração, elaboração de gráficos, estatísticas, etc. Nas consolas de comando é possível ainda aceder a diagramas sinópticos de cada uma das instalações onde são indicados valores recebidos, permitindo ao pessoal de operação a avaliação do respectivo estado. As comunicações estão em funcionamento permanente, sendo ciclicamente actualizadas as variáveis de controlo. Como medida de segurança, foi montado um sistema de comunicações de emergência, que é actuado em caso de avaria ou alarme em cada um dos pontos, ou por falha no cabo de comunicações. Este sistema utiliza a rede telefónica pública, através de uma linha comutada para cada uma das instalações.

4.3.6 Sistema de telegestão da ETA das Fontainhas

O sistema de telegestão da ETA das Fontainhas é composto por cinco autómatos Schneider (modelo Premium) e três computadores para postos de operação. Cada autómato tem a seu cargo a gestão de uma parte do processo, estando as tarefas divididas em, pré-tratamento, mistura de reagentes, decantação e filtragem e elevação. Os autómatos comunicam em rede FIPWAY e gerem no total cerca de 1750 variáveis automaticamente.

Além dos autómatos referidos, foram também utilizados os seguintes componentes na implementação do sistema de supervisão:

- 3 licenças *PcVue* Single Station de 2000 variáveis;
- 1 licença *DataVue*;
- rede de comunicação – FIPWAY;
- software de supervisão (SCADA) *PcVue*.

Na *Figura 4.2* pode-se observar alguns dos sinópticos reproduzidos pelo sistema implementado.

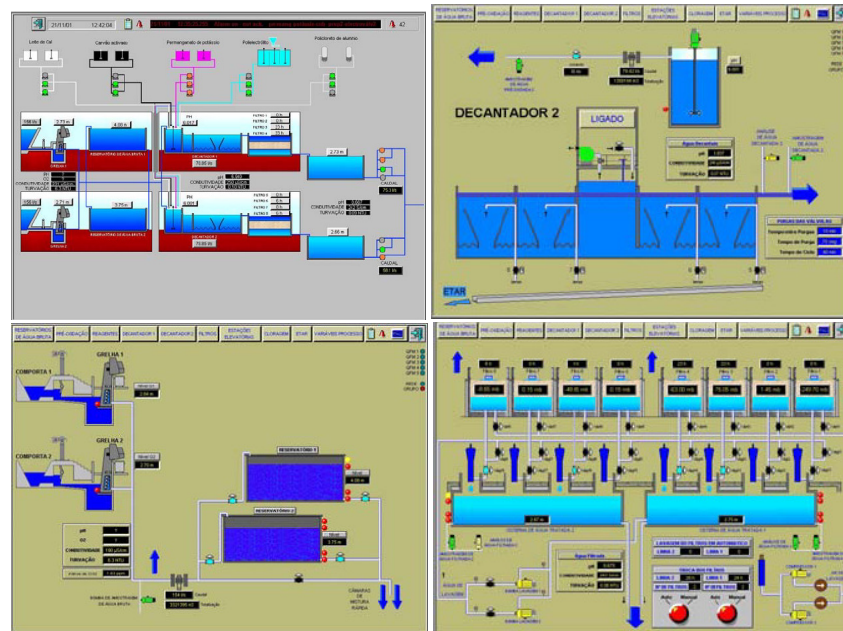


Figura 4.2 - Exemplos dos sinópticos do sistema de supervisão da ETA das Fontainhas

4.3.7 Sistema de Telegestão dos Serviços Municipalizados de Aveiro [10]

No Sistema de Abastecimento de Água do concelho de Aveiro existem 17 pontos de origem de água e uma capacidade de armazenamento de 16.950m^3 , distribuídos por 6 reservatórios e uma extensão de rede de água de 582 km.

Na Figura 4.3 é apresentada a arquitectura funcional do projecto de telegestão de água.

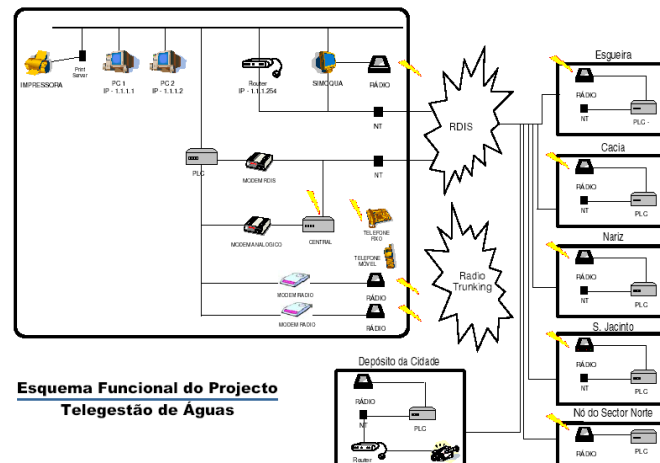


Figura 4.3 - Arquitectura do sistema de Telegestão da rede de distribuição de água

O sistema de drenagem de águas residuais é constituído por uma rede de 85 estações elevatórias, 3 estações de tratamento de água, 343 km de comprimento de colectores e 44 km de comprimento em condutas elevatórias.

A dimensão da rede de drenagem de águas residuais (R.D.A.R.) e da rede de distribuição de água (R.D.A.) levaram à necessidade de conhecer e controlar à distância e em tempo real, os sistemas de produção, tratamento e distribuição de água. Os objectivos fundamentais de um sistema de gestão eficaz, passam pela modernização

dos equipamentos ligados à exploração de redes de água, da instrumentação, automação e supervisão, bem como a ligação a um sistema de gestão administrativa e financeira, não esquecendo os seguintes aspectos:

- redução de custos;
- eficiência da exploração;
- poupança de água e energia eléctrica;
- controlo efectivo da qualidade da água;
- melhoria dos serviços prestados aos consumidores;
- melhoria da imagem pública;
- detecção de fugas;
- controlo de acessos e televigilância.

O Rádio Tranking e as Linhas RDIS comutadas são a base de comunicações utilizadas na Telegestão da rede água.

Na rede de Saneamento a gestão centralizada ajuda a introduzir coerência no funcionamento das diferentes instalações, quer no domínio do comportamento hidráulico, quer na optimização do tratamento e controlo da poluição.

Este sistema, ainda com um desenvolvimento à escala piloto, compreende uma estação central de supervisão e controlo (localizada no centro de exploração destes SMA) e onze estações locais (sistemas elevatórios), permitindo ao sector de exploração do saneamento a gestão em tempo real dos caudais afluentes às estações elevatórias, a detecção de descargas de emergência nas linhas de água, e simultaneamente, o conhecimento do estado de funcionamento do sistema. A expansão do sistema de drenagem de águas residuais domésticas a todo o Concelho de Aveiro, o consequente aumento do número de sistemas elevatórios (resultado da topografia existente), o aumento das distâncias entre estas e o centro de exploração, com consequências ao nível da logística e de afectação de recursos humanos e a constante tentativa em garantir uma gestão técnica, operacional e económica eficaz da rede colectora, transformou o desenvolvimento e implementação do sistema de “Telemedida e Telecontrolo das estações elevatórias (EE) de Águas Residuais do Concelho de Aveiro” numa evolução natural do sistema de gestão destas infra-estruturas.

O sistema piloto para a rede de saneamento em funcionamento tem como objectivos:

- controlar os caudais bombeados;
- controlar descargas para as linhas de água;
- transmitir para a unidade central toda informação obtida, tratar e visualizar essa informação;
- enviar para as unidades locais comandos para actuação;
- redução de custos;
- eficiência da exploração;
- melhoria dos serviços prestados aos consumidores;
- controlo de acessos.

O SMS é a base de comunicação utilizada na Telegestão da rede saneamento.

A *Figura 4.4* representa um exemplo dos sinópticos do sistema implementado.

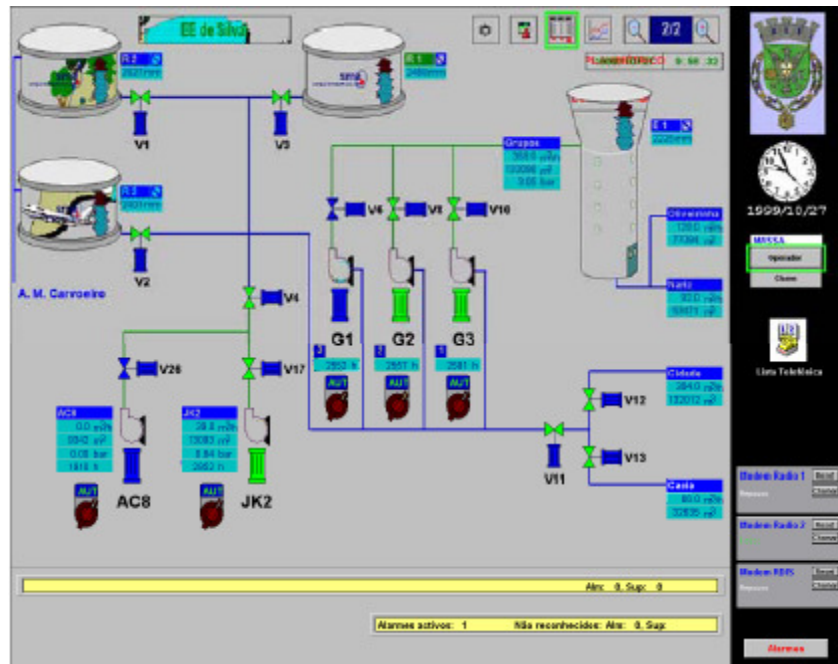


Figura 4.4 - Exemplo de um sinóptico do sistema de supervisão dos SMA Aveiro

O sistema de telegestão foi desenvolvido utilizando o software SCADA - RSVIEW e como controladores das estações locais foram utilizados autômatos da Allen Bradley.

4.3.8 Sistema de Telegestão dos Serviços Municipalizados de Oliveira do Bairro [11]

O Município de Oliveira do Bairro dispõe de uma rede completa de abastecimento de água e drenagem de águas residuais que implicou um investimento de mais de cinco milhões de euros. O controlo de todo este sistema é efectuado por um sistema de Telegestão. Este foi desenvolvido em duas fases, adjudicadas à empresa Tecnilab Portugal, S.A.. O sistema de telegestão foi desenvolvido utilizando o software CitectSCADA e linhas dedicadas.

4.3.9 Sistema de Telegestão das Águas do Douro e Paiva, S.A. [17]

A empresa Águas do Douro e Paiva, SA é concessionária, do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água à Área Sul do Grande Porto. O sistema de Telegestão existente foi implementado em duas fases:

- sistema de Telegestão de Lever, valor de adjudicação 1.372.000€;
- sistema de Vale do Sousa, valor de adjudicação 1.726.000€.

Ficando assim abrangida quase toda a rede de adução. Na execução das redes de distribuição foi instalada uma rede de fibra óptica em toda a extensão da rede de 300 km. Esta rede foi utilizada como sistema de transmissão de dados pela telegestão e ao mesmo tempo utilizada como rede de comunicação de voz e imagem.

4.3.10 Sistema de Telegestão das Águas do Vouga [20]

Denomina-se Sistema Regional do Carvoeiro ao conjunto de obras executadas que têm como objectivo o abastecimento em alta de 6 Concelhos do Baixo Vouga (Águeda, Albergaria-a-Velha, Aveiro, Estarreja, Ílhavo e Murtosa), nomeadamente a captação, tratamento, adução até aos centros de distribuição e armazenamento principal. Este foi objecto de concessão, tendo iniciado em Outubro de 1996.

O sistema está dimensionado para servir cerca de 270 000 habitantes, com um consumo médio diário de 30 000 m³ de água. O SRC é composto por: 15 reservatórios com volumes entre os 200 e 7500 m³, uma ETA, 3 Estações Elevatórias, captações constituídas por dois poços e três furos nos aluviões do rio Vouga, 17 km de condutas elevatórias e 73 km de condutas gravíticas. O sistema é formado fundamentalmente por duas partes distintas: uma parte elevatória, desde as captações até ao reservatório principal de Albergaria e uma gravítica entre este e os restantes reservatórios dos centros de distribuição.



Figura 4.5 - Edifício de Exploração e reservatórios RPA e R2

O sistema de supervisão foi desenvolvido utilizando o software CitectSCADA e como controladores das estações locais foram utilizados autómatos da SAIA e a rede de comunicação é assegurada através de linhas dedicadas.

4.3.11 Sistema de Telegestão no Concelho de Óbidos [11]

Povoada com aproximadamente 10 mil habitantes a Câmara de Óbidos, apoiada pela Tecnilab Portugal, S.A., implementou um sistema de Telegestão das infra-estruturas de captação, tratamento, armazenamento e distribuição de águas, possibilitando desta forma um controle mais rápido e eficaz, quer na qualidade, quer na quantidade. O sistema de telegestão foi desenvolvido com o intuito de alcançar os seguintes objectivos:

- eficiência de exploração;
- controle da qualidade da água;
- redução de fugas e perdas;
- redução de custos de exploração;
- poupança de energia eléctrica;
- melhoria da imagem pública.

Toda a informação é centralizada na ETA sendo posteriormente enviada por uma linha dedicada para a Câmara Municipal.

O sistema de telecomunicações foi baseado em rádios de banda livre, por forma, a que os custos envolvidos na exploração fossem nulos.

Com o sistema desenvolvido pela Tecnilab Portugal, S.A., é agora possível à Câmara Municipal de Óbidos gerir de forma otimizada toda a produção e distribuição de Água garantindo a sua qualidade e quantidade evitando perdas, melhorando a eficiência do seu sistema de distribuição, reduzindo custos de exploração e de manutenção local.

A central de comando é constituída por dois sistemas informáticos tendo como Software base o sistema Citect e um bastidor de comunicações apropriado para esta aplicação. Neste local foi instalado um módulo de transmissão de alarmes via GSM, que permite que os alarmes técnicos seleccionados sejam enviados de forma autónoma para a equipa de operação e manutenção. A informação proveniente da central de comando com todos os dados de exploração, é posteriormente enviada por fibra óptica para a rede informática da Câmara Municipal de Óbidos de forma a ser tratada. Este sistema teve uma evolução rápida e passou a incorporar desde o ano de 2004 as infra-estruturas denominadas por Báltico e Senhora da Luz.

O sistema de telegestão é constituído por:

- um centro de comando, *Figura 4.6*, composta por dois sistemas informáticos, ETA do Campo de Futebol;
- um sistema periférico de recolha e tratamento de dados composto por um sistema informático, Báltico;
- comunicação com a Câmara Municipal de Óbidos, com três acessos informatizados e independentes;
- CitectSCADA (*Figura 4.7*);
- sistema Operativo Windows NT, Server e NT Workstation;
- sistema de transmissão de alarmes e medidas via GSM;
- 6 PLCs;
- 7 Variadores de velocidade para controlo de velocidade dos grupos através de funções PID;
- 16 Rádios frequência de 400 MHz, banda livre; 1 Fibra Óptica, 1 Linha dedicada.



Figura 4.6 - Centro de Comando

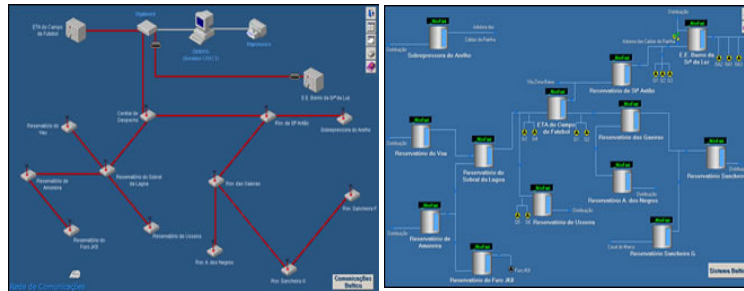


Figura 4.7 - Exemplo de sinópticos do sistema de supervisão de Óbidos

4.3.12 Sistema de Telegestão da EPAL [18]

O Sistema de Telegestão da EPAL assenta em tecnologia de informação apresentando as seguintes vantagens:

- Segurança na exploração da rede, dado que o operador é avisado da ocorrência de possíveis anomalias – níveis dos reservatórios muito altos ou baixos, faltas de pressão, faltas de energia eléctrica, avarias nos grupos de bombagem.
- Conhecimento em tempo real do funcionamento das instalações
- Comando à distância de grupos de bombagem e de válvulas
- Gestão da energia eléctrica de todas as instalações de bombagem e tratamento
- Controlo de qualidade pela verificação em tempo real dos parâmetros da qualidade da água
- Armazenamento de dados que são editados em forma de balanços ou estatísticas de funcionamento

O sistema de abastecimento da EPAL é gerido por cinco centros de comando:

- Estação de Tratamento de Água da Asseiceira, Médio Tejo e Estação de Tratamento de Água de Vale da Pedra, controlam as operações das estações de tratamento e de distribuição em alta aos municípios do Médio Tejo.
- Arco - controla as operações de produção, transporte e distribuição em alta aos municípios.
- Olivais - controla as operações de distribuição à cidade de Lisboa

O sistema de telegestão, com elevado grau de automatização, centraliza a operação de cerca de 147 instalações da área de Produção e Transporte e 24 instalações da área de distribuição de água à cidade de Lisboa (*Figura 4.8*).



Figura 4.8 - Centro de comando e layout da supervisão

4.3.13 Comparação tecnológica entre os sistemas

Na Tabela 4.1 é apresentado um quadro comparativo do software de supervisão e das unidades de controlo e comunicação dos diversos sistemas de telegestão das redes de água e de saneamento. É fácil verificar que, com a excepção de Albergaria na totalidade dos sistemas é utilizado um software de SCADA comercial. Apenas neste trabalho foi desenvolvido um software em Delphi de raiz à medida das necessidades dos serviços. Em termos de comunicação a diversidade é maior, já que o tipo de comunicação está muito dependente do tráfego pretendido e da topográfica.

Tabela 4.1 - Comparação entre os diversos sistemas de telegestão

Empresa	Software	PLC's	Comunicação
SimRia	CitectSCADA	Allen Bradley, Unitronics	Fibra óptica, GPRS, Feixe Hertzianos
Águas do Cavado	CitectSCADA	Allen Bradley, Unitronics	Fibra óptica, GPRS
S. M. Loures	EFACEC	SAIA	Linhas dedicadas analógicas
Águas Algarve	CitectSCADA	SAIA	Linha comutada da Portugal Telecom, fibra óptica, GPRS
ETA Fontainhas	(SCADA) PCVUE	Schneider (Premium)	Fibra óptica
S. M. Aveiro	RSView	Allen Bradley	SMS, Rádio Tracking
S. M. Oliveira do Bairro	CitectSCADA	Unitronics, Allen Bradley	Linhas dedicadas analógicas
Águas Douro e Paiva, S.A.	CitectSCADA	Allen Bradley	Fibra óptica
Associação de Municípios Carvoeiro	CitectSCADA	SAIA	Linhas dedicadas analógicas
Câmara de Óbidos	CitectSCADA	PCC Marca B & R, Omron e Unitronics	Fibra óptica, linha dedicada, GSM e rádio frequência 400 MHz
EPAL	CitectSCADA, Geswater	SAIA	Fibra óptica, linha dedicada
SMAS Albergaria-a-Velha	Delphi	Mitsubishi	GPRS e RS485

[Esta página foi deixada em branco propositadamente]

5 CAPÍTULO – Análise da R.D.A e da R.D.A.R dos SMAS de Albergaria-a-Velha

5.1 Análise dos serviços dos SMAS de Albergaria-a-Velha

Os Serviços Municipalizados de Albergaria-a-Velha têm à sua responsabilidade a conservação e controlo de uma rede de distribuição de água com 292 km, onde estão instalados 18 contadores, distribuídos por zonas de medição e controlo, 11 reservatórios de armazenamento de água, 6 captações, 3 centrais hidropressoras, o que corresponde a uma acessibilidade à rede água, em 2006, de 100% e uma população abrangida de 24700 habitantes.

A rede de drenagem de águas residuais, é constituída por 165km, 18 estações elevatórias, 2 ETAR's e 7 zonas de medição dos caudais fornecidos à SIMRIA o que corresponde a uma acessibilidade, em 2006, de 85% e uma população abrangida de 21250 habitantes.

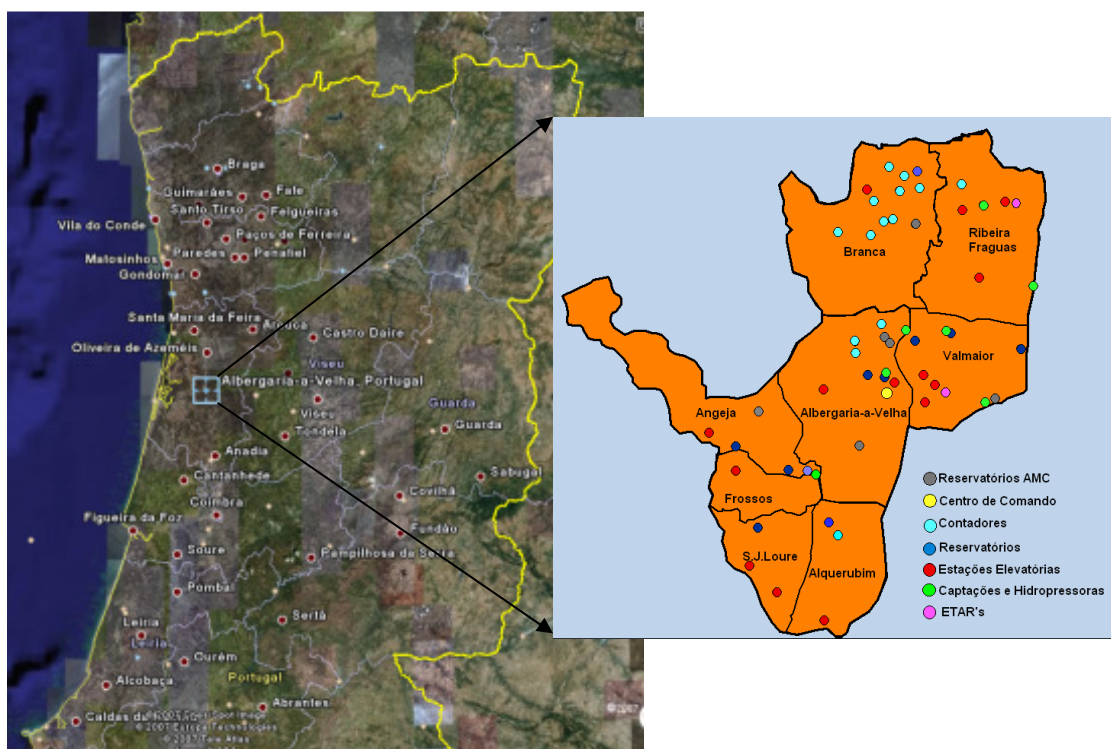


Figura 5.1 – Localização e Unidades Locais e de Supervisão da R.D.A. e da R.D.A.R.

5.1.1 Sistema existente

A manutenção e o controlo de toda a rede de distribuição água e drenagem de águas residuais, antes da implementação do sistema de telegestão eram efectuados do seguinte modo: o funcionamento dos serviços nos dias úteis era assegurado por dois turnos. Em cada turno, os colaboradores percorriam todas as estações de água e saneamento verificando o estado da estação, efectuando a leitura do contador horário, o número de horas que a estação trabalhou, comparando com os registos dos dias anteriores no sentido de detectar alguma anomalia. Aos fins-de-semana a maioria das estações são percorridas uma única vez. Somente as estações que necessitem ser activadas ou desactivadas consoante o estado do sistema, é que são percorridas no mínimo duas vezes. Quinzenalmente era efectuada a verificação dos contadores distribuídos nas Zonas de Medição e Controlo da rede o que corresponde a percorrer uma distância de 115km. Para percorrer estas distâncias durante o dia são necessários dois colaboradores,

um para a volta de água e outro para a volta de saneamento. No segundo turno, somente um colaborador percorre as referidas estações.

Problemas encontrados no funcionamento dos serviços:

- Os colaboradores não conseguiam dar a volta a todas as estações caso encontrassem avarias nas mesmas, ou existissem problemas na rede de água ou saneamento.
- Deslocação às estações mesmo que se encontrem em bom funcionamento.
- Mesmo com a passagem do operador pela estação, determinadas avarias não eram detectadas, sendo detectadas a longo prazo, ou somente quando a própria estação deixasse de trabalhar por completo.
- Existência de descargas de águas residuais para o meio hídrico, muitas das vezes detectadas por os próprios habitantes da zona, sendo este originado pelo mau funcionamento de uma estação a jusante ou a montante.
- Desperdício de água, devido aos reservatórios estarem cheios e as captações continuarem a fornecer água, mau aproveitamento das captações devido a estas terem que se encontrar desligadas das 22h às 8h, sendo o abastecimento neste horário efectuado pela compra de água ao sistema em alta.
- Impossível a detecção de roturas na rede de água em tempo útil para evitar danos materiais elevados e falhas de abastecimento prolongadas.
- Impossível controlar as perdas na rede de água.
- Impossível garantir, uma boa qualidade da água e o tratamento necessário.

Antes da implementação do sistema piloto de telegestão foi criado um sistema de aquisição de dados de modo a efectuar uma recolha de informação mais fiável e que permita uma análise por parte dos colaboradores sobre o estado das estações. Para isso foi necessário efectuar a aquisição de um PDA industrial (Symbol PPT8800) e desenvolveu-se uma aplicação em Visual Studio.NET, à medida das necessidades, *Figura 5.2*. Este software teve que ser desenvolvido tomando em atenção a pouca experiência por parte dos colaboradores em lidar com este tipo de tecnologias. Sendo assim, foi criada uma interface gráfica simples de modo a permitir a estes utilizadores a introdução dos dados necessários. Este sistema ainda se encontra actualmente em funcionamento, mostrando ser um modo eficaz de recolha de informação e de ajuda na gestão. As suas principais vantagens são:

- Maior fiabilidade na aquisição de dados;
- Melhoramento na detecção de avarias;
- Actualização dos dados instantânea;
- Garantia do percurso efectuado às estações;
- Garantia da execução de pelo menos uma volta diária por estação.

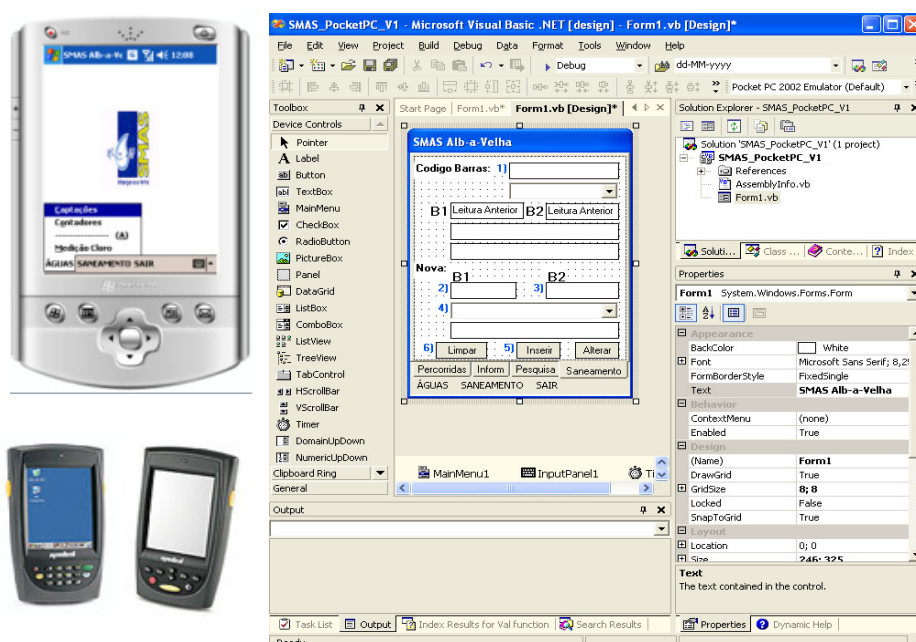


Figura 5.2 Software e PDA industrial para aquisição de dados

5.1.2 Comunicação principal do sistema de telegestão

Dada a rápida expansão dos sistemas de distribuição de água e de drenagem de águas residuais nos últimos anos, e a constante preocupação na contenção das despesas públicas, os SMAS de Albergaria-a-Velha consideraram imperativo encontrar novas formas de gestão das redes. O sistema de Telegestão desenvolvido é composto por equipamentos de monitorização e controlo, que permitem recolher dados de modo a possibilitar uma gestão centralizada, mais eficaz e em tempo útil.

Uma das decisões mais importantes na implementação deste projecto prende-se com a escolha do meio de comunicação a utilizar para recolha de toda a informação e controlo de todo o sistema, já que as unidades locais se encontram espalhadas num raio de 14km. Esta escolha será baseada nas questões funcionais e económicas de cada tipo de comunicação enunciadas no capítulo 4. Dado que, na fase das empreitadas executadas pelos serviços não foram colocados cabos nem qualquer tubagem para instalação dos mesmos, que permita interligar a US às respectivas unidades locais, a hipótese de utilizar comunicações com fios foi excluída. Para análise da viabilidade dos diferentes meios de comunicação sem fios, foi necessário conhecer alguns parâmetros como a localização das unidades locais (cotas, distâncias, redes móveis existentes, interrupções da linha de vista), preços dos equipamentos associados a cada tipo de comunicação e quantidades necessárias para a sua execução.

As tabelas seguintes ilustram os obstáculos existentes entre a linha de vista da unidade local correspondente à US. Se entre essas duas cotas existir uma cota mais elevada, esta encontra-se assinalada a vermelho, indicando o respectivo valor. A designação VG e ID correspondem à existência de obstáculos em que o primeiro é referente à vegetação envolvente e o segundo a edifícios construídos.

Tabela 5.1 - Cotas e distâncias das zonas de medição e controlo

Zonas de medição e controlo						Distância	
Caixas de Visita	Cota (m)	Obstáculo 1	Obstáculo 2	Obstáculo 3	Cota US	(m)	(km)
VRP Souto	246	OK	OK	OK	118	8.080	8,08
CPC Nobrijo	265	OK	290	OK	118	7.665	7,66
VRP Telhadela	143	130	164	OK	118	8.535	8,53
Fial, Paus, Alque.	75	90	105	115	118	5.615	5,61
Ribeira	155	175	160	OK	118	6.310	6,31
Sarraipa	183	OK	145	OK	118	6.440	6,44
VRP EIRAS	195	OK	221	OK	118	7.605	7,60
Outeirinho	166	OK	177	OK	118	8.355	8,35
Mundo Novo	177	OK	145	OK	118	6.425	6,42
Laginhas	152	OK	165	OK	118	7.200	7,20
A-a-Nova	170	OK	OK	OK	118	6.255	6,25
Soutelo	115	OK	150	OK	118	6.230	6,23
VRP Á. Vouga	160	OK	OK	OK	118	2.370	2,37
Bimbo	140	OK	OK	OK	118	2.160	2,16
Grohe	140	OK	OK	OK	118	2.050	2,05
Frias -Carvoeiro	90	OK	121	OK	118	4.105	4,10

Tabela 5.2 - Cotas e distâncias das estações da rede de distribuição de água

Estações da rede de distribuição de água						Distância	
Reservatórios e Captações	Cota (m)	Obstáculo 1	Obstáculo 2	Obstáculo 3	Cota US	(m)	(km)
R2	160	OK	OK	OK	118	2.230	2,23
R3	110	121	OK	OK	118	2.400	2,40
R3.1	78	VG	OK	OK	118	5.430	5,43
R3.2	70	VG	116	OK	118	7.180	7,18
R4	255	OK	OK	OK	118	6.250	6,25
R4.1	310	316	OK	OK	118	8.350	8,35
R5	79	126	OK	OK	118	5.385	5,38
R16	105	137	OK	OK	118	3.935	3,93
R.Marridas 1º	93	VG	OK	OK	118	4.285	4,28
R.Marridas 2º	75	126	OK	OK	118	6.335	6,33
R.V.N.Fusos	245	OK	OK	OK	118	5.435	5,43
R.Santa Cruz	135	OK	OK	OK	118	0.865	0,86
R. Frias	86	VG	126	OK	118	4.170	4,17
Cap.Rendo	25	VG	OK	OK	118	3.230	3,23
Cap. Sorrego	127	ID	OK	OK	118	0.125	0,12
H.V. S.Roque	130	VG	144	148	118	8.850	8,85
R.V.S.Roque	212	VG	185	148	118	8.690	8,69
R. Valemaior	100	OK	120	OK	118	1.730	1,73
Urgueiras	143	OK	OK	OK	118	1.190	1,19
Furos Sr Socorro	163	VG	OK	OK	118	2.420	2,42

Tabela 5.3 - Cotas e distâncias das estações da rede de drenagem de águas residuais

Estações da rede de drenagem de águas residuais						Distância	
Estações Elevatórias	Cota(m)	Obstáculo1	Obstáculo 2	Obstáculo3	Cota C.C.	(m)	(km)
Cubo	6	OK	OK	OK	118	6.810	6,81
Igreja	22	OK	OK	OK	118	5.940	5,94
Pinheiro	10	120	OK	OK	118	9.075	9,07
Alquerubim	5	OK	OK	OK	118	8.940	8,94
Sobreiro	120	126	OK	OK	118	2.685	2,68
Ribeiro	5	120	126	OK	118	7.030	7,03
1º Dezembro	120	OK	OK	OK	118	0.455	0,45
Escusa	140	155	157	161	118	7.560	7,56
Rio Caima	20	ID	OK	OK	118	1.555	1,55
Aido de Baixo	26	ID	OK	OK	118	1.855	1,85
ETAR Valemaior	31	ID	OK	OK	118	2.215	2,21
Cruzinha	120	137	OK	OK	118	1.285	1,28
V. S.Roque	168	175	160	155	118	8.575	8,57
ETAR V.S.Roque	130	175	230	150	118	8.850	8,85
Telhadela	113	160	150	160	118	8.010	8,01
Gavião	44	VG	OK	120	118	4.770	4,77
S.J.Loure	6	OK	121	OK	118	8.710	8,71

Nota: “Obstáculo 1, 2 e 3” indicam os obstáculos existentes na linha de vista entre a estação correspondente e o centro de comando.

Nas Tabelas 5.1 a 5.3, verifica-se que, pela análise das cotas e da área envolvente de cada instalação, 37 unidades locais não permitem comunicação ponto-a-ponto, visto não se encontrarem em linha de vista com a US. A comunicação entre estes pontos utilizando comunicações via rádio modem ou wireless (Wi-Fi, WiMax), só será viável com a colocação de repetidores e de mastros demasiado elevados.

Através da análise das cotas, verifica-se que algumas unidades locais estariam em linha de vista com a US. No entanto, quando foi analisada a área envolvente constatou-se a existência de vegetação elevada e/ou existência de edificações entre esses pontos, que impossibilitam a comunicação. Para definir o comprimento dos mastros de modo a garantir comunicação é necessário realizar testes em cada um dos locais.

Um dos métodos usados foi a utilização de um balão cor-de-laranja, cheio com hidrogénio e amarrado a um fio. No local onde se pretende instalar o mastro, é elevado o balão até que o colaborador que se encontra no ponto com que se pretende estabelecer comunicação consiga visualizar o mesmo, sendo o comprimento do fio correspondente à altura do mastro.

Nos casos em que o colaborador não consegue visualizar o balão, ou a altura a que este é visível seja demasiado elevada, pode-se resolver o problema colocando um repetidor entre esses dois pontos.

Foi ainda analisado o nível de sinal das diferentes redes móveis das estações da rede de distribuição de água e de drenagem de águas residuais, Tabelas 5.3 e 5.4:

Tabela 5.4 - Redes móveis existentes nas estações (S) com rede , (N) sem rede

ESTAÇÕES	VODAFONE/ TMN /OPTIMUS				VODAFONE/ TMN /OPTIMUS		
R2	S	S	S	⁴ E.E.Cubo	S	S	S
R3	S	S	S	E.E.Igreja	S	S	S
R3.1	S	S	N	E.E.Pinheiro	S	S	S
R3.2	S	S	S	E.E.Alquerubim	S	S	S
R4	S	S	S	E.E.Sobreiro	S	S	S
R4.1	S	S	S	E.E.Ribeiro	S	S	S
R5	S	S	S	E.E. 1º Dezembro	S	S	S
R16	S	S	N	E.E.Escusa	S	S	S
R.Marridas 1º	S	S	S	E.E.Rio Caima	S	S	S
R.Marridas 2º	S	S	S	E.E.Aido de Baixo	S	S	S
R.V.N.Fusos	S	N	N	ETAR Valemaior	S	N	N
R.Santa Cruz	S	N	N	E.E.Cruzinha	S	N	N
R. Frias	S	S	S	E.E.V. S.Roque	N	N	N
Cap.Rendo	S	N	N	ETAR V.S.Roque	N	N	N
Cap. Sorrego	S	S	S	E.E.Telhadela	N	S	N
H.V.S.Roque	N	S	N	E.E.Gavião	N	S	N
R.V.S.Roque	N	N	N	E.E.S.J.Loure	S	S	S
R.Valmaior	S	S	N	Outeirinho	S	S	S
Urgueiras	S	S	S	Mundo Novo	S	S	S
Furos Sr Socorro	S	S	S	Laginhas	S	S	S
VRP Souto	S	S	S	Albergaria-a-Nova	S	S	S
CPC Nobrijo	S	S	S	Soutelo	S	S	N
VRP Telhadela	N	S	N	VRP Á. Vouga	S	S	S
Fial,Paus,Alque.	S	S	S	Contador da Bimbo	S	S	S
Ribeira	S	S	S	Contador da Grohe	S	S	S
Sarraipa	S	S	S	Frias -Carvoeiro	S	S	S
VRP EIRAS	S	S	S				

Na análise da Tabela 5.4, verifica-se a inexistência de sinal nas redes móveis em determinadas unidades locais e a impossibilidade de utilizar uma única operadora como prestadora de serviços, de modo a garantir as comunicações necessárias. No entanto, no projecto total será necessária a utilização de mais do que um tipo de comunicação, de modo a conseguir a monitorização e o controlo de todas as unidades locais.

Na tentativa de chegar à solução ideal, vão ser apresentados vários cenários possíveis, usando em cada UL a comunicação mais vantajosa.

⁴ (E.E.) – Estação Elevatória

I. Comunicação rádio como comunicação principal:

O uso de comunicação via rádio implica a existência de linha de vista entre a UL e a US. Nas unidades locais com linha de vista com a US será necessário um rádio *modem* e uma antena capaz de atingir a distância pretendida. Nas unidades locais sem linha de vista, será necessário recorrer a pontos intermédios (repetidores), ou a colocação de mastros. Para definição dos custos na implementação desta solução foram solicitados vários orçamentos a diversos fornecedores relativamente ao equipamento e às tarifas necessárias, no caso de não se usar uma frequência livre para a comunicação. Nas tabelas seguintes, apresenta-se os valores obtidos usando os preços mais baixos obtidos. Para facilitar a análise do problema considerou-se que só seriam usados mastros nos locais onde o mesmo não ultrapassasse 8 metros de altura e sempre que se aplicasse um repetidor. Na colocação de repetidores para além dos mastros, também será necessária a existência de energia eléctrica são necessárias duas antenas direccionais. Após várias simulações verificou-se que a situação mais rentável seria considerar o depósito de Santa Cruz como centro principal de comunicação, colocando uma antena omnidireccional no seu topo:

Tabela 5.5 - Custo de equipamento na comunicação via Rádio

Equipamento para comunicação via Rádio	Quantidade necessária	Preços	Total
Módulos rádio SATEL - SATELLINE - 3ASd	52	1.107,00 €	57.564,00 €
Repetidores rádio	15	1.107,00 €	16.605,00 €
Antenas estações >4km - Direccional CAY++++	25	301,00 €	7.525,00 €
Antenas estações <4km - Direccional CAY	56	151,00 €	8.456,00 €
Antena - omnidireccional CAE4	1	724,00 €	724,00 €
Mastros necessários	37	1.000,00 €	37.000,00 €
Cabo coaxial (metros)	560	30,00 €	16.800,00 €
Cabo RS232	52	25,00 €	1.300,00 €
		TOTAL	145.974,00 €

Nota: Nesta análise não se consideraram os custos associados à colocação de energia nos locais onde seriam colocados os repetidores.

II. Comunicação GPRS como comunicação principal

Neste cenário, foram considerados o investimento em equipamento Tabela 5.5 e os custos de transmissão Tabela 5.6 associados a este tipo de comunicação.

Tabela 5.6 - Custos de equipamento na comunicação via GPRS

Equipamento para comunicação via GPRS	Quantidade	Preços	Total
Modem Wavecom	52	500,00 €	26.000,00 €
Relé para reset do modem	52	2,00 €	104,00 €
		TOTAL	26.104,00 €

Tabela 5.7 - Custos de transmissão na comunicação via GPRS

Custos transmissão via GPRS	Quantidade	Mbytes	Por mês
Estimando que cada comunicação gasta 400bytes	52	92,85	
Um pacote de 100Mbytes	52	100	134,00 €
Colocação IP fixo no centro de comando	1		45,00 €
		TOTAL	179,00 €

III. Comunicação SMS como comunicação principal

Neste cenário, foram considerados o investimento em equipamento Tabela 5.8 os custos de transmissão Tabela 5.9 associados a este tipo de comunicação.

Tabela 5.8 - Custos de equipamento na comunicação via SMS

Equipamento para comunicação via SMS	Quantidade	Preços	Total
Modem Wavecom ou Siemens	52	300 €	15.600,00 €
		TOTAL	15.600,00 €

Considerando que seria necessário enviar a mesma quantidade de informação, 400bytes por UL, em cada transmissão efectuada entre a UL e a US.

Tabela 5.9 - Custos de transmissão na comunicação via SMS

Custos transmissão via SMS	Nº SMS	bytes	Por mês
Um pacote de SMS só permite o envio de 160 bytes	625.000	100 M	
Custo de cada SMS num pacote de 1000 SMS mensais	1.000	0,16 M	56,65 €
Para enviar 400 bytes	3	400 bytes	0,17 €
O envio de 1000 bytes em GPRS		1000 bytes	0,0013 €

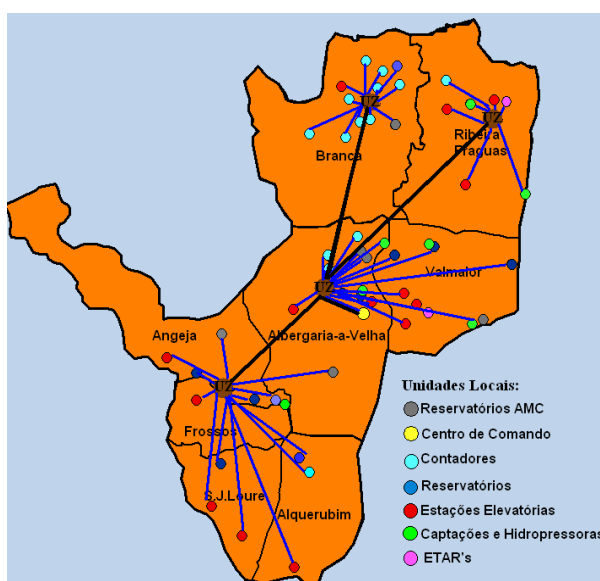
Na tabela anterior pode verificar-se que o envio de 400 bytes em SMS fica bastante mais caro do que 1 Kbyte em GPRS. As mensagens SMS poderão no entanto ser usadas para o envio de alarmes de emergência aos colaboradores. Outra desvantagem do SMS é o tempo de atraso entre o envio da informação e a recepção da mesma. Usando o GPRS existe sempre uma ligação aberta, pelo que o atraso existente é desprezável.

IV. Comunicação *wireless* como comunicação principal

A comunicação via *wireless* permite ligações ponto-a-ponto e multi-ponto. A solução mais rentável seria utilizar ligações ponto-a-ponto nas grandes distâncias (ligação entre UZ e a US) e as ligações multi-ponto na recolha dos dados das UL (ligação entre as UZ e as UL). Analisando o mapa e as cotas entre as estações, concluiu-se que com a utilização de quatro estações multi-ponto seria possível abranger toda a área necessária controlar. Sendo assim, nas UL seria somente necessário a colocação de um modem *wireless PMP (point-multi-point)*, e a interligação entre as UZ e a US, seria efectuada através da colocação de quatro *modems Wireless PTP (point-to-point)*. De modo a facilitar a comparação com os outros meios de comunicação considerou-se a existência de linha de vista entre estas estações (Figura 5.3).

Tabela 5.10 - Custo de equipamento na aplicação da comunicação via Wireless

Equipamento para comunicação Wireless	Quantidade	Preços	Total
Módulos Wireless PMP – (Point-Multi-Point) ,para a UZ	8	6.834,00 €	54.672,00 €
Módulos Wireless PTP – (Point-to-Point), para a UZ	8	6.115,00 €	48.920,00 €
Módulos Wireless PMP, para as UL	48	3.455,00 €	165.840,00 €
Antenas	52	1111,00 €	57.772,00 €
Mastros	4	3.000,00 €	12.000,00 €
Cartas Ethernet (autómatos)	52	500,00€	26.000,00 €
TOTAL			339.204,00 €

**Figura 5.3- Exemplo da aplicação das Unidades de Zona, aplicando uma comunicação via Wireless**

A Tabela 5.11 apresenta uma análise comparativa entre as comunicações via GPRS, Rádio e Wireless.

Tabela 5.11 - Comparação entre o investimento na comunicação via GPRS vs Rádio

Comparação GPRS vs Rádio	Total
Equipamento Rádio	145.974,00 €
Equipamento GPRS	26.104,00 €
Diferença:	119.870,00 €
Custos de transmissão GPRS	179,00 €
Custo anual de transmissão GPRS	2.148,00 €
Amortização (anos):	56

Comparando o investimento que seria necessário efectuar usando comunicações via rádio com a utilização de comunicações via GPRS, verificou-se que seriam necessários 56 anos para amortizar o investimento inicial usando comunicações via rádio como comunicação principal, em vez das comunicações via GPRS.

Tabela 5.12 - Comparação entre o investimento na comunicação via GPRS vs Wireless

Comparação GPRS vs Wireless	Total
Equipamento Wireless	339.204,00 €
Equipamento GPRS	26.104,00 €
Diferença:	313.100,00 €
Custos de transmissão GPRS	179,00 €
Custo anual de transmissão GPRS	2.148,00 €
Amortização (anos):	146

A utilização da comunicação via *wireless* como comunicação principal no sistema de telegestão foi colocada fora de questão, devido ao seu elevado investimento inicial. Este tipo de comunicação poderá vir a tornar-se rentável no futuro pela redução espectável dos custos do equipamento bem como inclusão de serviços adicionais, transmissão de, vídeo vigilância, voz e dados. Mas, mesmo assim a colocação deste tipo de comunicação em determinadas UL, seria demasiado dispendioso.

Após esta análise verifica-se que a comunicação mais favorável é a comunicação via GPRS, já que o investimento inicial exigido pela comunicação via rádio e *wireless* torna o sistema demasiado dispendioso. Na implementação do Projecto Global irá ser necessário aplicar pelo menos dois tipos de comunicação distintos, visto que em alguns pontos na rede não existe rede GPRS.

Os meios de comunicação via rádio ou *wireless*, deverão ser utilizados futuramente nos pontos mais críticos da rede, como comunicação principal, passando o GPRS a ser utilizado como comunicação redundante. A utilização destas comunicações nestes pontos é vantajosa dado que são os pontos que necessitam de transferir uma maior quantidade de informação e de existir uma ligação redundante.

5.2 Análise do investimento no sistema de Telegestão

Após o estudo do funcionamento dos serviços municipalizados foi efectuado um levantamento sobre o equipamento necessário para o controlo de todas as unidades locais dos serviços, solicitados orçamentos e finalmente estimado o investimento necessário para o controlo das instalações. Tendo como base o funcionamento dos serviços sem sistema de telegestão, a análise baseia-se nos seguintes pressupostos:

- Estações de saneamento
 - duas voltas às estações nos dias úteis, 70 km/volta;
- Estações de água
 - duas voltas às estações nos dias úteis, 60km/volta;
- fins-de-semana
 - uma volta ao Sábado e outra ao domingo às estações de Água e Saneamento, 170km/volta;
- contadores totalizadores da Zona de Medição e Controlo
 - uma volta quinzenal aos contadores distribuídos na rede 115 km/volta;
- dois colaboradores, um em cada turno;

- custo estimado para a execução total do projecto é de 340 mil euros;
- custo de manutenção da Telegestão por ano, 1% do valor total do investimento;
- custo de transmissão anual de 2.107,35 €;
- preço do gasóleo a 0,90 €/litro;
- consumo do carro 8 l/100 km;
- custo mão-de-obra 10 €/h;
- 3 horas semanais para digitalização de dados;
- custos de manutenção:
 - mudanças de óleo 250 €;
 - custo pneus 95 € (4 pneus por ano);
 - mudanças de óleo em períodos de 10.000 km;
- uso de preços correntes.

Considerando-se que o investimento neste projecto com uma duração de 20 anos obteve-se os valores da Tabela 5.13.

Tabela 5.13 - Investimento na implementação do sistema total de telegestão ao fim de 20 anos

Anos	20
Investimento estimado do projecto total	340.000,00 €
Custos de manutenção 1% do investimento total	68.000,00 €
Custos de transmissão	42.147,00 €
Total	450.147,00 €
Total / Ano	22.507,35 €

Mantendo o sistema actual sem sistema de telegestão ao fim de 20 anos o custo estimado está representado na Tabela 5.14.

Tabela 5.14 - Gastos no controlo do sistema sem aplicação da Telegestão ao fim de 20 anos

Anos	20
Gasolina	144.560,00 €
Manutenção	52.955,70 €
Custos mão-de-obra	759.200,00 €
Total	958.275,70 €
Total / Ano	47.913,79 €

Pela análise das Tabelas 5.13 e 5.14 conclui-se que a telegestão é manifestamente vantajosa permitindo uma poupança de 25 mil euros por ano. Verifica-se ainda que o investimento inicial estaria amortizado ao fim de 8 anos. Para além do sistema se encontrar amortizado ao fim deste tempo, deve-se salientar as vantagens que não são contabilizadas economicamente, como o conhecimento sobre o funcionamento global de toda a rede de água e saneamento, poupança na quantidade de água comprada ao sistema em alta, optimização do funcionamento das captações dos SMAS, redução das perdas, maior segurança na qualidade da água, maior satisfação do cidadão, entre outras.

6 CAPÍTULO – Projecto-Piloto de Telegestão

6.1 Etapas do Projecto-Piloto de Telegestão

Antes da implementação do Projecto-Piloto de Telegestão foi efectuada uma análise profunda do modo de funcionamento da R.D.A e da R.D.A.R. dos SMAS. Após essa análise foram definidos o âmbito e os objectivos que se pretendem atingir na implementação do Projecto de Telegestão. Dado que o investimento necessário para este sistema foi estimado em 340 mil euros, para se minimizar o investimento inicial e adquirir *know-how*, optou-se por implementar um Projecto-Piloto que consistiu em controlar e monitorizar sete diferentes tipos de estações, cujo investimento foi estimado em 50 mil euros.

Atendendo ao referido nos parágrafos anteriores, foram definidas as seguintes etapas para a implementação do Projecto-Piloto:

Etapas 1 . Diagnóstico de situação e análise do funcionamento dos SMAS Albergaria-a-Velha;

Etapas 2 . Definição do âmbito e objectivos do projecto;

Etapas 3 . Elaboração dos Cadernos de Encargos para os concursos e estimativa de custo;

Etapas 4 . Elaboração dos processos de concurso e adjudicação;

Etapas 5 . Implementação do Projecto:

- análise do plano de testes a efectuar, definido pelos SMAS, com vista à sua aprovação;
- acompanhamento da fase de instalação;
- desenvolvimento de um sistema de comunicações para as UL e US;
- desenvolvimento do controlo para cada UL, em sincronismo com a fase de instalação;
- desenvolvimento do software de supervisão para a US.

Etapas 6 . Validação da solução e colocação em funcionamento;

Etapas 7 . Análise dos resultados e avaliação da solução.

Ao contrário da maioria dos sistemas de telegestão em que a solução é comprada “chave-na-mão” a uma empresa externa, o desenvolvimento deste sistema foi efectuado pelo autor nos SMAS, tendo sido adjudicado a aquisição e a instalação de equipamentos a uma empresa externa. O valor da adjudicação foi de 43.500,00€ correspondente à aquisição e montagem de equipamento de instrumentação, telemetria, quadros eléctricos e equipamento para a zona de medição e controlo.

A Figura 6.1 apresenta o cronograma da implementação do projecto:

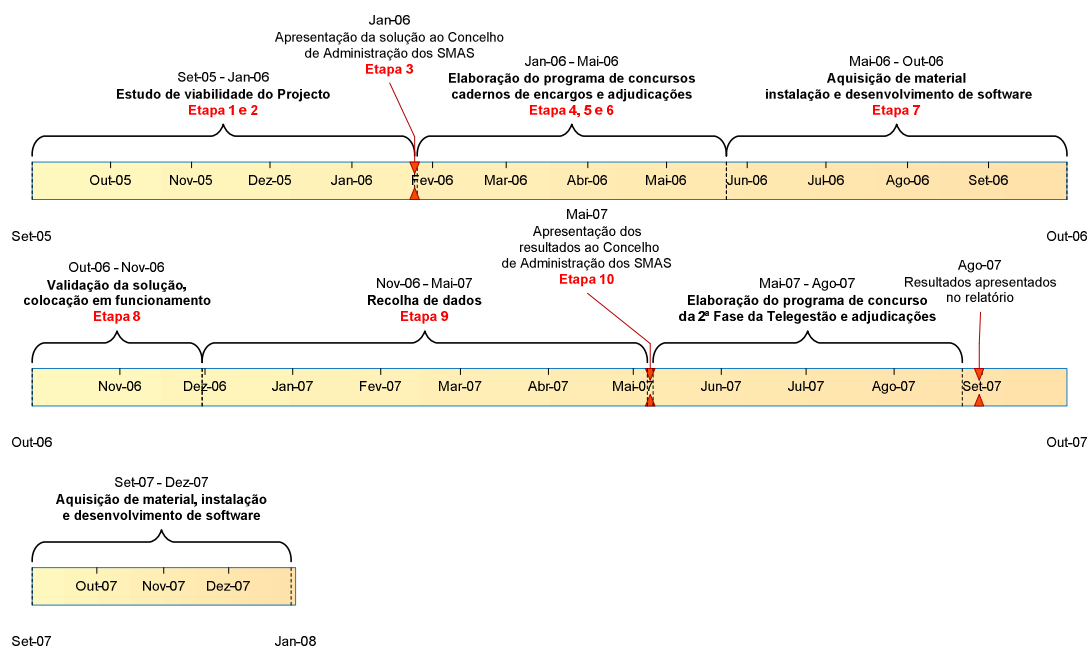


Figura 6.1 - Cronologia do projecto desenvolvido

6.2 Implementação do Projecto-Piloto de Telegestão

A escolha das estações para a implementação do projecto baseou-se no estudo do funcionamento da rede de distribuição de água e da rede de drenagem de águas residuais, de modo a determinar os pontos necessários a monitorizar e controlar. Foram considerados diversos factores como, a área de abastecimento abrangida pelo reservatório e pela captação, o número de deslocações necessárias para intervenções de manutenção e controlo, o tipo de estação e os pontos críticos. Sendo assim, as estações da rede de abastecimento de água escolhidas para implementação do projecto-piloto foram, dois reservatórios de água (Santa Cruz, R3.2), uma captação superficial (Rendo), duas captações subterrâneas (Furo R3.2, Mina Sorrego) e um conjunto de electroválvulas de comando (Electroválvulas R2->Santa Cruz) .

A escolha da estação da rede de drenagem de águas residuais foi seleccionada tendo em conta diversos aspectos, como por exemplo, o tipo de estação, o número de intervenções de manutenção, a gravidade na existência de descargas para o meio hídrico e os pontos críticos. Sendo então seleccionada a estação elevatória do Ribeiro em Angeja.

Neste Projecto-Piloto, não foi seleccionada nenhuma ETAR, dado que, a ETAR da Vila está a ser desactivada, sendo os seus efluentes tratados pela SimRia. A ETAR de Valmaior não foi considerada como ponto crítico devido à sua construção ser recente e estar a funcionar a 20% da sua capacidade. A ETAR de Vilarinho de São Roque, será um ponto crítico da rede, mas só entrará em funcionamento em Abril de 2007.

Embora em Portugal seja comum medir apenas os caudais bombeados e os caudais afectos a transacções comerciais, a situação está progressivamente a mudar. À medida que se adoptam técnicas de gestão mais sofisticadas, e se difunde a percepção de que gerir racionalmente um sistema pressupõe a disponibilização de dados que permitam suportar as decisões. Numa rede de água os dados mais importantes são os caudais, as pressões, os níveis em reservatórios e certos indicadores de qualidade da água. Contudo

outro indicador importante e que ainda não é controlado na maioria dos sistemas de abastecimento são as fugas e as perdas de água.

As fugas e as perdas de água verificam-se em todos os órgãos dos sistemas de abastecimento, isto é, na captação, tratamento, transporte, armazenamento e, sobretudo, na distribuição. Como qualquer outra medida a tomar é necessário ser efectuado um investimento. Contudo o investimento para equipar uma rede é significativo e, frequentemente, não é possível fazê-lo com a rapidez desejável. Na implementação deste projecto pretendeu-se efectuar a monitorização de uma Z.M.C. de modo a obter-se dados relativos ao seu funcionamento e testar a solução de alimentação de uma zona isolada, para isso foi introduzida uma zona de medição controlo em Azenhas, no Fial.

6.2.1 Controlo e monitorização das Unidades

Como se pode verificar na *Figura 6.2* as captações de Rendo e Sorrego e uma electroválvula pneumática na estação das Urgueiras, efectuam o abastecimento do depósito de Santa-Cruz e este de uma parte da população da Vila.

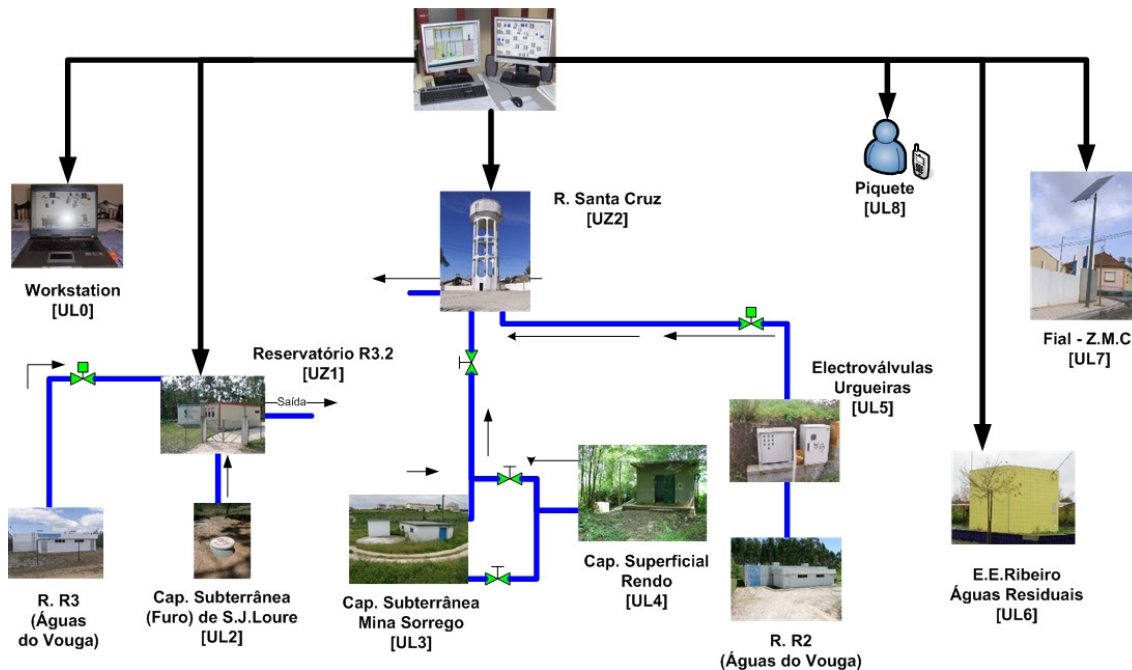


Figura 6.2 - Unidades Locais e de Zona para monitorização e controlo

Como a distância de bombagem da água da captação do Sorrego é inferior à distância que a água de Rendo tem que percorrer, esta deverá ser a primeira estação a começar a fornecer água, já que esta água é mais barata e de melhor qualidade do que a da captação de Rendo. Se a captação do Sorrego, não estiver a conseguir efectuar o abastecimento então entrará a captação de Rendo em funcionamento. No caso de ambas as captações, Sorrego e Rendo, não terem água ou capacidade para fornecer a quantidade de água necessária, será comprada água às Águas do Vouga, através da abertura da válvula existente na Estação das Urgueiras.

Outro aspecto importante a considerar, é o facto de inicialmente ser necessário a aquisição de duas bombas de cloro para a desinfecção da água de ambas as captações, mas como a água de ambas se unem num ponto, em vez de se comprar duas bombas optou-se por se aplicar simplesmente uma, mas com capacidade de bombagem para as

duas captações. Sendo assim, a desinfecção de ambas as águas será efectuada no mesmo local e como a dosagem necessária varia ao longo do tempo, isto é, o número de captações em funcionamento influenciam a quantidade de água bombada, o controlo deverá ser efectuado pelo sistema de supervisão. Devido ao facto da água do Sorrego ser ácida é necessária a adição de leite de cal, de modo a, a subir o pH para o nível neutro (7,0 pH).

Para a monitorização do Reservatório de Santa Cruz, da captação de Rendo e do Sorrego e das Electroválvulas das Urgueiras, foram estabelecidos os seguintes objectivos a atingir:

- reduzir a quantidade de água comprada as Águas do Vouga, através da redução do número de vezes que se abre a válvula existente nas Urgueiras;
- otimizar o abastecimento de água pelas captações, Rendo e Sorrego, de modo a utilizar a água existente;
- controlar a qualidade da água e da desinfecção necessária;
- monitorizar o estado das estações, informando sobre avarias, necessidade de encher os depósitos de cloro e cal e sobre a quantidade de água existente e bombada.

O depósito R3.2 é abastecido por um furo e pelas Águas do Vouga. O furo é o abastecimento principal, só na falha deste é que será comprada água ao sistema em alta (Águas do Vouga). No caso de falha de energia por segurança a válvula deve ser aberta e o controlo da quantidade de água será garantido através de uma válvula flutuadora já instalada. Esta válvula fechará a comporta caso o depósito esteja cheio. Quando o sistema voltar a ter energia só arrancará novamente o furo quando a comporta estiver totalmente aberta de modo à bomba do furo não trabalhar fora da curva. A quantidade de cloro a injectar depende da quantidade de água bombeada pelo furo e será controlado manualmente já que a bomba existente não permite, de momento, o controlo automático, nem será efectuada a medição automática do cloro à saída.

Para a monitorização do Reservatório em S.J.Loure, foram estabelecidos os seguintes objectivos a atingir:

- reduzir a quantidade de água comprada às Águas do Vouga, através da redução do número de vezes que se abre a válvula existente;
- otimizar o abastecimento de água do furo, de modo a utilizar a água existente sempre que esta seja necessária;
- monitorizar o estado da estação, informando sobre avarias, necessidade de encher os depósitos de cloro e sobre a quantidade de água existente e bombada.

As Zonas de Medição e Controlo indicam o estado de funcionamento da rede na distribuição (pontos de entrada e saída). Com a monitorização destas zonas pretende-se garantir ao cidadão a qualidade da água no momento da sua disponibilização e não somente na fase de captação e armazenamento. As Z.M.C permitem sectorizar a rede em zonas de reduzida dimensão, de modo a medir os caudais fornecidos a cada uma e eventualmente, monitorizar as pressões de serviço, possibilitando a detecção de perdas. Para Monitorização da Zona de Medição e Controlo do Pannel Solar do Fial, foram estabelecidos os seguintes objectivos a atingir:

- monitorizar a quantidade de água fornecida;
- informar sobre a existência de roturas, permitindo reduzir o número de perdas;
- monitorizar a qualidade da água na rede de distribuição.

As estações elevatórias de águas residuais, são caracterizadas por elevarem a água para as zonas mais altas da rede de modo a esta, graviticamente, fluir para as estações de tratamento ou para os pontos de recolha da *SimRia*.

Para a monitorização da estação elevatória de águas residuais do Ribeiro, foram estabelecidos os seguintes objectivos a atingir:

- reduzir o número de avarias;
- eliminar descargas para o meio hídrico;
- monitorizar a número de horas de funcionamento da estação;
- monitorizar o estado da estação, informando sobre avarias das bombas, das bóias e de outros componentes.

6.3 Descrição do funcionamento das unidades

Para o funcionamento do sistema é necessária a colocação em todas as unidades locais de zona e na supervisão de equipamentos adequados para a execução do controlo e monitorização. Listam-se de seguida os equipamentos principais instalados nas unidades:

- dois servidores, com IP's fixos diferentes;
- controlador lógico programável (PLC Mitsubishi FX3U);
- modem GPRS (Wavecom);
- contadores electromagnético (medidor de caudal reversível);
- REED, para monitorização dos contadores impulsivos;
- transdutores hidrostáticos para medição do nível dos reservatórios;
- transdutores de pH, cloro, turvação e condutividade (MULTI series);
- transdutores de corrente, LEM's;
- transdutores de pressão;
- transdutores de temperatura;
- detectores de proximidade;
- cabo de comunicação via RS485;
- bóias de nível para medição de falta de cal e cloro;
- bóias de nível para medição para controlo das E. E. de Águas Residuais;
- transdutor ultra-sónico para medição do nível do depósito de cloro;
- bomba doseadora de cloro com controlo remoto e caudal variável;
- compressores, lubrificadores e purgadores automáticos;
- válvulas de cunha pneumática e de borboleta;
- painéis solares;
- baterias e controladores de carga;
- ventiladores;
- UPS.

6.3.1 Reservatório elevado de Santa Cruz

Do Reservatório de Santa Cruz, Figura 6.3, é efectuado o abastecimento de 6500 habitantes tendo uma capacidade de armazenamento de 250m³, o seu principal objectivo é regular os caudais de ponta e efectuar o equilibrio de pressões. Para a monitorização da quantidade de água existente, foi colocado um transdutor de pressão hidrostático. Como esta unidade tem um controlo em contínuo sobre o nível do reservatório, será a responsável por informar a US sobre a necessidade de arrancar ou parar as captações associadas. Para a monitorização da qualidade da água à saída foi colocado um transdutor de cloro e de pH na conduta. A monitorização da quantidade de água fornecida é realizada por um contador electromagnético. Este medirá a quantidade de água fornecida ao sistema e a quantidade de água comprada às Águas do Vouga. No quadro eléctrico da estação foi colocado um detector de proximidade para indicar se os colaboradores deixam o quadro eléctrico aberto, permitindo uma maior durabilidade do material instalado, Figura 6.4.

Como redundância de comunicação, entre a US e esta UZ foi instalada uma ligação via RS485 para a UL das Urgueiras dado que é a estação mais próxima e com maior capacidade de fornecimento de água.



Figura 6.3 - Reservatório de Santa Cruz e quadro de comando



Figura 6.4 - Transdutor pH, Cloro e contador electromagnético de Santa Cruz

6.3.2 Reservatório e captação do Sorrego

A captação do Sorrego, Figuras 6.5 a 6.7, efectua o abastecimento do reservatório de Santa Cruz e tem uma capacidade para fornecer 648 m³ por dia, contudo é muito instável, isto é, durante o inverno fornece a sua capacidade máxima por dia, durante o verão, num período de seca só fornece aproximadamente 162 m³ por dia.

Para a monitorização da quantidade de água existente na captação e protecção contra a desferragem das bombas, foi instalado um transdutor de pressão hidrostático. O transdutor de turvação será utilizado para monitorização da qualidade da água na captação, de modo a evitar a contaminação da rede a jusante, Figura 6.6. A instalação do transdutor de proximidade ultra sónico e da bóia de nível serão utilizados para monitorização do nível mínimo dos depósitos de cloro e cal. O transdutor de cloro e de pH à saída do depósito de Santa Cruz indica ao sistema de supervisão a quantidade necessária injectar com a bomba doseadora de cloro e cal instaladas no Sorrego. A bomba doseadora de cloro efectua a desinfecção da água bombeada desta captação e da de Rendo.



Figura 6.5 - Quadro eléctrico de comando e de potência



Figura 6.6 - Bomba doseadora de cloro, transdutor de falta de cloro e de turvação

As condições de projecto consideradas no dimensionamento da bomba doseadora [24] foram:

- dosagem máxima assumida na cloragem, 10g/m³;
- solução de hipoclorito diluída a 8% ;
- concentração da solução de hipoclorito, 1;
- caudal a tratar, caudal de Rendo mais o caudal do Sorrego, 80 m³/h;
- pressão no ponto de injeção: 13 bar;

$$80\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \times 10\text{g} \cdot \text{m}^{-3} = 800\text{g} \cdot \text{h}^{-1} \quad [6. 2]$$

$$\text{Solução por Hora(g)} = \frac{800}{0,08} = 10\text{l} \cdot \text{h}^{-1} \quad [6. 3]$$

Assim foi adquirido uma bomba com capacidade para fornecer $10\text{l} \cdot \text{h}^{-1}$ a uma pressão de serviço de 13 bar.



Figura 6.7 - Bombas hidráulicas, depósito de cal, bomba doseadora e agitador

A injeção de cal na água só é necessária quando o Sorrego se encontra em funcionamento. Como o controlo automático do pH necessitaria de uma bomba de cal nova, dado que a existente não possibilita o controlo à distância e não ser recomendado pelo fabricante a colocação de um servomotor, o controlo será assim assegurado com a geração de alarmes via SMS indicando a necessidade de aumentar ou reduzir a quantidade de cal a injectar.

6.3.3 Unidade local das Urgueiras

A UL das Urgueiras, Figuras 6.8 a 6.9, permite abrir e fechar três válvulas pneumáticas de borboleta que são utilizadas na compra de água ao sistema em alta e no abastecimento do reservatório de Santa Cruz ou no abastecimento directo da população. Devido ao local ser húmido foi instalado um purgador e lubrificador automático. A capacidade de abastecimento na abertura da válvula é de $100\text{ m}^3/\text{h}$.



Figura 6.8 - Interior do quadro de comando e de potência das Urgueiras



Figura 6.9 - Compressor, purgador e lubrificador e respectivas válvulas

6.3.4 Captação de Rendo

Esta captação efectua o abastecimento do reservatório de Santa Cruz e tem uma capacidade para fornecer 1200 m³ por dia (Figura 6.10). Para a monitorização da quantidade de água existente na captação e protecção contra desferragem das bombas, foi instalado um transdutor de nível hidrostático e sondas de nível. O transdutor de Turvação (Figura 6.11) será utilizado para monitorização da qualidade da água na captação, caso esta água atinja parâmetros máximos estabelecidos será automaticamente inactivada, de modo a não contaminar a rede a jusante. Esta água é captada através de drenos. O leito do rio na zona de drenagem foi revestido com gravilha e areia de modo a efectuar a filtragem da água captada. A desinfecção desta água é efectuada através da bomba doseadora de cloro instalada na captação do Sorrego.



Figura 6.10 - Bombas hidráulicas e quadro eléctrico de comando e de potência de Rendo



Figura 6.11 - Transdutor de condutividade e de turvação

6.3.5 Reservatório e captação de São João de Loure

Deste reservatório é efectuada o abastecimento de 1350 habitantes tendo uma capacidade de armazenamento de 400 m³. O furo que efectua o abastecimento do reservatório tem capacidade para fornecer 240 m³ por dia. Como este reservatório é constituído por duas células que podem funcionar em conjunto ou separadas, para minimização dos custos deste investimento inicial, optou-se por colocar ambas as células a funcionar em conjunto e colocar somente um transdutor de nível. Antes da implementação deste controlo o sistema utilizava duas válvulas flutuadoras que fechavam a comporta sempre que o depósito estivesse cheio. Após colocação do furo e do sistema de controlo em funcionamento, não foram retiradas as válvulas flutuadoras de modo a estas funcionarem como *backup* sempre que exista falha de energia que, impossibilite o abastecimento pelo furo. Sempre que há uma falha de energia, a válvula de cunha pneumática (Figura 6.13) abre, sendo o abastecimento efectuada pelo sistema em alta. Foi ainda colocado um purgador e um lubrificador automático.



Figura 6.12 - Exterior e interior do quadro eléctrico de São João de Loure



Figura 6.13 - Válvula de cunha, pneumática, depósito de hipoclorito, detector nível mínimo e bomba doseadora

6.3.6 Zona de Medição e Controlo (Z.M.C.) do Fial

Na Z.M.C. do Fial, Figura 6.14, o sistema é alimentado por painéis solares e efectua-se a medição de três contadores impulsionais, da pressão de serviço, do pH, do cloro, da temperatura do quadro, da percentagem de energia existente no sistema e detecção de intrusão.



Figura 6.14 – Painel Solar e interior do quadro eléctrico

Para o dimensionamento do painel solar é necessário proceder ao levantamento das necessidades de tensão (V) e corrente (A) e calcular a potência (W) necessária para alimentar o sistema.

$$W = V \times A \quad [6. 4]$$

Para este cálculo, considerou-se o consumo e o número de horas de funcionamento por dia. O valor total do consumo diário de cada equipamento é dado pela multiplicação do valor do seu consumo pelo número de horas de funcionamento.

Na *Tabela 6.1* são apresentados os equipamentos instalados na Z.M.C. e os respectivos consumos, em Watts por hora, dados pelos fornecedores.

Tabela 6.1- Consumo eléctrico dos equipamentos instalados

EQUIPAMENTO	POTÊNCIAS
Transdutor de cloro e pH	10W
Transdutor de pressão	3W
Dispositivo lógico programável	17W
Modem de comunicação via GPRS	4W
Contador electromagnético	3x6=18W
Controlador tensão	2W
Ventilador	2,4W
Potência consumida:	56,4W

Para o dimensionamento das baterias considerou-se a condição extrema de quatro dias consecutivos de mau tempo.

$$Corrente (A) = \frac{Potência Total (W)}{Tensão (V)} = \frac{56,4}{24} = 2,35 A \quad [6. 5]$$

$$Capacidade Bateria (Ah) = Duração da Bateria (h) \times CorrenteCarga (A) \quad [6. 6]$$

$$Capacidade Bateria (Ah) = 4 \times 24 \times 2,35 = 225,6 Ah \quad [6. 7]$$

O que levou à aquisição de quatro baterias com 70Ah a 12V. Baterias de automóveis, mesmo as seladas, podem não funcionar após descargas superiores a 50% e têm durabilidade bastante reduzida. Para se obter o melhor retorno de um sistema solar é recomendável a utilização de baterias que permitam a descarga completa (dado terem baixa resistência de recarga), a utilização até 90% da carga disponível e além disso apresentam um maior tempo de vida útil.

Consultando os registos de exposição solar do INETI [21], Figura 6.15, verifica-se que a inclinação⁵ mais favorável dos painéis é entre 25° a 30° correspondendo a um valor 6,45h de potência máxima.

⁵ Não são recomendáveis inclinações abaixo de 15° por levar à acumulação de sujidade.

Aveiro Wh/dia/m²

inclinação	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Janeiro	1,72	1,89	2,04	2,19	2,32	2,44	2,55	2,64	2,71	2,77	2,81	2,84	2,85	2,84	2,81	2,77	2,71	2,64	2,55
Fevereiro	2,53	2,71	2,87	3,02	3,15	3,26	3,36	3,43	3,49	3,52	3,54	3,53	3,51	3,46	3,39	3,30	3,20	3,08	2,93
Março	3,39	3,53	3,65	3,75	3,83	3,89	3,92	3,94	3,94	3,92	3,87	3,80	3,72	3,61	3,49	3,35	3,19	3,01	2,83
Abril	4,89	5,00	5,09	5,15	5,18	5,18	5,16	5,10	5,02	4,92	4,79	4,63	4,45	4,25	4,02	3,78	3,52	3,26	2,98
Maio	5,75	5,79	5,81	5,79	5,75	5,68	5,59	5,46	5,31	5,13	4,93	4,70	4,45	4,19	3,91	3,62	3,32	3,00	2,69
Junho	6,14	6,15	6,13	6,08	6,00	5,89	5,76	5,60	5,41	5,20	4,96	4,69	4,42	4,14	3,84	3,52	3,19	2,87	2,56
Julho	6,64	6,67	6,67	6,63	6,55	6,45	6,32	6,15	5,96	5,73	5,47	5,19	4,88	4,57	4,24	3,90	3,53	3,15	2,81
Agosto	6,03	6,13	6,20	6,24	6,26	6,23	6,17	6,08	5,96	5,80	5,60	5,38	5,13	4,86	4,56	4,25	3,93	3,58	3,22
Setembro	4,39	4,55	4,69	4,80	4,88	4,94	4,97	4,97	4,95	4,90	4,82	4,71	4,58	4,42	4,24	4,03	3,81	3,57	3,31
Outubro	3,17	3,37	3,55	3,71	3,86	3,97	4,07	4,14	4,19	4,22	4,22	4,19	4,15	4,07	3,98	3,86	3,72	3,55	3,37
Novembro	2,11	2,32	2,51	2,69	2,86	3,01	3,14	3,25	3,34	3,41	3,46	3,49	3,50	3,49	3,45	3,40	3,32	3,22	3,10
Dezembro	1,64	1,83	2,01	2,18	2,33	2,47	2,60	2,71	2,80	2,88	2,94	2,98	3,01	3,01	3,00	2,96	2,91	2,84	2,75

Fonte: INETI

Figura 6.15 - Número de horas com potência máxima por dia e por m²

O painel solar terá que alimentar o sistema e carregar as baterias, para isso terá que ter uma potência superior a 56,4W. Considerando o uso de quatro painéis solares de 85W cada um, com capacidade para produzir 340W, a uma tensão nominal de 24VDC e uma corrente máxima de 5A, consegue-se determinar o tempo que o sistema levará a carregar as baterias, no caso de estas estarem totalmente descarregadas.

$$\text{Potência Recarga (W)} = \text{Potência dos painéis} - \text{Potência consumida} \quad [6. 8]$$

$$\text{Potência Recarga (W)} = 340 - 56,4 = 283,6W \quad [6. 9]$$

$$\text{Tempo de carregamento total} = \frac{\text{Tensão} \times \text{capacidade baterias}}{\text{Potência disponível}} \quad [6. 10]$$

$$\text{Tempo de carregamento total} = \frac{24 \times 280}{283,6} = 23h \quad [6. 11]$$

No caso das baterias estarem totalmente descarregadas⁶, serão necessárias aproximadamente 23h de luz para efectuar o carregamento total. De modo a gerir a carga e descarga da bateria são utilizados controladores de carga. Estes controladores optimizam o funcionamento das baterias de acordo com as condições do ambiente, compensando as variações de temperatura e proporcionando uma maior segurança e tempo de vida aos equipamentos.

6.3.7 Estação elevatória de águas residuais do Ribeiro

Esta unidade local, Figuras 6.16 a 6.17, efectua a recolha das águas residuais de Angeja e bomba para a estação elevatória da *SimRia*. O arranque e paragem da estação são efectuados através de bóias (mínimo, máximo e emergência). Como redundância, foi instalado ainda um sensor ultra-sónico para o controlo do nível do poço e do estado das bóias. A medição do caudal e do consumo (usando LEMs) permite aferir o estado de funcionamento das bombas. Para além destes transdutores, foi instalada uma célula de carga para monitorização do filtro de entrada do saneamento (Figura 6.17), e verificação da correcta instalação das bóias.

⁶ No caso de as baterias estarem totalmente descarregadas, deve-se carrega-las externamente utilizando equipamento apropriado e só depois coloca-las novamente em funcionamento.

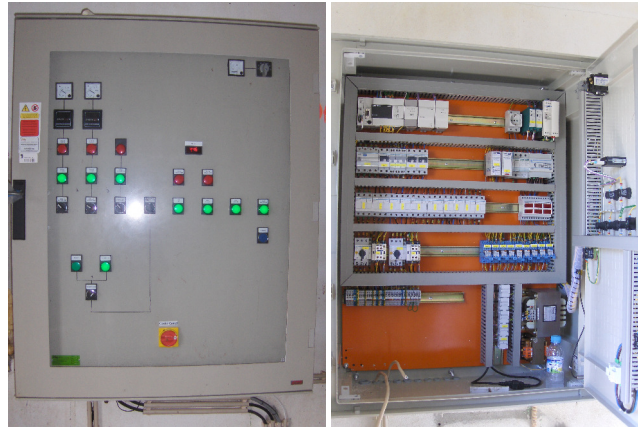


Figura 6.16 - Exterior e interior do quadro eléctrico de potência e comando



Figura 6.17 - Transdutor de nível ultra-sónico e célula de carga

6.4 Comunicação

As redes de comunicação estão presentes no nosso dia-a-dia. Estamos tão habituados a elas, que utilizamo-las de forma automática, sem dar conta da complexidade das infra-estruturas que nos tornam possível comunicar e obter acesso à informação em qualquer lugar. Uma rede de comunicação é assim um meio poderoso, já que possibilita a partilha de recursos independentemente da sua localização física, com fiabilidade e a grande velocidade. Uma das finalidades da interligação dos dispositivos é a economia de recursos, pois, uma vez interligados em rede, tornam as informações acessíveis a todos os utilizadores, de uma forma mais económica e fiável.

Como já foi referido no capítulo 5, foi escolhida como comunicação principal nas unidades Locais e de Zona a comunicação via GPRS. Para interligação destas unidades com a unidade de supervisão foi necessária a aquisição de um servidor internet com um IP público fixo, Figura 6.18. Sempre que uma unidade Local ou de Zona efectua um registo via GPRS, a operadora atribui-lhe um IP (IP dinâmico).

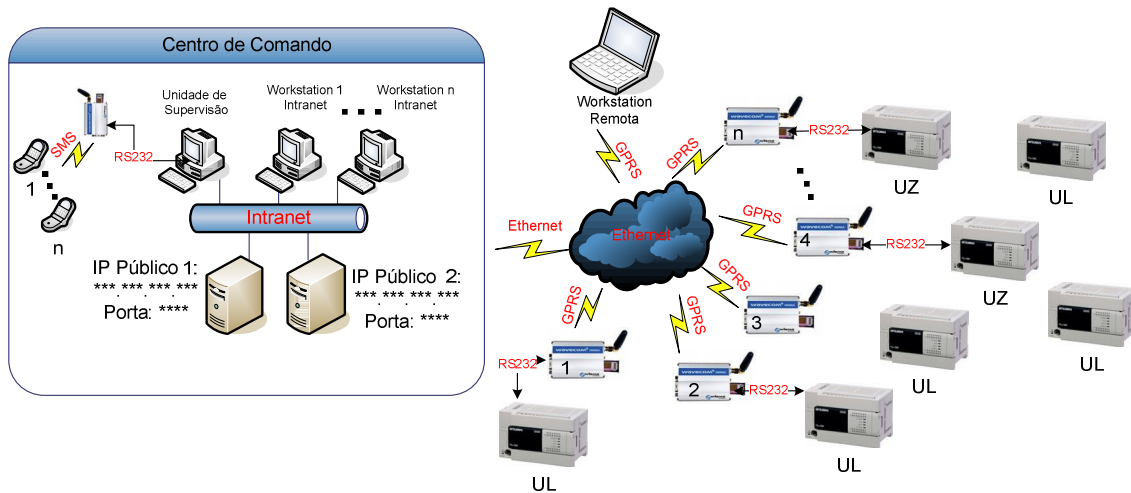


Figura 6.18 – Arquitetura da rede de comunicações

Assim, a variação do IP das UL não permitem que a US estabeleça a ligação. Este problema é solucionado colocando um IP público fixo na US e instruindo as UL para restabelecerem a ligação sempre que houver quebras. Após a ligação ser estabelecida, encontra-se aberto um canal de comunicação entre a US e as UL passando a ser possível uma comunicação bidireccional (Figura 6.19). Após a colocação em funcionamento de todo o sistema, verificou-se a existência de falhas no servidor. Como medida de segurança foi colocado um servidor redundante com outro IP fixo, permitindo na falha de um deles que as unidades se liguem pelo outro.

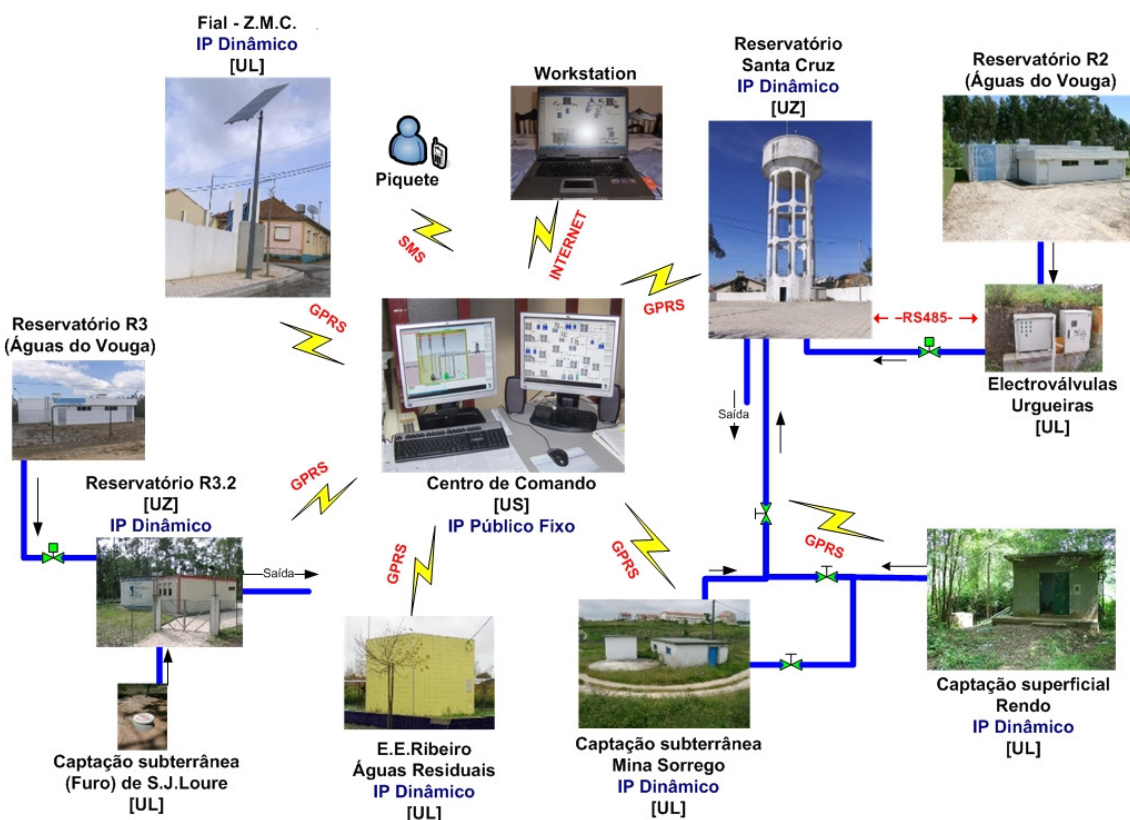


Figura 6.19 - Comunicações por unidades

Para ser possível a comunicação entre as UL e a US foi necessária a criação de um protocolo de comunicação que utiliza as seguintes tramas:

a) Trama de pedido de informação às UL:

SYN (#22)	SYN (#22)	ENQ (#05)
-----------	-----------	-----------

b) Trama de resposta:

SYN (#22)	SYN (#22)	SOH (#01)	Estação UL	STX (#02)	DADOS	ETX (#03)
-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-------	-----------

c) Trama de confirmação de comunicação aberta:

SYN (#22)	SYN (#22)	ACK (#06)
-----------	-----------	-----------

d) Trama para alteração de parâmetros nas UL:

SYN (#22)	SYN (#22)	SOH (#01)	“1000”	Estação UL	STX (#02)	DADOS	ETX (#03)
-----------	-----------	-----------	--------	------------	-----------	-------	-----------

e) Trama para uma *workstation obter informação da “Estação UL”*:

SYN (#22)	SYN (#22)	SOH (#01)	“xxxx”	Estação UL	STX (#02)	DADOS	ETX (#03)
-----------	-----------	-----------	--------	------------	-----------	-------	-----------

No campo designado por “Estação UL” deve ser enviado o código atribuído a cada UL:

Tabela 6.2 - Códigos atribuídos às Unidades Locais

Estação UL	Valor a enviar
São João de Loure	0001
Sorrego	0002
Santa Cruz	0003
Rendo	0004
Ribeiro	0005
Painel Fial	0006
Urgueiras	0007

f) Tramas para pedido de actualização de dados (enviado pela *workstation*)

a) Actualização de todas as estações:

SYN (#22)	SYN (#22)	SOH (#01)	“0999”	ETX (#03)
-----------	-----------	-----------	--------	-----------

b) Actualização de uma determinada estação:

SYN (#22)	SYN (#22)	SOH (#01)	Estação UL	ETX
-----------	-----------	-----------	------------	-----

A tabela seguinte ilustra os códigos necessários colocar no campo “Estação UL” indicado na trama anterior.

Tabela 6.3 - Códigos para comunicação de uma workstation, com as Unidades Locais

Estação UL	Valor a enviar
São João de Loure	8001
Sorrego	8002
Santa Cruz	8003
Rendo	8004
Ribeiro	8005
Painel Fial	8006
Urgueiras	8007

6.5 Software de controlo das estações

Após a definição do protocolo a utilizar, foi implementado o software de comunicação e controlo de cada unidade local.

De modo a facilitar o desenvolvimento do projecto e a ligação de novas estações, foi utilizada a metodologia ilustrada na Figura 6.20, reutilizando o código em todas as estações, sendo apenas necessário a colocação das variáveis a enviar (ou receber) e desenvolver as rotinas de controlo de cada estação.

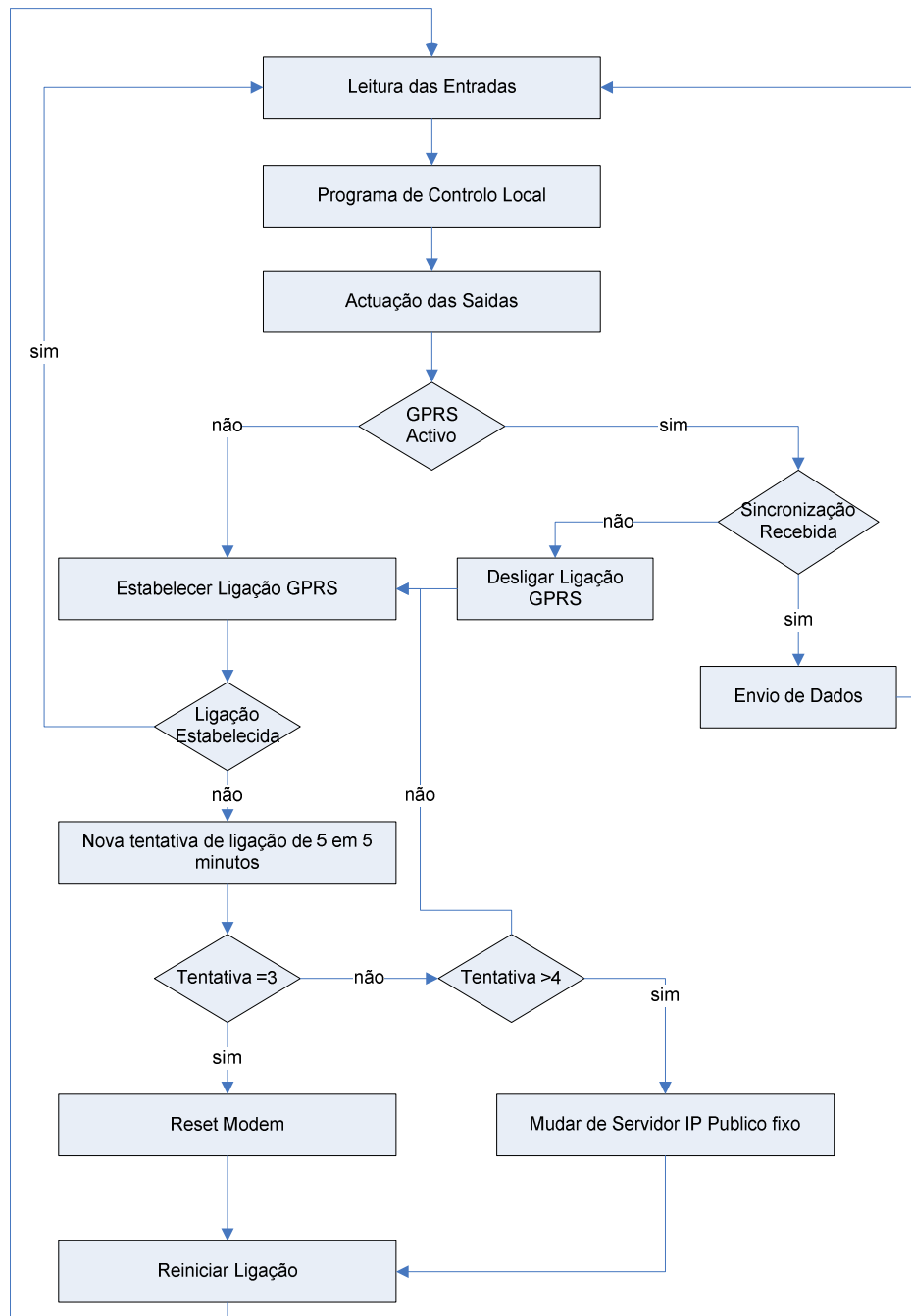


Figura 6.20 - Fluxograma do programa executado nos autómatos

Na implementação do software de comunicação de uma nova UL, é necessário exportar os blocos desenvolvidos, “WaveComModem”, “TratamentoDados”, “TO_ASCII_06”, “TO_ASCII_04”, “TO_ASCII_02”, “ConfirmaEnvioDadosLD”, “Ligar GPRS” e “GPRS_Wavecom”.

Estes blocos efectuem as seguintes tarefas:

- “WaveComModem” [FB] envia os comandos “AT” necessários para configuração e ligação do modem, este bloco monitoriza as ordens enviadas pela US;
- “TratamentoDados” [FB] efectua a implementação da trama de dados a enviar para a US;
- “ConfirmaEnvioDadosLD” [FB], verifica a existência de mudanças de estado, caso essa mudança ocorra durante um período de 2 segundos, esta não será comunicada para a US;
- “TO_ASCII_06”, “TO_ASCII_04”, “TO_ASCII_02”, efectuem a conversão de um valor inteiro para os códigos em *ASCII* correspondentes, a primeira função converte um número de 0 a 999999, a segunda de 0 a 9999 e a terceira de 0 a 99;
- “Ligar GPRS” [PRG] monitoriza o bloco “WaveComModem” e indica os comandos que este deve enviar consoante as respostas recebidas do modem;
- “GPRS_Wavecom” [PRG] utiliza os blocos “WaveComModem”, “TratamentoDados” e “ConfirmaEnvioDadosLD”.

Na função “GPRS_Wavecom” é necessário alterar no bloco “TratamentoDados” as variáveis digitais, e nos blocos “TO_ASCII_06” as variáveis analógicas que se pretende transmitir. Nesta função, no bloco “WaveComModem” é necessário mudar as variáveis de comando correspondentes às ordens digitais enviadas pela US.

6.5.1 Configuração do *Modem Wavecom*

A configuração dos *modems Wavecom* baseia-se no envio de comandos para o modem usando os comandos “AT” (*Hayes Standard AT Command Set*). “AT” é o código de atenção, usado no início de cada linha de comando, tenha ela um ou mais comandos.

Os comandos são enviados a partir do programa de comunicação, em modo terminal, ou embebidos no software de comunicação. Têm normalmente, entre 40 e 255 caracteres e terminam, com o carácter “CR” (*Carriage Return*). Os comandos “AT” necessários para configuração dos modems da Wavecom são apresentados na tabela seguinte:

Tabela 6.4 - Configuração do modem da Wavecom para comunicação via GPRS

Ate0 <CR>	Comando para eliminar os ecos enviados pelo modem.
AT+IPR=19200	Comando para definir o <i>baud rate</i> da comunicação. (<i>baud rate de 19200 bps</i>)
AT&W <CR>	Guarda as alterações efectuadas.
AT#GPRSMODE=1	Activa o modo de comunicação via GPRS.
Servidor: AT#APNSERV=""internet.vodafone.pt" Password: AT#APNPW=""vodafone" User name: AT#APNUM=""vodafone"	Configurar o ponto de acesso à rede da operadora, neste caso Vodafone.
AT#VGPRS	Verificar alterações efectuadas, no ponto de acesso à rede GPRS.
AT#TCPPOINT=1, nºporta AT#TCPPOINT=2, nºporta	Configuração da porta de envio e recepção via GPRS.
AT#TCPSERV=1,"***.***.***.***" AT#TCPSERV=2,"***.***.***.***"	Configuração do IP do servidor com quem as estações devem estabelecer conexão.
AT&W	Gravar alterações.
AT+CGATT=1 <CR>	Registar o modem na rede da operadora.
AT#CONNECTIONSTART	Abrir uma conexão via TCP/IP.
AT#OTCP=1	Abrir o <i>socket</i> da comunicação.
+++	Fechar o <i>socket</i> da comunicação.
AT#CONNECTIONSTOP	Fechar a conexão TCP/IP.

6.5.2 Software de Supervisão e Aquisição de Dados

Os sistemas de supervisão e aquisição de dados, conhecidos por *SCADA*, estão em constante evolução tanto em termos gráficos e funcionais, como na facilidade de programação, no sentido de melhorar o interface com o utilizador e possibilitar uma gestão mais eficaz e eficiente dos recursos existentes. As soluções *SCADA* aplicam-se em todas as áreas onde seja possível automatizar, como por exemplo, gestão técnica de edifícios, infra-estruturas, instalações industriais, centrais de produção, ETA (Estação de Tratamento de Águas) e ETAR (Estação de Tratamento de Águas Residuais), etc.

Estes sistemas incluem software e hardware para supervisão das variáveis dos dispositivos de controlo, neste caso PLC. Estes sistemas podem assumir topologias mono-posto, cliente-servidor ou múltiplos servidores-clientes. Actualmente tendem a libertar-se de protocolos de comunicação proprietários para arquitecturas cliente-servidor OPC (*OLE for Process Control*). Nos últimos anos, as tecnologias sem fios, como redes móveis, rádio ou satélite têm sido integradas nos sistemas de supervisão

permitindo acessos remotos. Através destas tecnologias, os sistemas SCADA terão a capacidade de controlar processos industriais, numa planta local ou geograficamente distribuída.

Neste projecto procurou-se, uma solução otimizada que se traduzisse numa mais-valia em termos técnicos, produtivos e qualitativos, optando por não efectuar a aquisição de um SCADA, mas sim o desenvolvimento de um sistema de supervisão à medida das necessidades dos serviços. Esta decisão foi efectuada dentro dos interesses da organização, forneceu *know-how* e permitiu ganhar autonomia em relação a empresas terceiras. Outra vantagem nesta escolha, é não existir um número limite de variáveis de entrada ou saída, ou de ligações externas (servidores e clientes) a um custo zero. Como sistema de armazenamento de dados, foi utilizada uma base de dados criada em Microsoft *SQLServer2005 Express*.

O software de supervisão e aquisição de dados foi desenvolvido em *Delphi 7*, da *Borland Software Corporation*, e utiliza o módulo de interfaces gráficas “*FlexGraphics*” e o editor “*FlexEdit*”.

O software de supervisão desenvolvido permitiu cumprir com todos os requisitos impostos pelo sistema. A aquisição de um sistema SCADA teria diminuído o tempo de desenvolvimento contudo a um custo mais elevado e com limitações ao nível da personalização e um termos de licença de utilização. A Tabela 6.5, compara o software desenvolvido com o mais utilizado no mercado CitectSCADA.

Tabela 6.5 - Comparação entre o SCADA desenvolvido e o CitectSCADA

Software desenvolvido	CitectSCADA
Mais barato: software de desenvolvimento Delphi 2007 Professional, 1000€ e aquisição do componente de desenvolvimento de interfaces gráficas, “FlexGraphics” (site license, with source) 1500€	Mais caro: CitectSCADA licença sem limites de entrada e saídas, para uma única estação. 3400€
Maior flexibilidade no desenvolvimento	Menor flexibilidade no desenvolvimento
Desenvolvimento mais lento	Desenvolvimento mais rápido
Desenvolvimento mais complexo	Desenvolvimento mais simples
Maior número de funcionalidades e novas funcionalidades não se traduzem em custos adicionais.	Novas funcionalidades, com custos de aquisição associados.
Maior autonomia na execução dos objectivos pretendidos	Menor autonomia na execução dos objectivos pretendidos

Após o desenvolvimento do protocolo de comunicação entre a US e as UL e UZ, foram desenhada a interface gráfica de cada estação utilizando o “*FlexEdit*”. O sinóptico de cada estação pretende retratar o mais próximo possível a realidade existente em cada ponto de monitorização, de modo a facilitar a análise por parte dos colaboradores, Figura 6.21.

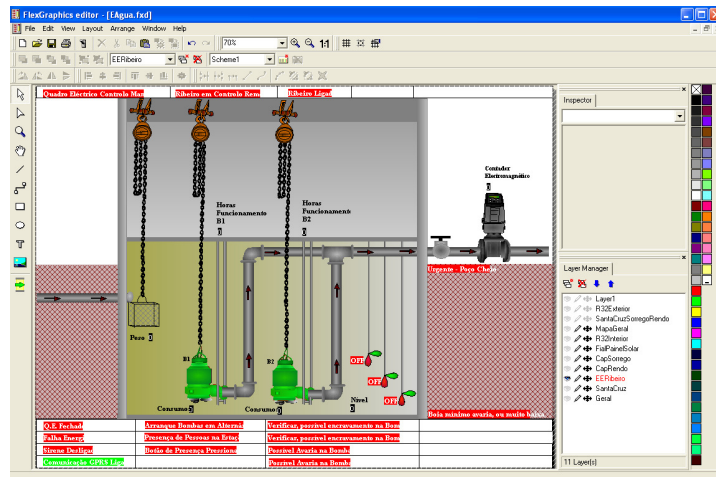


Figura 6.21 - Sinóptico da estação elevatória de águas residuais do Ribeiro

Este software permite a definição de *layers*, onde é implementado o retrato da estação permitindo no software de controlo escolher qual a *layer* a mostrar e dentro desta, qual o estado actual dos equipamentos monitorizados. Na Figura 6.22 pode-se observar um exemplo de como foi desenhado o sinóptico das bombas elevatórias de águas residuais e das hidropressoras.

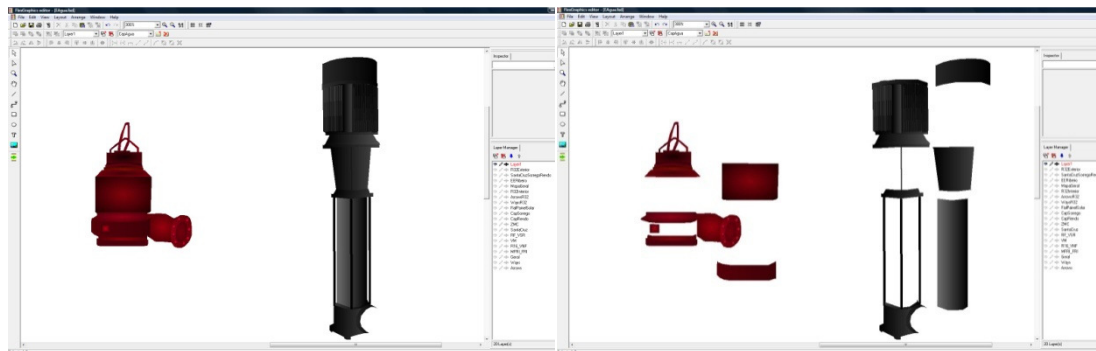


Figura 6.22 - Exemplo do desenho das bombas efectuado por componentes

Todos os componentes gráficos existentes no sistema foram desenhados. A cada um foi atribuído um nome de modo a permitir a sua identificação nas rotinas de controlo. Estas retratam no *layout* o estado do sistema.

A cada estação foi atribuída uma estrutura como a indicada de seguida:

```

type
[nome_da_estação] = record
    [definição das variáveis digitais de monitorização]
    ...
    [definição das variáveis analógicas de monitorização]
    ...
    [definição das variáveis digitais de controlo]
    ...
    [definição das variáveis analógicas de controlo]
    ...
end;
```

Esta contém todas as variáveis de monitorização e controlo usadas. Para o desenvolvimento do software de supervisão foram considerados os seguintes aspectos:

- aspecto visual concebido de modo a possibilitar uma rápida percepção da realidade;
- número de sinópticos e a quantidade de informação disponível;
- evidenciar a informação importante;
- boa organização de alarmes (envio de SMS somente se o alarme for urgente);
- registo de ocorrências e correlação de eventos;
- rápida execução de comandos (níveis de controlo, arranque e paragem das estações, avaria ou colocação em funcionamento dos equipamentos, entre outros);
- gestão de histórico e análise de tendências;
- possibilitar a visualização e a impressão de gráficos de evolução dos dados recolhidos, alarmes e mapas de consumo;
- disponibilização de informação para outras aplicações;
- redundância e rápida colocação em funcionamento de todo o sistema. No caso de avaria do servidor, a colocação em funcionamento de uma máquina redundante deve ser rápida e fácil;
- segurança, o acesso ao sistema de supervisão deve ser restrito e devidamente protegido, configuração de níveis de acesso (privilégios);
- a supervisão deve permitir a visualização e o controlo remoto de todo o sistema.

Apresentam-se a seguir, a título de exemplificação, alguns dos sinópticos desenvolvidos. A totalidade da aplicação é apresentada no anexo A.

Para o desenvolvimento dos sinópticos fotografaram-se as estações de modo a tentar reproduzir com fiabilidade a realidade existente. Outro aspecto importante foi facilitar a navegação entre sinópticos, possibilitando vários pontos de acesso à mesma informação, por exemplo, sempre que for visível o nome de uma UL esse será um ponto de acesso ao *layout* com a sua respectiva informação. Na Figura 6.23 são apresentados dois exemplos dos *layouts* criados de uma unidade de zona e de uma unidade local.

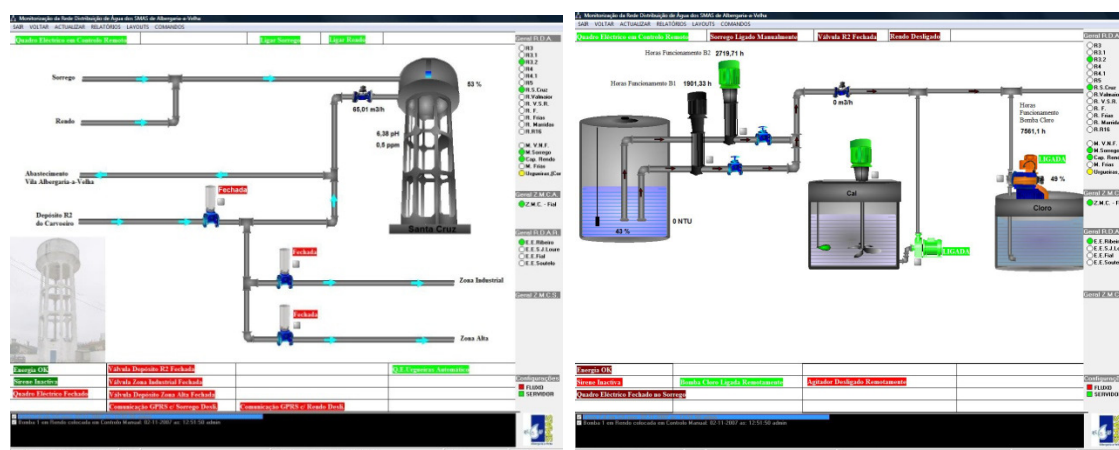


Figura 6.23 - Exemplo do sinóptico do depósito de Santa Cruz (UZ) e da Captação do Sorrego (UL)

Na implementação do software de supervisão foram criados os seguintes menus:

- Menu Inicial: Menu de inicialização do software de supervisão;
- Menu principal: Sinóptico de arranque da aplicação com ligação a todos os outros sinópticos;
- Menu Geral: Sinóptico de todas as estações no mesmo *layout*, possibilitando visualizar o funcionamento genérico de todas as estações;
- Menu individual: Sinóptico de cada estação, possibilita a visualização detalhada do estado de todas as variáveis;
- Menu de controlo ON/OFF: menu que possibilita comandar cada uma das estações, possibilitando, parar ou arrancar bombas remotamente, activar ou desactivar estações, gerar alarmes, abrir ou fechar válvulas, entre outros;
- Menu de controlo de níveis: Permite definir níveis de arranque e paragem para cada estação consoante o reservatório a jusante ou a montante;
- Menu de relatórios de alarmes: Permite a geração de relatórios dos alarmes ocorridos nas estações, podendo ser pesquisados por estação e nos dias pretendidos;
- Menu de relatórios de consumos: Permite a geração de relatórios dos consumos medidos por estação, dos níveis máximos e mínimos de cloro, pH, turvação e condutividade;
- Menu de visualização e impressão de gráficos: Permite a geração de gráficos das variáveis monitorizadas;
- Menu de Comunicação: Permite, monitorizar as comunicações entre o US e as estações, enviar alarmes via SMS sempre que esses sejam solicitados e definir qual o tipo de ligação, cliente ou servidor;
- Menu de controlo do cloro: Permite definir os valores do controlador de cloro;
- Menu de Alarmes: Permite visualizar os alarmes ocorridos durante o dia e indica quem foi o colaborador responsável pela correcção.

De forma a destacar a informação mais importante, foi utilizada a mudança de cor e animação dos *layouts*. Toda a informação considerada importante é mantida sempre visível ao longo de vários sinópticos de modo ao colaborador ter uma maior percepção na existência de anomalias. Por exemplo, ao longo dos sinópticos existe informação da instrumentação “on-line” que se encontra repetida em mais do que um sinóptico, cloro, pH, turvação, caudais, entre outros (Figura 6.24).

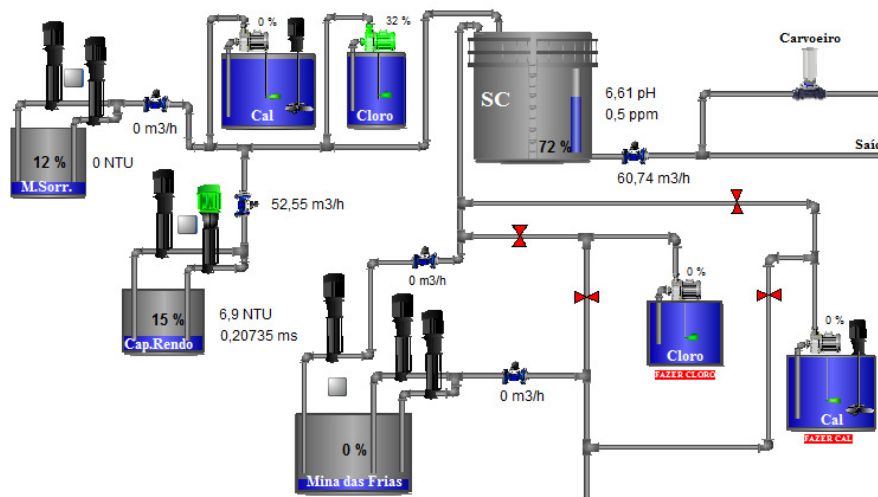


Figura 6.24 – Exemplo da informação disponibilizada

Em todos os sinópticos existe uma área especial, sempre presente, que evidencia os últimos alarmes ocorridos (Figura 6.25). Um clique em cima de um destes alarmes informa o sistema que o operador teve conhecimento do mesmo e guarda essa informação na base de dados. Existe ainda um aviso sonoro, para os alarmes considerados de maior importância.

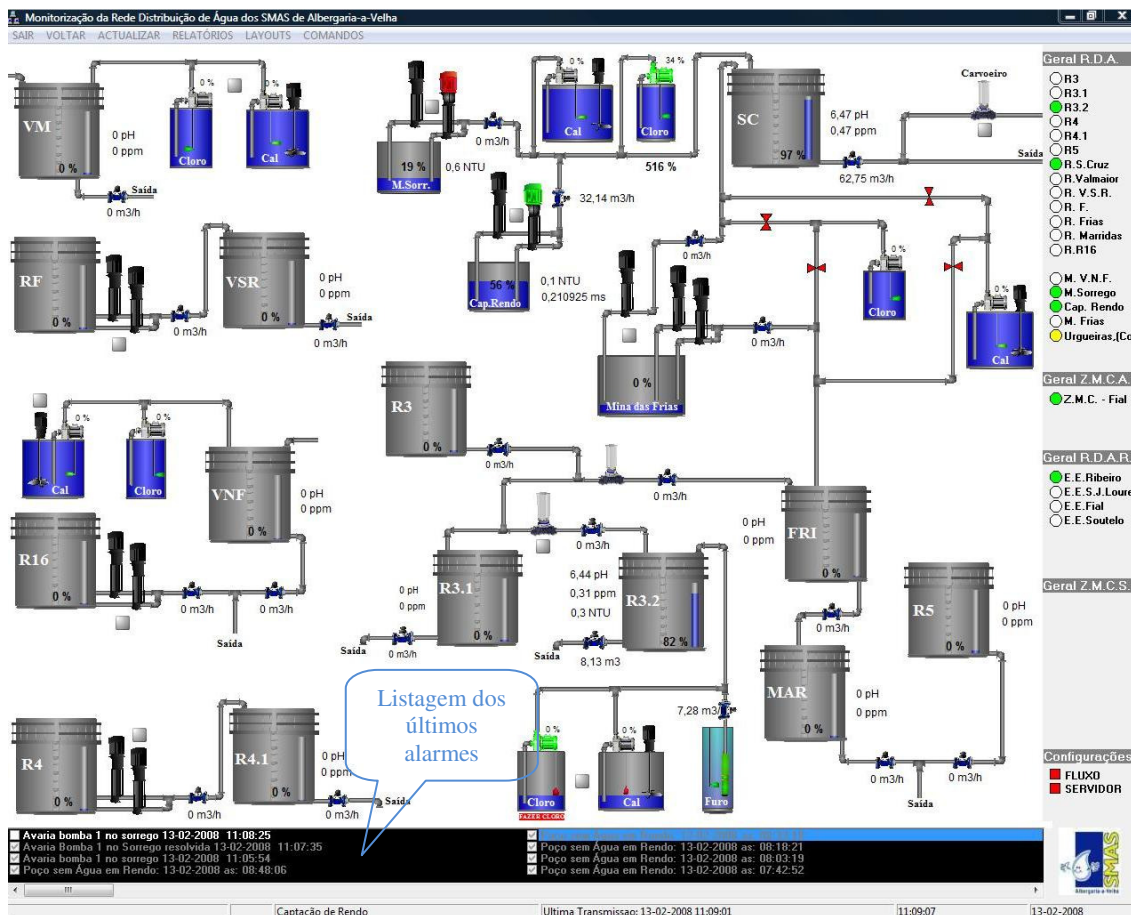


Figura 6.25 - Informação em rodapé sobre todos os alarmes ocorridos

Em termos da informação gráfica, disponibilizaram-se as variáveis mais importantes, por exemplo:

- visualização, no caso das captações, a quantidade de água fornecida por hora.
- totalizador da quantidade de água fornecida.
- número de horas de funcionamento de cada bomba.
- visualização do nível dos reservatórios de distribuição e dos depósitos das captações.
- visualização das variáveis de controlo da água, turvação, condutividade, pH, cloro, pressão e consumo das bombas.

Para todos os gráficos existe a possibilidade de imprimir ou guardar como imagem, Figura 6.26.

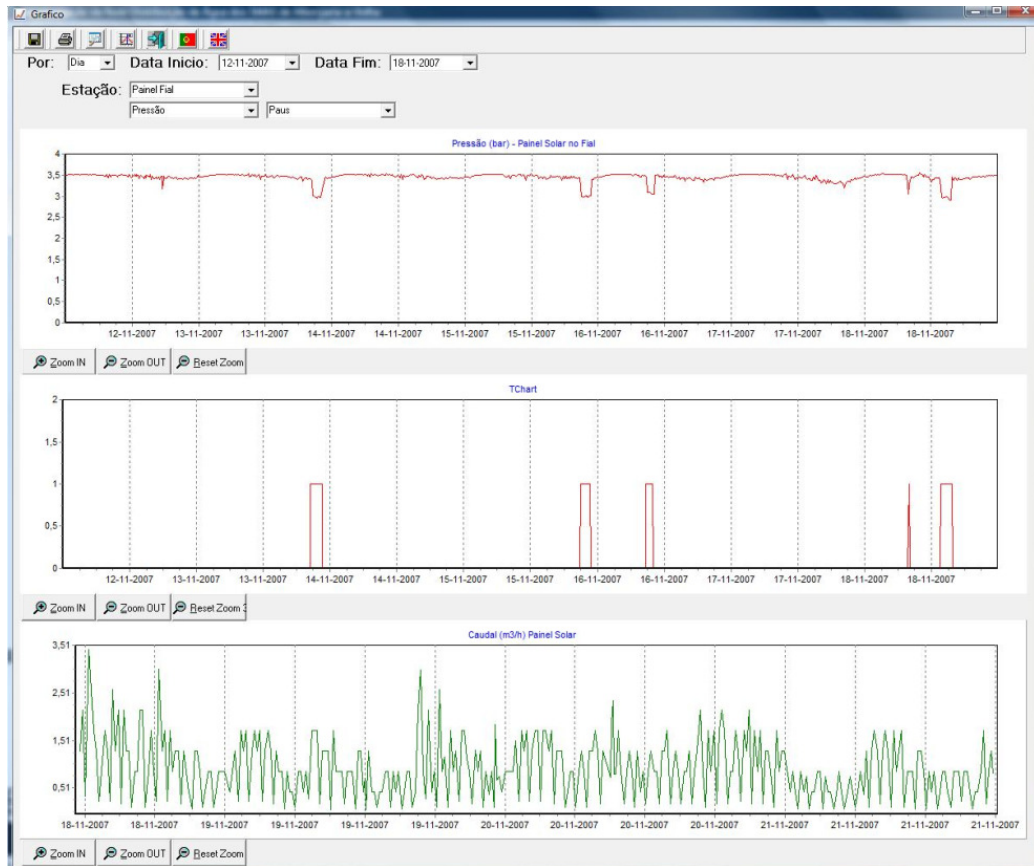


Figura 6.26 - Exemplo do sinóptico para visualização de gráficos

Depois de desenvolvido o módulo de comunicação e os *layouts*, foram implementadas novas funcionalidades: definição dos procedimentos em caso de detecção de uma anomalia, realização de *backups* dos dados recolhidos e do software, segurança de todo o sistema e criação de um sistema cliente-servidor, para que se possa operar com a aplicação a partir de mais do que um computador, em simultâneo.

No caso de avaria do computador da supervisão todo o sistema poderá ser colocado em funcionamento, sendo somente necessário redireccionar o tráfego para esse novo computador, ou caso esse tenha o mesmo IP, indicar a localização da base de dados e correr o software desenvolvido. A criação de *backups* dos dados recolhidos é efectuada todas as semanas e colocada em dois sítios diferente, e uma vez por mês essa informação é gravada em CD. O próprio servidor gere a rede interna e o acesso à Internet. Um ataque externo é uma possibilidade remota, mas contudo complicada, pois seria necessário passar pela *firewall* do servidor de internet, ter acesso à rede interna e saber o caminho para o computador de supervisão. O acesso aos computadores de supervisão é de acesso restrito e protegido por um sistema de *passwords* de dois tipos: uma para acesso ao computador e outra para acesso ao sistema.

O software para acesso remoto ao sistema foi desenvolvido de modo a poder funcionar numa ligação remota como cliente ou como servidor. O controlo das ligações é efectuado pelo próprio software, podendo o mesmo ser usado em três diferentes modos de ligação, como servidor, como cliente (com permissões de administrador), ou como cliente só com permissões para visualizar. No primeiro e no segundo caso os utilizadores têm total acesso ao sistema, podendo gerar comandos, visualizar ou imprimir relatórios. No terceiro caso o utilizador poderá somente visualizar o funcionamento actual das estações.

Assim que a supervisão entrou em funcionamento deixou de ser necessário efectuar as visitas diárias as UL. Os comandos passaram a ser enviados directamente da supervisão para a respectiva UL e todo o controlo da estação passou a ser efectuado por esta. A US interroga ciclicamente as UL e sempre que uma informação recebida exige a paragem ou o arranque de uma UL, o próprio sistema executará essa ordem automaticamente. No caso de não se pretender que a US controle o sistema automaticamente, pode-se colocar o sistema em modo manual, ou ainda desactivar individualmente cada estação.

As UL transmitem o seu estado actual quando essa informação é solicitada pela supervisão, ou no caso de ter ocorrido alteração desse estado, e esta seja considerada relevante. No caso de não haver mudança de estado, o tempo de ciclo de comunicação é o definido entre as unidades locais e a US. Contudo, mesmo com um tempo de ciclo de interrogação das unidades longo, consegue-se ter sempre o estado actual do sistema, visto que as unidades locais comunicam autonomamente as alterações de estado detectadas.

Na fase inicial de implementação do projecto a facturação recebida não correspondia à facturação prevista. Após uma análise detalhada desta, constatou-se que para além dos dados transmitidos para monitorização e controlo das estações, existe um grande volume de tráfego causado por quebras de comunicação e sincronismo.

Apesar do software ter sido desenvolvido apenas por uma única pessoa, os resultados superam as expectativas, tendo-se conseguido atingir todos os objectivos e agradar aos utilizadores e à empresa. Em termos de aspecto visual os sinópticos desenvolvidos e a distribuição da informação, são de simples entendimento, fáceis de operar e principalmente bastante funcionais, podendo no entanto, continuarem em adaptação e melhoramento. O sistema de supervisão possibilitou a obtenção de informação sobre o funcionamento de cada unidade local (Figura 6.27), permitindo, detectar avarias que anteriormente eram impossíveis de detectar em tempo útil, rapidez no arranque e na paragem das unidades locais, garantir uma optimização de todo o sistema e uma redução de custos.

Esta redução deve-se aos seguintes factores:

- o sistema de supervisão permite a optimização da água fornecida pelas captações dos serviços, minimizando a quantidade de água comprada;
- reduz a necessidade de efectuar deslocações, entre as diversas unidades locais;
- detecção de avarias em tempo real;
- elimina a existência de falhas de abastecimento de água.

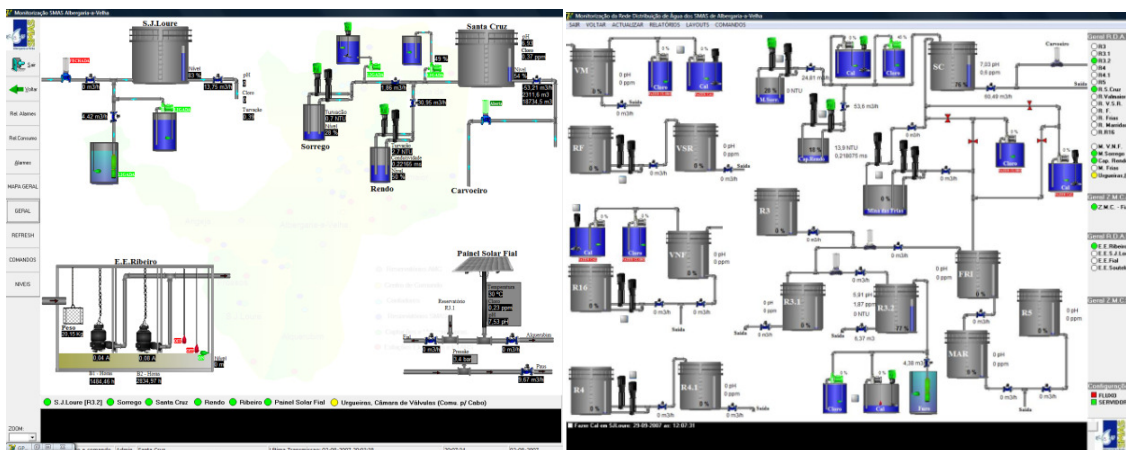


Figura 6.27 - Software do sistema piloto de supervisão e sinóptico geral

6.6 Controlo da Qualidade da água

Para o controlo da qualidade da água teve-se em conta os Valores Máximos Admissíveis (VMA) e Valores Máximos Recomendáveis (VMR) referidos no Decreto-Lei n.º236/98 de 1 de Agosto, actualizado pelo Decreto-Lei n.º243/2001 de 5 de Setembro [23].

6.6.1 Controlo automático de doseamento de cloro

A desinfecção da água é garantida através do doseamento de cloro. Este doseamento é efectuado automaticamente, e é função de uma taxa de tratamento introduzida na supervisão. Antes da implementação deste projecto não existia uma relação entre a taxa de tratamento que se pretendia aplicar e o doseamento do reagente.

O colaborador regulava manualmente a bomba diminuindo ou aumentando a quantidade doseada consoante o valor amostrado de cloro (com um equipamento portátil) e o caudal de água debitado. Na prática é muito complicado estabilizar a saída do sistema (concentração de cloro na água tratada), porque esta dependia totalmente da experiência e sensibilidade do colaborador, do número de estações a bombear, do tempo de retenção da água, da concentração do cloro existente, entre outros factores. Sendo assim, é necessário compreender a evolução da percentagem de cloro na água tratada, de modo a prever a necessidade de aumentar ou diminuir a dosagem.

A execução de uma medição não significativa do cloro à saída poderia conduzir a alteração do valor de referência, quando a mesma não seria necessária. Por estes motivos o sistema era instável, sendo frequente a existência de reclamações por parte dos cidadãos. Por outro lado, com receio que o doseamento fosse demasiado, por vezes as alterações eram efectuadas em intervalos de tempo demasiados longos e com amplitudes muito pequenas, levando a que a quantidade de cloro não atingisse o valor desejado.

Para ser possível a implementação de um controlo automático da dosagem de cloro, foi necessária a instalação de um analisador de cloro, de pH e de temperatura. A colocação deste transdutor tinha como principal objectivo, adquirir o conhecimento exacto da variação do cloro e do pH ao longo do tempo. O conhecimento destas variações possibilitou efectuar um controlo mais preciso e eliminar a existência de grandes variações de cloro residual.

Após a instalação do analisador e na fase de teste do controlador, verificou-se ainda a existência de grandes alterações nos níveis de cloro medidos ao longo do dia. Noutras alturas o controlador injectava grandes quantidades de cloro de modo garantir os valores de referência de cloro à saída, contudo não eram detectadas variações. Após várias análises verificou-se que, durante o dia havia falhas na medição dos valores. Este problema devia-se ao facto de entrar ar na zona de medição dos sensores influenciando as medidas. Depois de ter sido detectado o problema, decidiu-se alterar o procedimento e efectuar três purgas aos sensores durante o dia, mas durante a noite continuavam a verificar-se grandes oscilações de cloro.

Concluiu-se então que a tubagem de entrada no sensor, de diâmetro superior ao do furo interno, conduzia a um aumento da velocidade e conseqüente diminuição de pressão originando a sucção do ar, princípio de *Bernoulli*. A minimização deste problema

conseguiu-se através da criação de um ponto de purga de ar num ponto mais elevado, Figura 6.28.

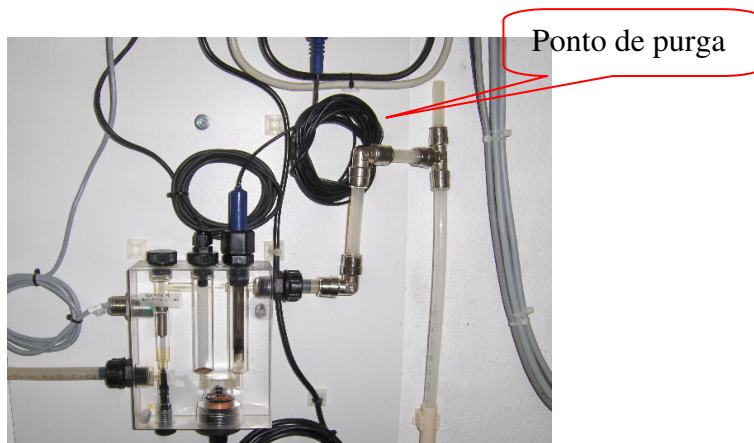


Figura 6.28 – Pormenor do analisador de cloro e pH

O controlo do cloro, após a instalação do analisador e da bomba doseadora, passou a ser efectuado pelo software de supervisão que ajusta a frequência de injeção da bomba de cloro, conseguindo-se reduzir as variações.

O controlador baseia-se nos seguintes factores, o valor do “resíduo de cloro livre” deve estar entre 0,2 a 0,5 ppm (quando medido após um tempo de retenção de 30 minutos), em água com um índice pH máximo de 7, sendo pelo menos de 0,8 ppm se o índice for superior a 7. Deve-se aumentar a quantidade de cloro quando:

- 1) o tempo de retenção for inferior a 30 minutos;
- 2) as quantidades de ferro, enxofre, amoníaco ou matérias orgânicas forem consideráveis;
- 3) a temperatura da água for inferior a 10°C;
- 4) o índice de pH da água for superior a 7.

A Tabela 6.6 apresenta os parâmetros considerados para a determinação dos valores de referência para injeção de cloro em cada uma das unidades locais.

Tabela 6.6 - Parâmetros considerados para determinação dos valores de referência

Parâmetros considerados		
Consumo médio diário em Santa Cruz	1000 m ³ /dia	1000000 l/dia
Capacidade de bombagem na Captação de Rendo	50 m ³ /h	1200000 l/dia
Capacidade de bombagem na Captação do Sorrego	30 m ³ /h	720000 l/dia
Capacidade de bombagem de Rendo e Sorrego	80 m ³ /h	1920000 l/dia
Solução de Hipoclorito diluída	8 %	0,08
Dosagem máxima assumida de cloragem	5 g/m ³	5 mg/l ⁷
Capacidade da bomba	10 l/h	240 l/dia

⁷ 1ppm = 1mg/l

A referência de injeção poderá ser calculada utilizando as seguintes fórmulas:

$$\text{Consumo de cloro} = \frac{\text{Dosagem (mg.l}^{-1}\text{)} \times \text{Consumo água(l)}}{1 \text{ milhão de litros de água}} \quad [6. 12]$$

$$\text{Débito da bomba de cloro} = \frac{\text{Consumo cloro (l)}}{\text{Solução de Hipoclorito diluída}} \quad [6. 13]$$

$$\text{Referência Injecção} = \frac{\text{Débito (l.h}^{-1}\text{)} \times 100}{\text{Capacidade da Bomba}} \quad [6. 14]$$

Usando os parâmetros enunciados e as fórmulas anteriores, obtêm-se os seguintes valores:

Tabela 6.7 - Valores de referência para a quantidade de cloro a injectar

Estações	Referência Injecção (Ref.Inj.)
Estando somente Sorrego a funcionar	18,75 %
Estando somente Rendo a funcionar	31,25 %
Estando Rendo e o Sorrego a funcionar	50 %

Estes seriam os valores a dosear pela bomba doseadora de cloro durante o funcionamento da bomba de água, considerando a inexistência de perturbações.

A quantidade a injectar é controlada pelo sistema de supervisão, permitindo ajustar o valor de referência às perturbações externas, por exemplo, o tempo de retenção, a concentração do cloro, o caudal real debitado pelas bombas, a qualidade e a temperatura da água. Foi implementado o controlador ilustrado de seguida.

$$\% \text{ Injectar} = (\text{Ref (ppm)} - (V. \text{Medido (ppm)}) \times \text{Ref. Inj.} + \text{Ref. Inj.} \quad [6. 15]$$

6.6.2 Controlo do pH da água

O valor do pH é um número definido numa escala entre 0 e 14 que indica se uma solução é ácida (pH < 7), neutra (pH = 7), ou básica/alcalina (pH > 7). Na análise da qualidade da água este parâmetro é considerado um dos mais importantes, daí ser necessário efectuar a sua medição e controlo. A captação do Sorrego é a única que apresenta valores de pH que ultrapassam o valor máximo recomendado, sendo necessário a injeção de leite de cal. Neste projecto-piloto, como já foi referido anteriormente não foi adquirida uma nova bomba doseadora de leite de cal, que permita o controlo remoto, uma vez que a bomba actual ainda é nova. Na tentativa de controlar os níveis do pH, foi efectuada uma rotina de controlo que informa a necessidade de aumentar ou diminuir a dosagem através do envio de um SMS.

O controlo deste parâmetro, além de garantir o fornecimento de água de melhor qualidade, permite também evitar valores baixos de pH que podem originar corrosão das tubagens e, em casos extremos, queimaduras (por exemplo nas plantas caso se utilize essa água para rega), ou valores altos que estão normalmente, associados a teores elevados de bicarbonatos (eventualmente carbonatos) e cálcio, podendo originar acumulação de calcário nas tubagens (entupimentos).

Tabela 6.8 - Valores VMR e VMA do pH

Avaliação	pH
Escala de medida	0 - 14
Valores médios recomendados (VMR)	6,5 - 8,5
Valores máximos admissíveis (VMA)	5,5 - 9,0

6.6.3 Controlo da turvação da água

Um indicador muito importante da qualidade da água é a turvação, cuja unidade de medida é NTU (“*Nephelometric Turbidity Units*”) e o valor máximo admissível é de 4 NTU. A turvação é um parâmetro muito difícil de medir porque depende do número, tamanho, forma e cor das partículas em suspensão na água, os quais variam muito. Existem ainda factores que interferem com a medição, tais como, sujidade do sensor, cor da amostra, envelhecimento do fotodetector, bolhas de ar e dispersão da luz.

A turvação é um parâmetro que mede a atenuação da intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma amostra da água, devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, entre outros. A erosão das margens dos rios em estações chuvosas resulta no aumento da turvação da água e exige manobras operacionais de modo a evitar possíveis contaminações.

Os analisadores instalados não foram uma boa escolha devido à dificuldade na calibração e à necessidade de limpezas frequentes. Mesmo com estes problemas a medição deste parâmetro permitiu a detecção de turvação elevada, possibilitando parar bombagem antes da contaminação da rede.

6.6.4 Controlo da condutividade da água

Um indicador também importante da qualidade da água é a condutividade, cuja unidade de medida é $\mu\text{S/cm}$. A água pura é má condutora de electricidade, embora não seja um isolante perfeito. É difícil de obter uma água absolutamente pura, já que esta é um bom solvente. Mesmo a água destilada de altíssima qualidade tem algumas substâncias químicas dissolvidas. Essas impurezas, mesmo em concentrações bastante baixas, permitem à água conduzir electricidade muito melhor, já que impurezas, como por exemplo o sal, se separam em íons livres na água, através dos quais uma corrente eléctrica pode fluir. O valor da condutividade depende das concentrações iónicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna de água, representando uma medida indirecta da concentração de poluentes.

A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes.

Tabela 6.9 - Valores VMR da condutividade

Avaliação	Condutividade (mS/cm)
Problemas graves	> 2
Problemas crescentes	1 - 2
Valor máximo recomendável (VMR)	1
Ausência de problemas	$< 0,75$

O analisador de condutividade permitiu detectar alterações na condutividade existente na água, contudo na fase de arranque, a instalação do referente sensor não foi devidamente efectuada. Nas alturas de menor caudal este ficava em contacto com o ar, influenciando as medições obtidas. Para eliminação desse problema foi alterada a instalação do sensor de modo a ficar sempre em contacto com a água, Figura 6.29 (b).

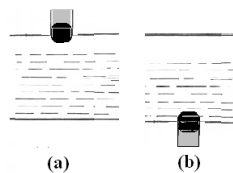


Figura 6.29 - Instalação inicial (a), Instalação final (b)

7 CAPÍTULO – Resultados

O sistema de telegestão permitiu ultrapassar várias dificuldades no controlo quantitativo e qualitativo na distribuição de água e na drenagem das águas residuais. A centralização de toda a informação do sistema possibilitou uma análise do seu funcionamento, obtendo-se uma maior eficiência na gestão dos recursos existentes.

7.1 Controlo qualitativo da água

Tal como já foi referido anteriormente, os analisadores de turvação apresentaram alguns problemas, no entanto, a medição deste indicador demonstrou ser essencial para a garantia da qualidade da água. Na Figura 7.1, pode-se confirmar o aparecimento, no dia 5, de alterações na qualidade da água medidos pelo analisador de turvação.

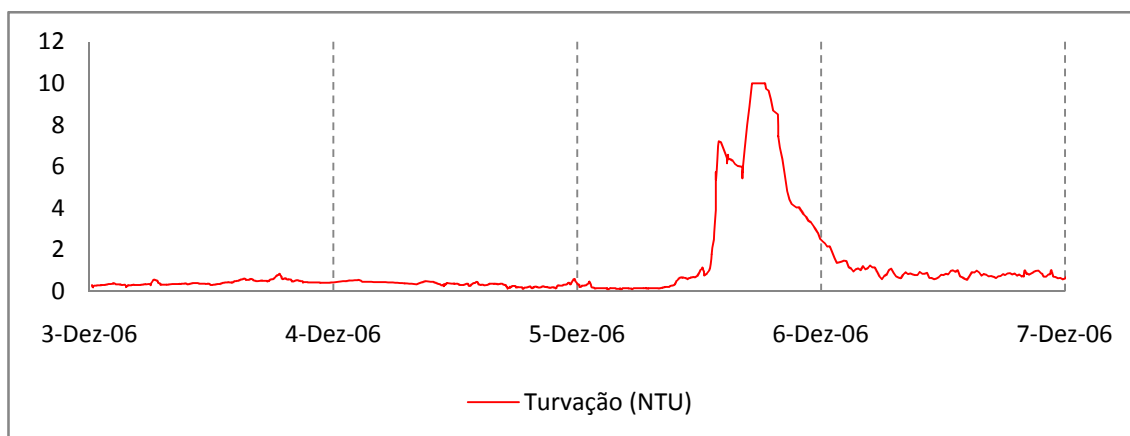


Figura 7.1 - Medição da turvação na captação do Sorrego

Esta detecção permitiu que fosse dada uma ordem de paragem à captação do Sorrego antes da contaminação influenciar as estações a jusante.

Outro aspecto importante na garantia da qualidade da água é a desinfecção adequada da mesma. A detecção da necessidade de abastecimento do depósito de hipoclorito e o controlo do valor a injectar, permitiu alcançar o objectivo definido, manter o nível de cloro residual à saída do reservatório nos 0,5 ppm.

Na Figura 7.2 c) e d) está indicado quando as captações entram em funcionamento, podendo verificar-se que consoante se encontra uma das captações em funcionamento ou as duas o valor percentual de cloro doseado pela bomba é diferente garantindo o valor de cloro à saída do reservatório dentro dos parâmetros desejados.

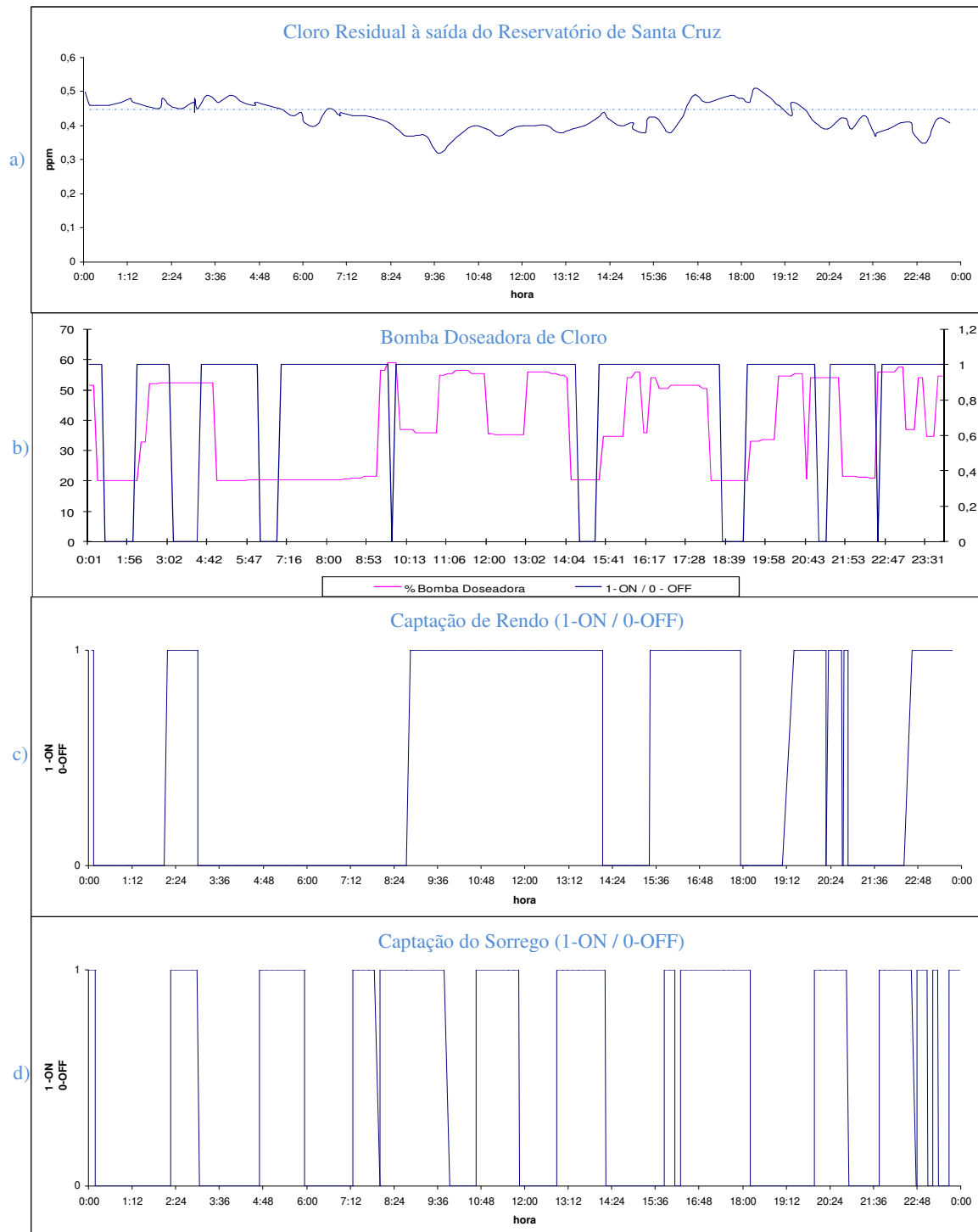


Figura 7.2 - Controlo remoto do cloro residual no reservatório de Santa Cruz

Para além do controlo do doseamento do cloro, é necessário controlar o pH da água. Este deve ser mantido dentro dos valores exigidos por lei [6,5 – 8,5]. A monitorização deste indicador permitiu efectuar a regulação do doseamento da bomba de leite de cal, obtendo-se uma maior estabilidade na variação deste valor ao longo do tempo (Figura 7.3).

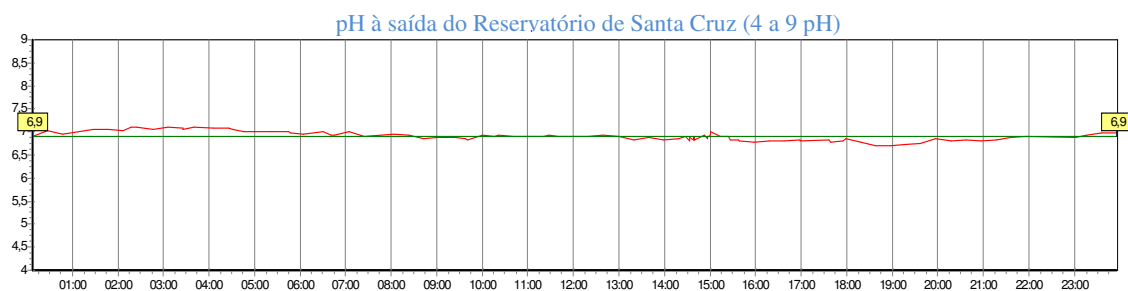


Figura 7.3 - Monitorização e controlo do pH da água

Dado que o sistema detecta automaticamente a necessidade de leite de cal, enviando um alarme via SMS evitou-se o sistema a funcionar sem injeção, Figura 7.4.

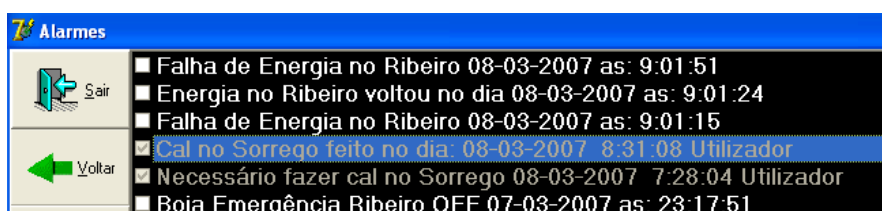


Figura 7.4 - Alarme da necessidade de se encher o depósito de Cal

7.2 Controlo quantitativo da água

Após a colocação do sistema de supervisão em funcionamento não ocorreram falhas no abastecimento de água. Este facto deve-se à monitorização dos níveis dos reservatórios e ao controlo das captações.

No exemplo apresentado na Figura 7.6, confirma-se a optimização da água fornecida pelas captações e pelo sistema em alta. Uma vez que a água da Captação do Sorrego é a mais barata, esta é a primeira a entrar em funcionamento de modo a rentabilizar a sua utilização. A captação de Rendo e a estação das Urgueiras são utilizadas como recurso sempre que o Sorrego não consiga manter o nível do reservatório em valores suficientes para assegurar o fornecimento nas horas de ponta. Na abertura da válvula na estação das Urgueiras, se ambas as captações não fornecerem água suficiente, será comprada água ao sistema em alta, Figura 7.5.

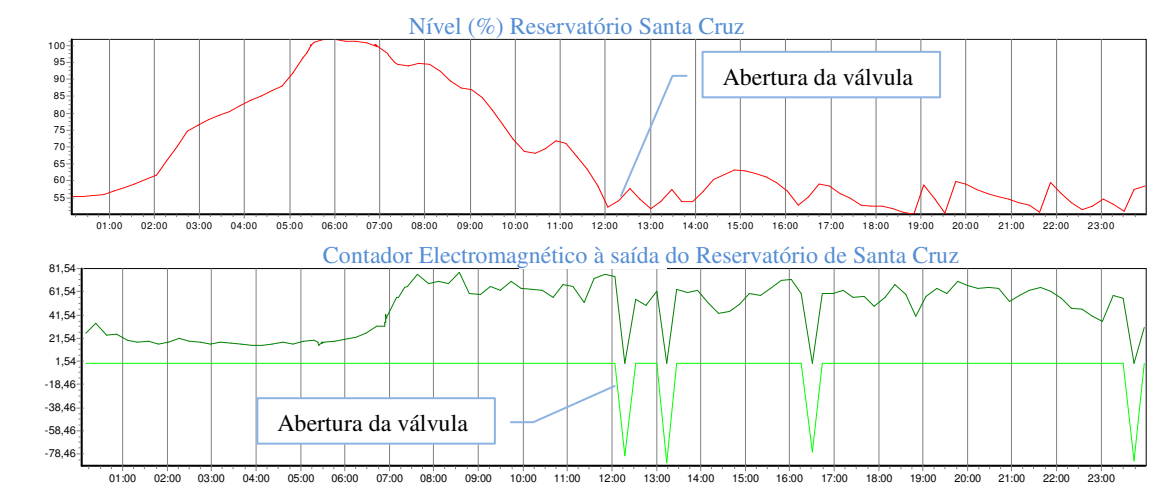


Figura 7.5- Exemplo da abertura da Válvula do Carvoeiro

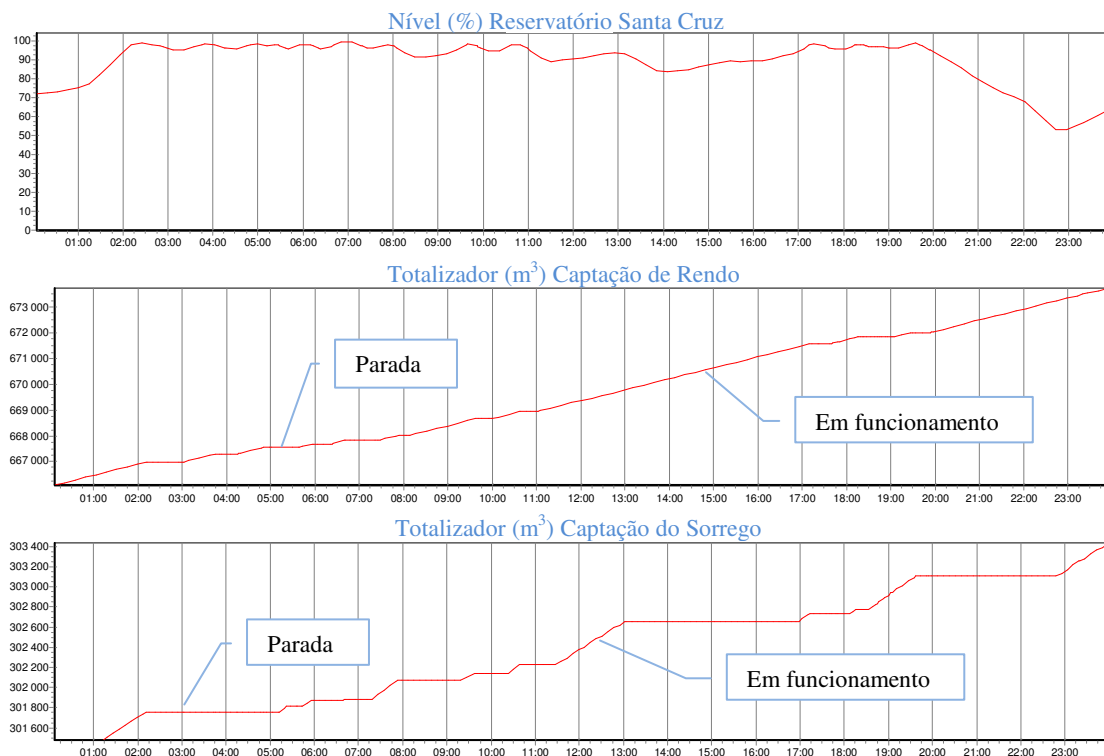


Figura 7.6 - Monitorização do nível de Santa Cruz e Controlo das Captações

Outra estação cuja monitorização e controlo melhorou significativamente foi a captação subterrânea do furo em São João de Loure (R.3.2). A monitorização permitiu regular a capacidade do fornecimento de água do furo e otimizar a aquisição de água ao sistema em alta. As Figuras 7.7 e 7.8 ilustram o funcionamento do nível do reservatório de São João de Loure e os níveis de arranque e paragem definidos na supervisão.

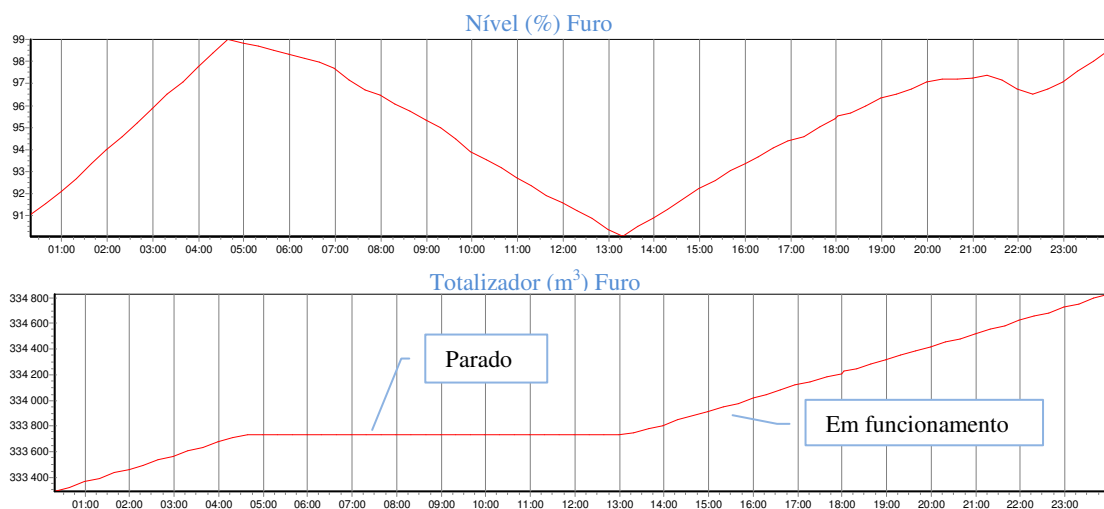


Figura 7.7 - Monitorização do nível do reservatório R.3.2 e da respectiva captação

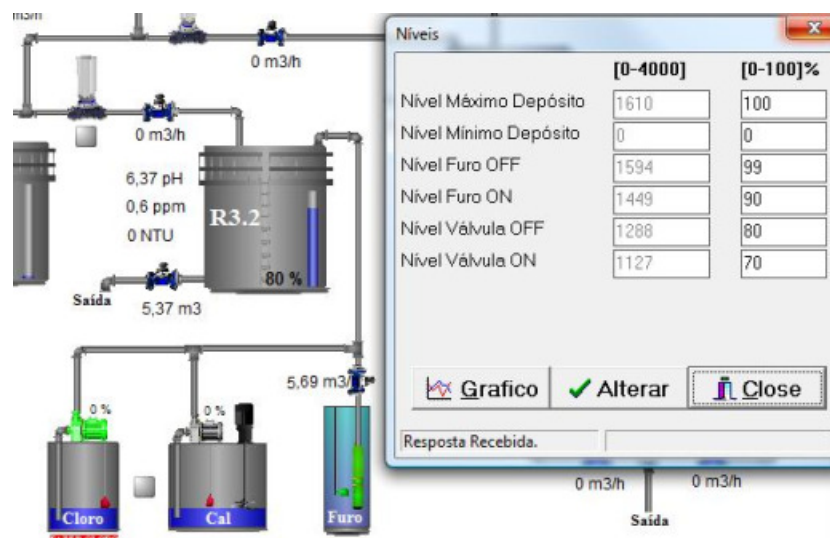


Figura 7.8 - Definição dos níveis na supervisão

7.3 Funcionamento das estações

A monitorização dos caudais, dos consumos das bombas das UL e do estado dos equipamentos provaram ser indicadores essenciais do bom funcionamento das UL.

Os gráficos da Figura 7.9 ilustram uma das vantagens na monitorização do caudal bombeado pelas captações.

Na captação do Sorrego, foi detectada uma diminuição de 30% do seu caudal. Esta redução deveu-se à colmatção dos filtros na tubagem de aspiração. As figuras seguintes ilustram os valores obtidos pela bombagem da captação com os filtros colmatados e, posteriormente, após a sua limpeza.

Na captação de Rendo, foi detectada uma diminuição de 14% do seu caudal. Esta redução deveu-se à colmatção dos drenos, do filtro de areia natural e do filtro na tubagem de aspiração.

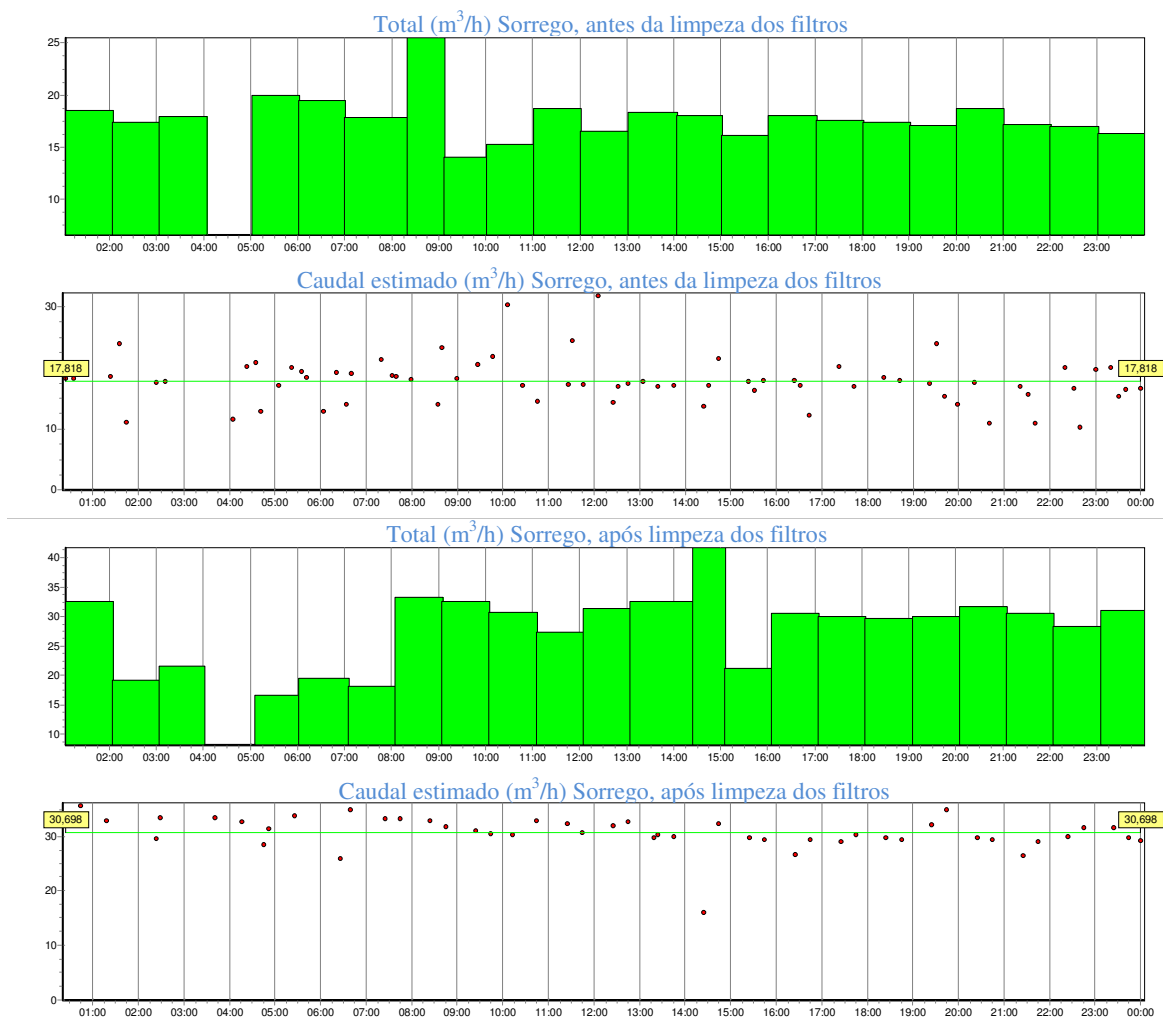


Figura 7.9 - Colmatção dos filtros de aspiração na captação Sorrego

Outra vantagem na monitorização dos caudais e na optimização do funcionamento das UL, é a possibilidade de minimizar a percentagem de perdas reais e aparentes. Como indicado no Capítulo 2, a UL do Painel Solar do Fial têm como principal objectivo a minimização das perdas existentes na rede de distribuição. Até ao momento não é possível estimar a redução do valor das perdas. Contudo, pode-se indicar que a instalação desta UL é benéfica para a detecção de roturas, fugas e até mesmo de furtos de água na rede. Nesta Z.M.C. efectua-se a monitorização de duas condutas de abastecimento, como ilustrado na Figura 7.10. Este sistema permite, com a monitorização da pressão, detectar a existência de anomalias nestas redes. Caso exista uma rotura, tanto na rede de abastecimento de Alquerubim, Fial ou Paus, a pressão medida na conduta de Paus desce bruscamente, indicando a existência de uma anomalia.

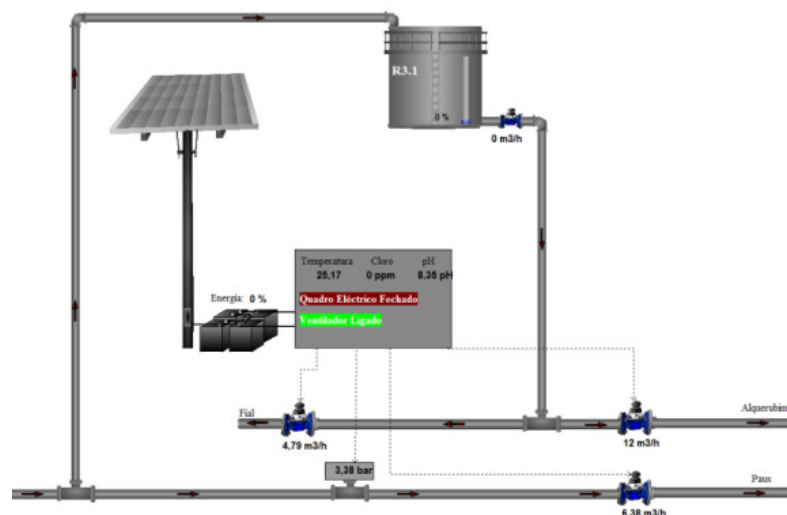


Figura 7.10 - Exemplificação das medições efectuadas na ZMC

Assim, um aumento do consumo e uma queda de pressão fornecem indicação de uma possível rotura, pelo que é enviado um alarme por SMS. A Figura 7.11 ilustra duas roturas consecutivas na conduta de Alquerubim.

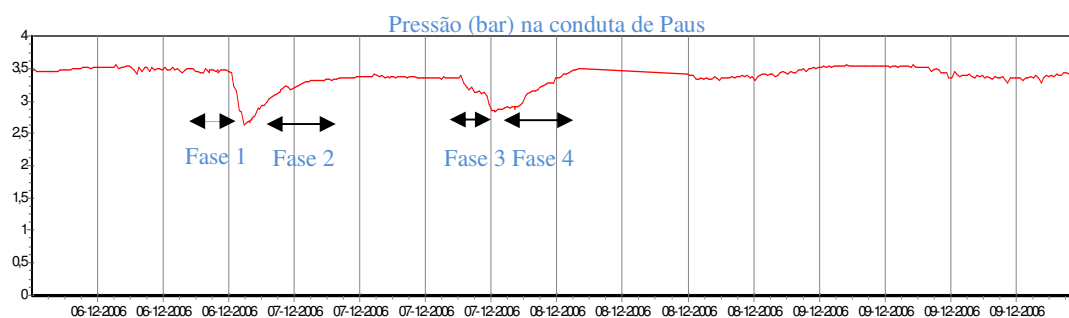


Figura 7.11 - Detecção de uma rotura na conduta de abastecimento de Alquerubim

A primeira fase indica o aparecimento de uma rotura, a segunda a altura de detecção e o fecho da respectiva válvula, a terceira a colocação do sistema novamente em funcionamento. Mas, após abertura da válvula, foi dada novamente a indicação da existência de outra rotura. Por último a quarta fase indica novamente a detecção do local e o fecho da respectiva válvula.

Para além da detecção de roturas e fugas existentes, a monitorização da pressão da rede permite determinar a influência da abertura das válvulas de seccionamento (Figura 7.12). Caso estas válvulas sejam monitorizadas remotamente, na sua abertura não será gerado um alarme pelo sistema, visto que este tem conhecimento que essa válvula foi aberta, indicando somente a existência de uma queda de pressão na rede.

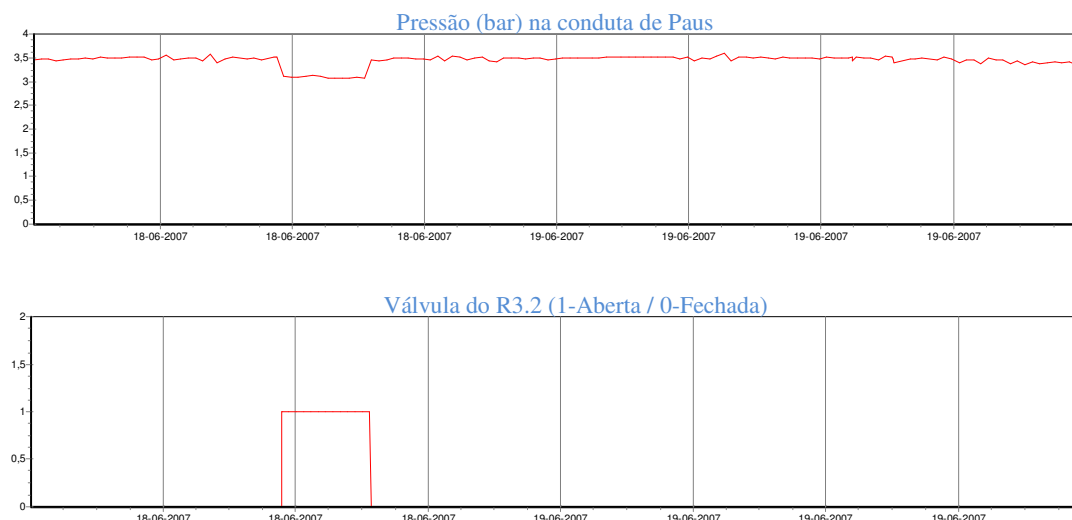


Figura 7.12 - Quebra de pressão na rede na abertura de uma válvula de seccionamento

A detecção de avarias remotamente permite minimizar o tempo de paragem das respectivas unidades locais e efectuar uma melhor gestão dos recursos funcionais. A visualização do estado global do sistema permite, consoante o tipo de avaria, definir prioridades. Estas podem levar à necessidade de uma deslocação imediata dos técnicos responsáveis, ou não. Qualquer avaria considerada critica para o sistema é enviada via SMS para o colaborador respectivo, sendo esta também indicada visualmente no sinóptico através da mudança de estado. Na Figura 7.13 é apresentado um exemplo das cores apresentadas pelo sinóptico, que têm os seguintes significados: Preto - bombas paradas, Vermelho - bombas avariadas e Verde - bombas em funcionamento.



Figura 7.13 – Visualização de um dos alarmes visuais na detecção de avaria de uma bomba

Outro tipo de avaria detectado é, a avaria das bóias nas estações elevatórias de saneamento. A medição do nível do poço permite identificar avarias deste tipo, como é ilustrado na Figura 7.14. Dado que o nível está muito elevado deveriam estar as duas bombas em funcionamento, o que não se verifica indicando por isso uma avaria.

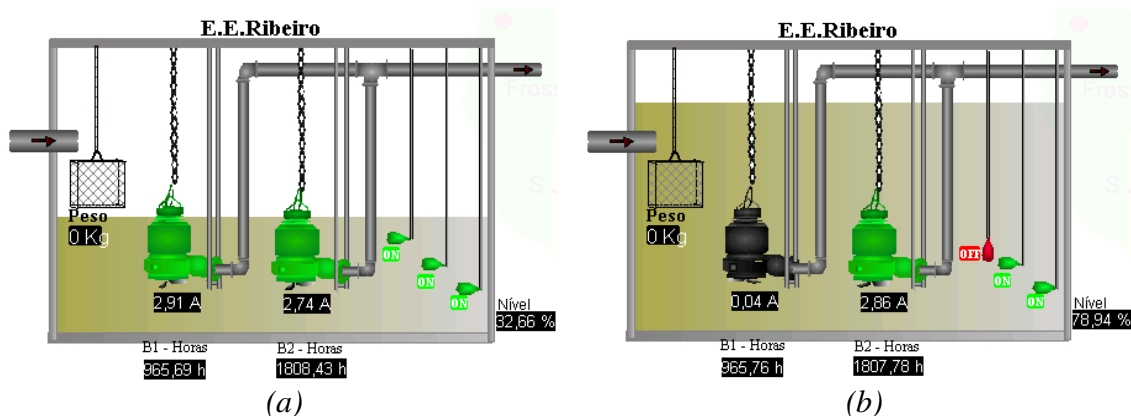


Figura 7.14 - Funcionamento correcto (a) e avaria (b) da bóia de emergência

Ainda em relação às bóias de nível, outro dos problemas detectados é a má instalação das mesmas, como ilustrado de seguida n figura.

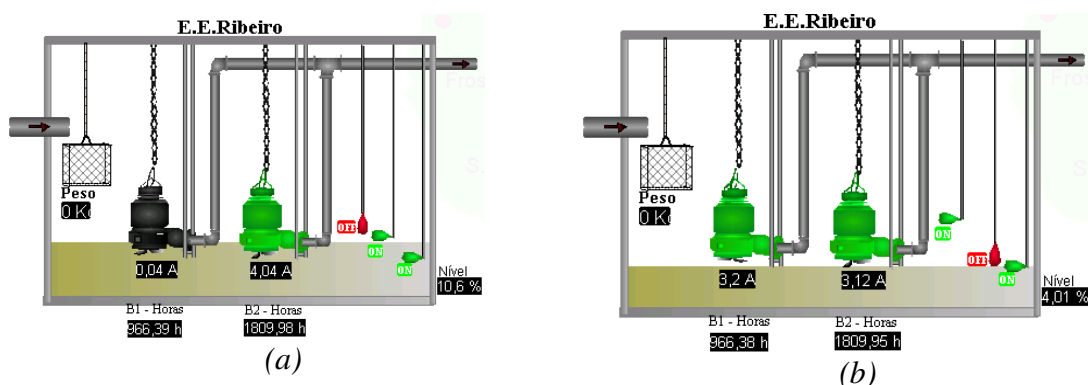


Figura 7.15 - Funcionamento correcto (a) e instalação errada (b) da bóia de emergência

Após execução de uma operação de manutenção numa das estações, a bóia de emergência foi instalada abaixo da bóia de nível máximo. O nível indicado pelo sensor de nível ultra-sónico não indica volume de água suficiente para esta se encontrar actuada. Esta má instalação fará com que as bombas estejam a arrancar e a parar sucessivamente em espaços de tempo curtos.

A medição do consumo de uma bomba permite detectar a existência de encravamentos, por ex. obstrução por sujidade, Figura 7.16. Esta monitorização tem como principal vantagem aumentar o “tempo de vida” das bombas, não deixando que estas trabalhem em esforço durante demasiado tempo.

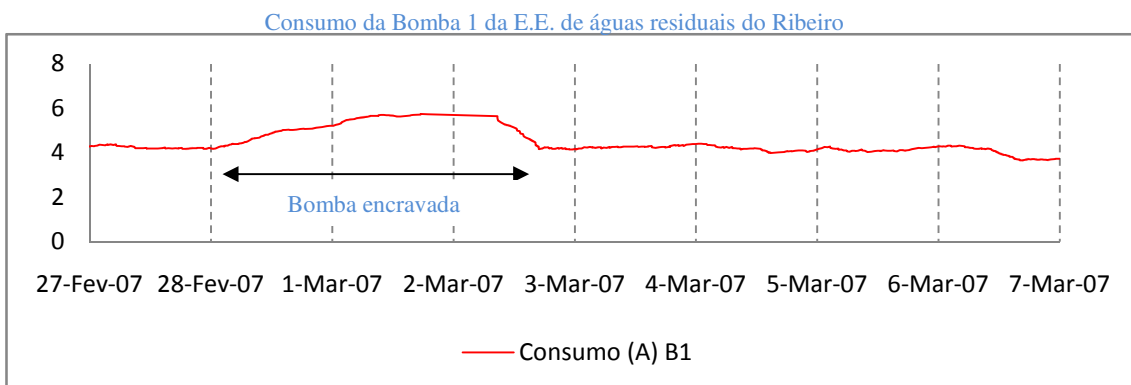


Figura 7.16 - Detecção do encravamento de uma bomba, através da medição do consumo

Na medição deste indicador é importante contemplar as quedas de tensão, pois estas fazem com que o consumo da bomba aumente sem ser por estas estarem encravadas. O modo de eliminar este problema é através da monitorização da tensão de alimentação, ou da medição do caudal à saída da bomba. A medição de um destes valores em conjunto com a medição do consumo permite determinar com precisão, o estado de funcionamento das bombas.

Outro indicador monitorizado são as falhas de energia nas unidades locais e de supervisão. Na existência de uma falha no sistema, a supervisão envia um alarme via SMS informando o local onde esta ocorreu, Figura 7.17.



Figura 7.17 - Detecção de falha de energia

Outro indicador para monitorização do estado de funcionamento das estações elevatórias consiste na monitorização do peso do cesto na entrada de águas residuais. Este cesto tem como principal funcionalidade recolher todos os resíduos de maiores dimensões de modo a estes não danificarem as bombas.

A monitorização do peso do cesto possibilitou:

- informar o colaborador da necessidade de executar a sua limpeza sempre que este se encontre cheio,
- indicar se o cesto foi ou não limpo e o tempo de resposta por parte do colaborador.
- indicar se as bóias foram instaladas correctamente, por exemplo, sempre que a bóia de máximo estiver colocada acima do fundo do cesto, este ficará suspenso pela água variando o seu peso (Figura 7.18).

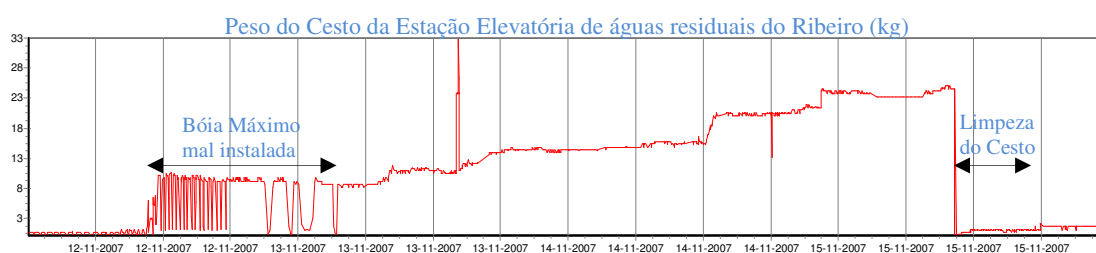


Figura 7.18 – Monitorização do peso do cesto da entrada de águas residuais da E.E. Ribeiro

Um dos grandes problemas existentes na R.D.A.R é a constante infiltração de águas pluviais. A monitorização das estações elevatórias permite recolher informação de modo a estudar-se a dimensão do problema. Nas Figuras 7.19 e 7.20 verifica-se um exemplo de duas redes diferentes onde a primeira é influenciada pela precipitação e pelos níveis freáticos e a segunda não.

Estação Elevatória de Águas Residuais do Ribeiro

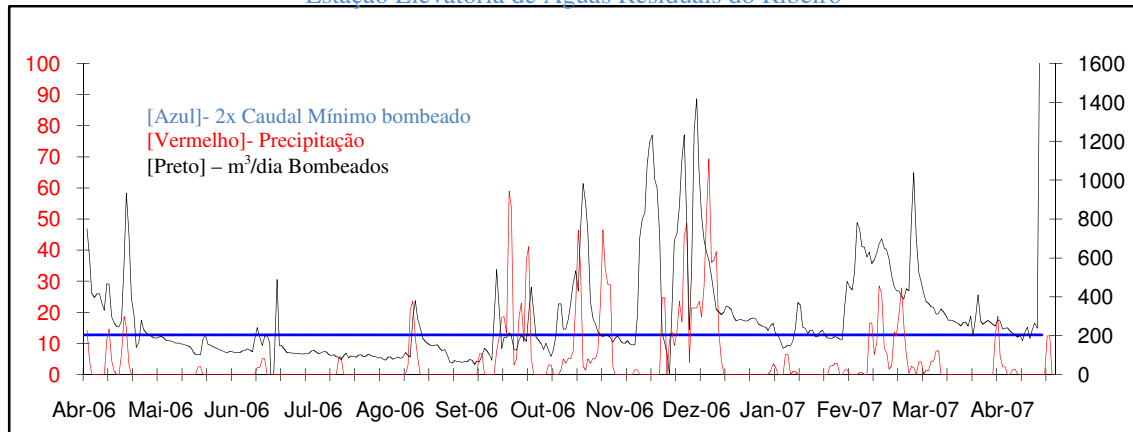


Figura 7.19 - Caudal bombeado na E.E. Ribeiro em comparação com a precipitação

Estação Elevatória de Águas Residuais do 1º Dezembro

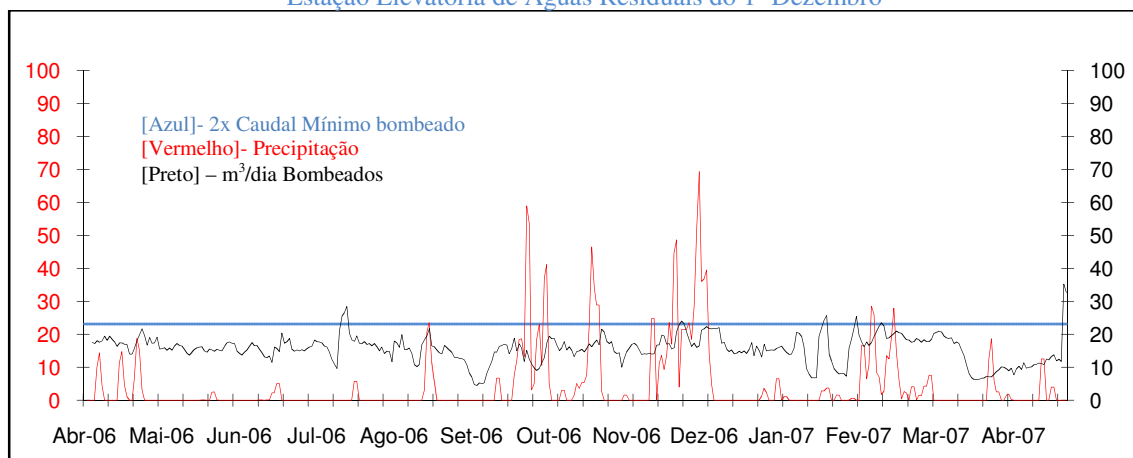


Figura 7.20 - Caudal bombeado na E.E. 1ºDezembro em comparação com a precipitação

Analisando as figuras verifica-se que no primeiro caso durante os meses de verão a E.E. Ribeiro encontra-se a bombear abaixo de duas vezes o caudal mínimo podendo dizer-se que se encontra nestes meses a bombear simplesmente águas residuais. Contudo, a partir do mês de Setembro verifica-se que esse caudal começa a aumentar e quanto mais chove mais caudal é bombeado. Este facto deve-se a existência de um elevado número de infiltrações de águas pluviais na rede, e do aumento dos níveis freáticos do terreno envolvente.

Se se comparar esta rede com a rede da E.E. 1º Dezembro verifica-se que esta não é influenciada pelas águas pluviais, porque mesmo nos meses mais chuvosos o caudal bombeado encontra-se abaixo de duas vezes o valor mínimo bombeado. Este tipo de análise fornece aos gestores a capacidade de decidir, quais as redes que necessitam de uma reestruturação, possibilitando definir prioridades no investimento de futuros projectos de remodelação e diminuir os custos actuais de tratamento, através da redução dos caudais a tratar.

O facto do desenvolvimento de todo o projecto ter sido efectuado internamente nos serviços, permitiu assegurar *know-how* necessário para a resolução dos problemas, sem necessidade de intervenção de uma entidade externa com onerosos contratos de manutenção. Dado que o software foi totalmente desenvolvido internamente nos SMAS, torna-se mais fácil a sua adaptação à realidade dos serviços, permitindo que a execução de alterações e melhoramentos de forma rápida e sem custos adicionais.

8 CAPÍTULO – Considerações Finais

8.1 Conclusões

O objectivo desta dissertação era o projecto de um sistema de Telegestão que englobe a totalidade das redes geridas pelos SMAS, cujo custo de implementação foi estimado em 340 mil euros. Para o cálculo deste valor foi considerada a monitorização e o controlo de inúmeros parâmetros em 65 unidades remotas e analisando-se a viabilidade económica do mesmo. Nesta análise compararam-se os custos actuais de manutenção e de controlo das redes de distribuição de água e de drenagem de águas residuais, incluindo os gastos em pessoal, combustível e manutenção de viaturas; com o investimento no Projecto de Telegestão Global, incluindo os custos de comunicação de dados e de manutenção. Com base nas simulações e nos cálculos realizados, concluiu-se que a amortização do investimento total seria efectuada ao fim de 8 anos, estimando-se uma redução de 80% nas deslocações efectuadas pelos operadores nas unidades controladas, obtendo-se uma resposta à resolução dos problemas em tempo útil, proporcionando um serviço de melhor qualidade aos clientes. Sendo assim, o Projecto de Telegestão para além de permitir ultrapassar várias dificuldades no controlo quantitativo e qualitativo, significa a médio prazo uma poupança nos custos operacionais.

Face ao elevado investimento previsto considerou-se útil numa primeira fase o desenvolvimento de um projecto-piloto que permitisse detectar lacunas no projecto, testar diversos equipamentos disponíveis no mercado, validar o sistema de comunicações, ganhar *know-how* sobre os indicadores seleccionados e sobre todo o sistema. O conhecimento adquirido ao longo do desenvolvimento do projecto-piloto, permitiu efectuar melhorias no projecto global, tanto em aspectos económicos como funcionais.

A montagem de grande parte dos equipamentos foi realizada por uma empresa especializada, sendo os projectos eléctricos, o software de controlo e de supervisão desenvolvido no âmbito desta dissertação. Este método de implementação permitiu evitar um problema constatado noutros projectos que é a dependência tecnológica face a empresas terceiras.

Após apresentação das funcionalidades do Projecto-Piloto e do investimento efectuado (43.500,00€), a empresa considerou esta etapa concluída com êxito. Este projecto entrou em funcionamento em Outubro de 2006, permitindo centralizar informação relativamente ao sistema controlado e possibilitando uma análise do seu funcionamento, levando a uma maior eficiência na gestão dos recursos.

O sistema SCADA desenvolvido em Delphi proporciona uma interface gráfica que retrata com fidelidade a realidade existente em cada unidade remota, tendo sido utilizadas fotografias dos respectivos equipamentos no seu desenho. O aspecto visual dos sinópticos desenvolvidos e a distribuição da informação nos *layouts*, são de simples entendimento, fáceis de operar e bastante funcionais, estando no entanto em constante adaptação e melhoramento cumprindo os requisitos propostos.

O desenvolvimento deste projecto permitiu aumentar a capacidade das captações: 57% em São João de Loure, 21% na Captação de Rendo e 32% na Captação do Sorrego. Este aumento de capacidade permitiu uma redução de 24% na água comprada ao sistema em alta o que permitiu uma poupança de cerca de 46 mil euros, pagando o investimento efectuado no sistema piloto (Figura 8.1).

Os resultados obtidos com o sistema piloto provam a viabilidade económica do projecto global, promovendo uma melhoria contínua dos serviços prestados à população do concelho de Albergaria-a-Velha.

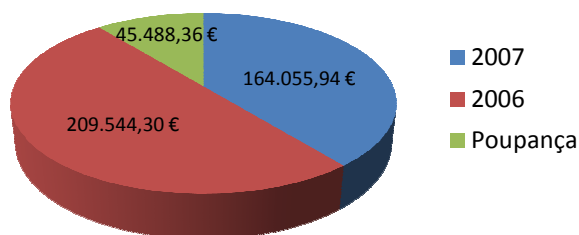


Figura 8.1 - Quantidade de água comprada no sistema em Alta

A implementação do Projecto-Piloto teve como principais vantagens:

- centralizar toda a informação, possibilitando uma maior eficiência na gestão técnico-operacional, económica e de desempenho;
- a optimização da água fornecida pelas captações dos serviços, minimizando a quantidade de água comprada ao sistema em alta;
- eliminar a necessidade de efectuar deslocações às diversas unidades locais para controlo e vigilância;
- controlar e monitorizar continuamente a qualidade da água nas Captações e nas Zonas de Medição e Controlo;
- controlar continuamente a quantidade de água disponível, eliminando falhas de abastecimento;
- detectar roturas na rede de distribuição;
- melhorar o controlo das estações de tratamento de água e de drenagem de águas residuais;
- evitar descargas acidentais de águas residuais no meio hídrico;
- detectar intrusões nas unidades remotas e anomalias em tempo real;
- aumentar a eficiência e reduzir os custos dos serviços de manutenção;
- manter o número de colaboradores e melhorar a qualidade do serviço prestado à população.

Os resultados atingidos superaram as expectativas, uma vez que todo o projecto foi implementado por uma única pessoa, conseguindo-se que os objectivos propostos inicialmente para o desenvolvimento da dissertação fossem integralmente alcançados.

8.2 Perspectivas de futuro

Como desenvolvimentos futuros deste trabalho vai ser efectuada a expansão da actual rede de monitorização e controlo do seguinte modo:

- expansão do número de captações de água monitorizadas das actuais 3 para 8;
- expansão do número de Zonas de Medição e Controlo (Z.M.C.) das actuais 1 para 16;
- expansão do número de estações elevatórias de águas residuais monitorizadas de 1 para 18;
- controlo das actuais Estações de Tratamento de Águas Residuais, não incluídas neste projecto piloto;
- controlo dos caudais de águas residuais fornecidos à empresa actualmente responsável pelo tratamento (*SimRia* – Sistema Multimunicipal de Saneamento da Ria de Aveiro).

Para além do controlo de uma maior área, também se pretende com este projecto efectuar o controlo e a monitorização da segurança dos colaboradores, com a colocação de estações de monitorização de gases em locais confinados e a verificação da utilização do equipamento de segurança.

Neste momento já se encontra em desenvolvimento a segunda fase do projecto de Telegestão com um custo de aquisição e instalação de equipamento de 85 mil euros. Esta segunda etapa prevê o controlo e a monitorização de todas as captações e reservatórios a jusante de água (Figura 8.2).

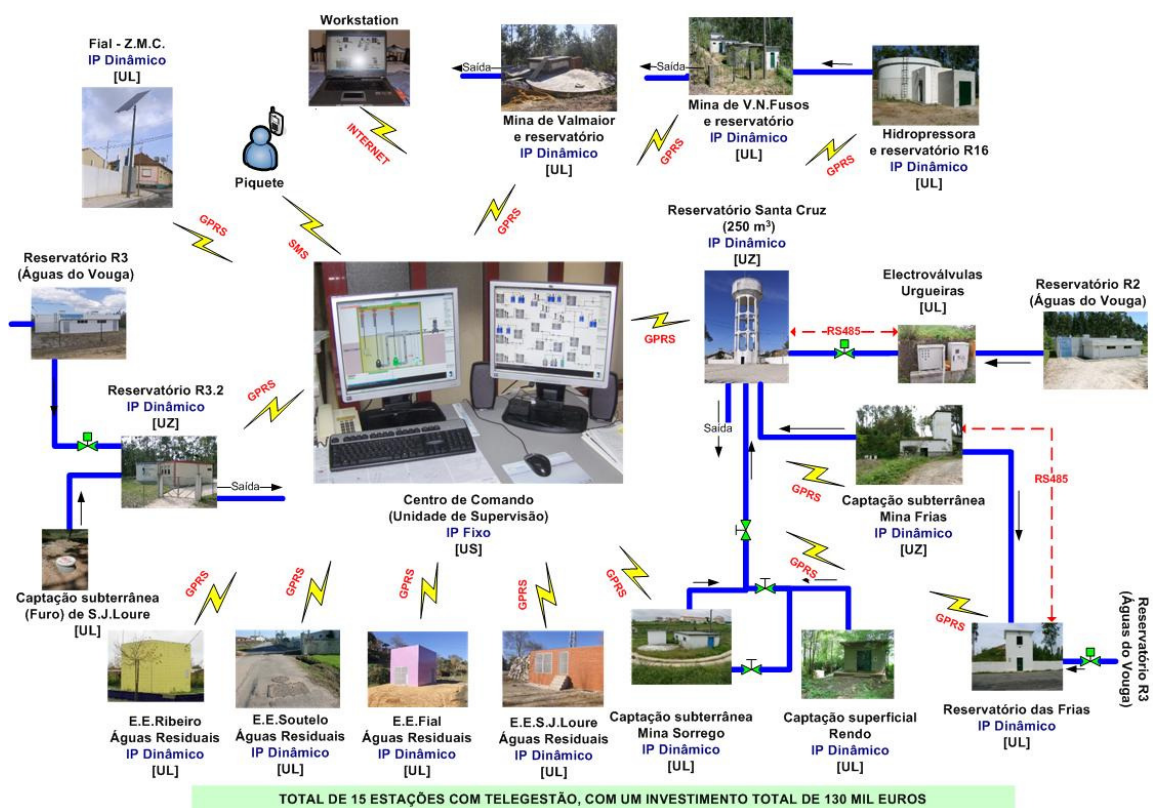


Figura 8.2 - Segunda fase do projecto de Telegestão

LISTA DE REFERÊNCIAS

- [1] Paixão, Mário de Assis, Águas e Esgotos em Urbanizações e Instalações Prediais, Edições Orio, Amadora, 2ª Edição, Fevereiro, 1999.
- [2] Direcção Geral dos Recursos Naturais, Manual de Saneamento Básico – Abastecimento de Água e Esgoto, Lisboa, 1991.
- [3] Direcção Geral dos Recursos Naturais, Manual de Saneamento Básico - Elementos Gerais, Lisboa, 1991.
- [4] Alegre, Helena; Coelho, Sérgio Teixeira, Controlo de Perdas de Água em Sistemas Públicos de Adução e Distribuição, Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Instituto da Água e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Novembro, 2005.
- [5] Moreira, A. Paulo G. M., Costa J. G., Lopes dos Santos, Paulo J., Introdução à Identificação de Modelos para Sistemas Dinâmico, sebenta do curso de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Novembro, 2002.
- [6] Moreira, Cláudia Marisa Martins, Optimização de Sistemas de Automação, Controlo e Supervisão de Estações, Dissertação de Mestrado em Automação Instrumentação e Controlo, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Setembro, 2004.
- [7] www.cm-albergaria.pt – Câmara Municipal de Albergaria a Velha, acedido em Março de 2007.
- [8] www.flex-graphics.com/index.html, acedido em Março de 2007.
- [9] www.feiradeciencias.com.br/sala07/07_RHD.asp, acedido em Março de 2007.
- [10] www.smaveiro.pt – Serviços Municipalizados de Aveiro, acedido em Março de 2007.
- [11] www.cm-ob.pt – Câmara Municipal de Oliveira do Bairro, acedido em Março de 2007.
- [12] www.smas-loures.pt – Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Loures, acedido em Março de 2007.
- [13] www.ambienteonline.pt, acedido em Março de 2007.
- [14] www.aguasdoalgarve.pt – Águas do Algarve, S.A., acedido em Março de 2007.
- [15] www.simria.pt – Sistema Municipal de Saneamento da Ria de Aveiro, acedido em Março de 2007.
- [16] www.aguas-cavado.pt – Águas do Cavado, S.A., acedido em Março de 2007.
- [17] www.addp.pt – Águas do Douro e Paiva, S.A., acedido em Março de 2007.

[18] *www.epal.pt* – A EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres, SA, acedido em Março de 2007.

[19] *www.adzc.pt* - Águas do Zêzere e Côa S.A., acedido em Março de 2007.

[20] *www.amcv.pt* - Associação de Municípios do Carvoeiro - Vouga, acedido em Março de 2007.

[21] *www.ineti.pt* - Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I.P. , acedido em Março de 2007.

[22] *www.citect.com* – Software de supervisão e aquisição de dados, CitectSCADA.

[23] *http://dre.pt* - Decreto-Lei n.º236/98 de 1 de Agosto, revogado pelo Decreto-Lei n.º243/2001 de 5 de Setembro.

[24] *http://prominent.pt* – ProMinent Portugal, acedido em Março de 2007.

[25] *www.anacom.pt* – Autoridade Nacional de Comunicações, acedido em Março de 2007.

9 ANEXO A

9.1 Sinópticos da supervisão desenvolvida

Na inicialização do software de supervisão, aparece um menu como o indicado na Figura 9.1. Este é o menu principal da aplicação, que permite aceder ao sinóptico de arranque do sistema de supervisão, sendo necessária a validação do utilizador para aceder à totalidade das funcionalidades do sistema.

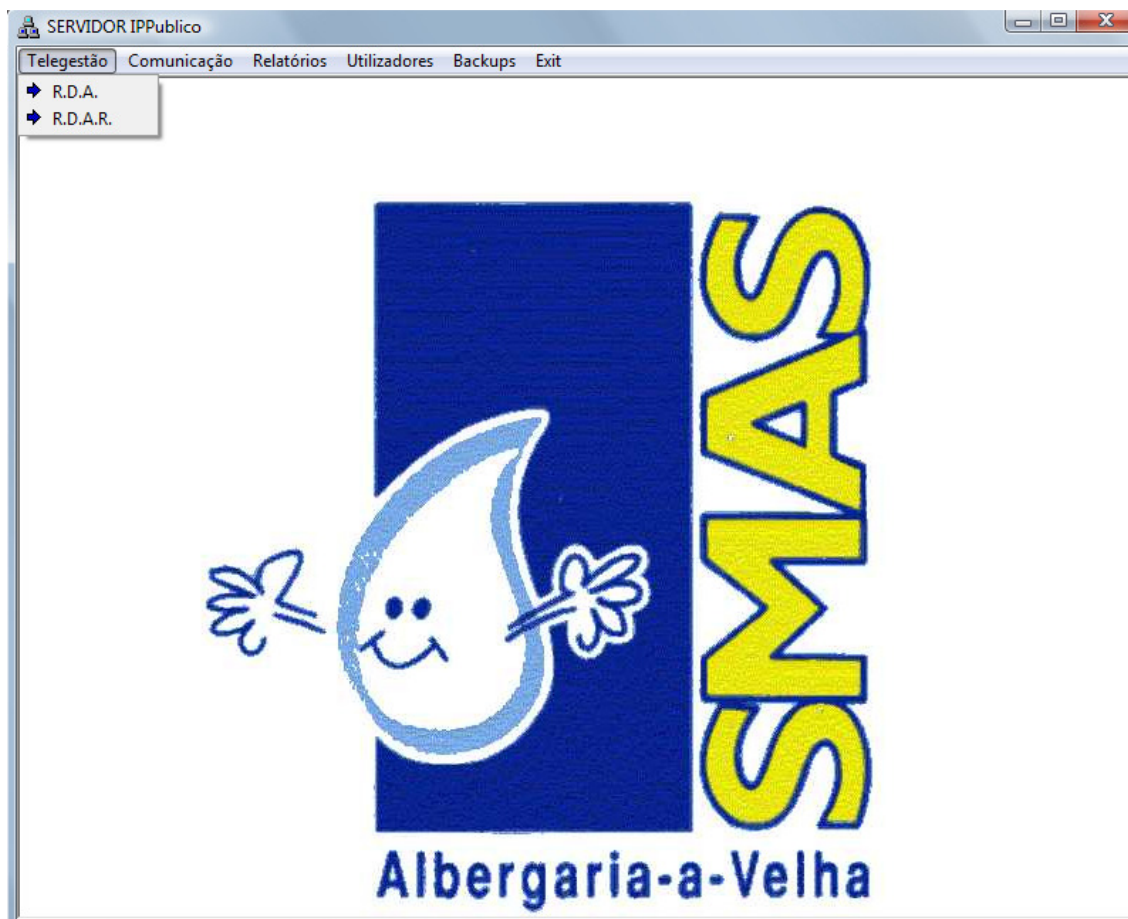


Figura 9.1 - Menu inicial de arranque do software de supervisão

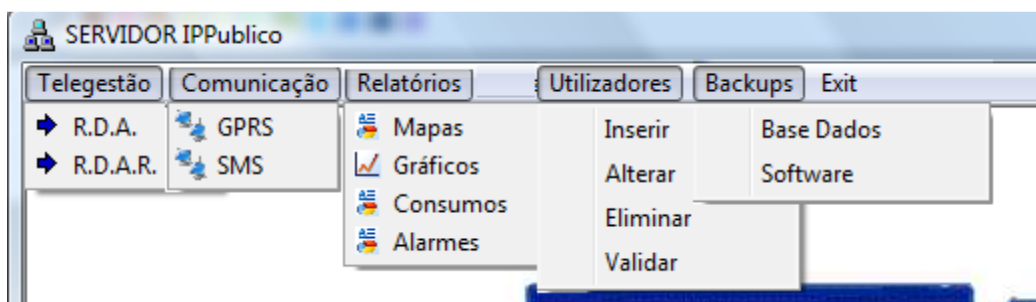


Figura 9.2 - Menus no sinóptico principal

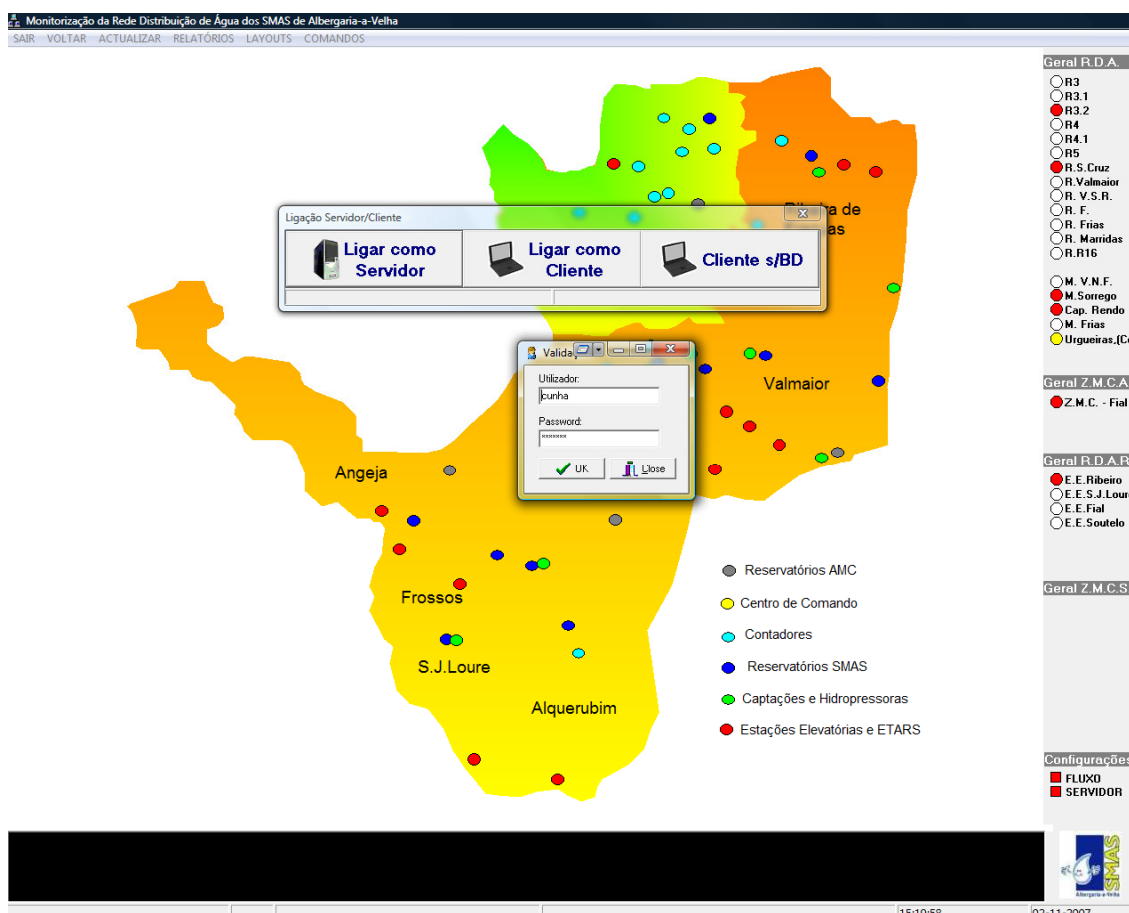


Figura 9.3 - Sinóptico de entrada para inicialização da supervisão

Após escolha no menu principal da opção “Telegestão” e “R.D.A.” ou “R.D.A.R.”, aparece o sinóptico correspondente. Contudo antes da inicialização da monitorização e controlo do sistema é necessário definir o modo de ligação que vai ser efectuada, isto é, o mesmo software pode ser utilizado numa ligação como servidor do sistema efectuando as respectivas operações automáticas de controlo necessárias, ou numa ligação como cliente, onde somente serão geradas as ordens fornecidas pelo utilizador caso este tenha permissões para tal. O tipo de ligação foi dividido em três modos:

- Ligação como Servidor – Utilizador tem controlo total sobre as definições do sistema, sendo somente utilizada na ligação no centro de comando.
- Ligação como Cliente com acesso à base de dados – Utilizador tem controlo total sobre as definições do sistema, podendo no entanto estar ligado ao mesmo fora do centro de comando.
- Ligação como Cliente, mas sem acesso à base de dados – Utilizador tem acesso à visualização do estado do sistema, contudo não é permitido efectuar alterações no estado do mesmo, nem a visualização do histórico ou de relatórios.

O terceiro modo de ligação é o único onde não é necessária a validação do utilizador para definição das permissões de acesso. Deste sinóptico é possível visualizar somente se as estações estão ou não ligadas e na parte inferior se existem ou não alarmes no sistema, podendo no entanto deste ter acesso aos sinópticos personalizados de cada unidade local.

No sinóptico da Figura 9.4 é possível visualizar o estado referente às estações da R.D.A., Em qualquer sinóptico é possível voltar para o menu principal, ou para qualquer sinóptico específico, pressionando sobre a circunferência com o nome da unidade local que se pretende visualizar. Em todos os sinópticos é possível visualizar o estado actual da estação, pressionando em cima das variáveis ou do equipamento que se pretende monitorizar, realizar os comandos necessários e visualizar o histórico das variáveis seleccionadas.

A Figura 9.4 apresenta o sistema global de captação de água. A partir deste é possível gerar todo o tipo de comandos desde arrancar ou parar captações, modificar níveis de controlo e activar ou desactivar equipamentos.

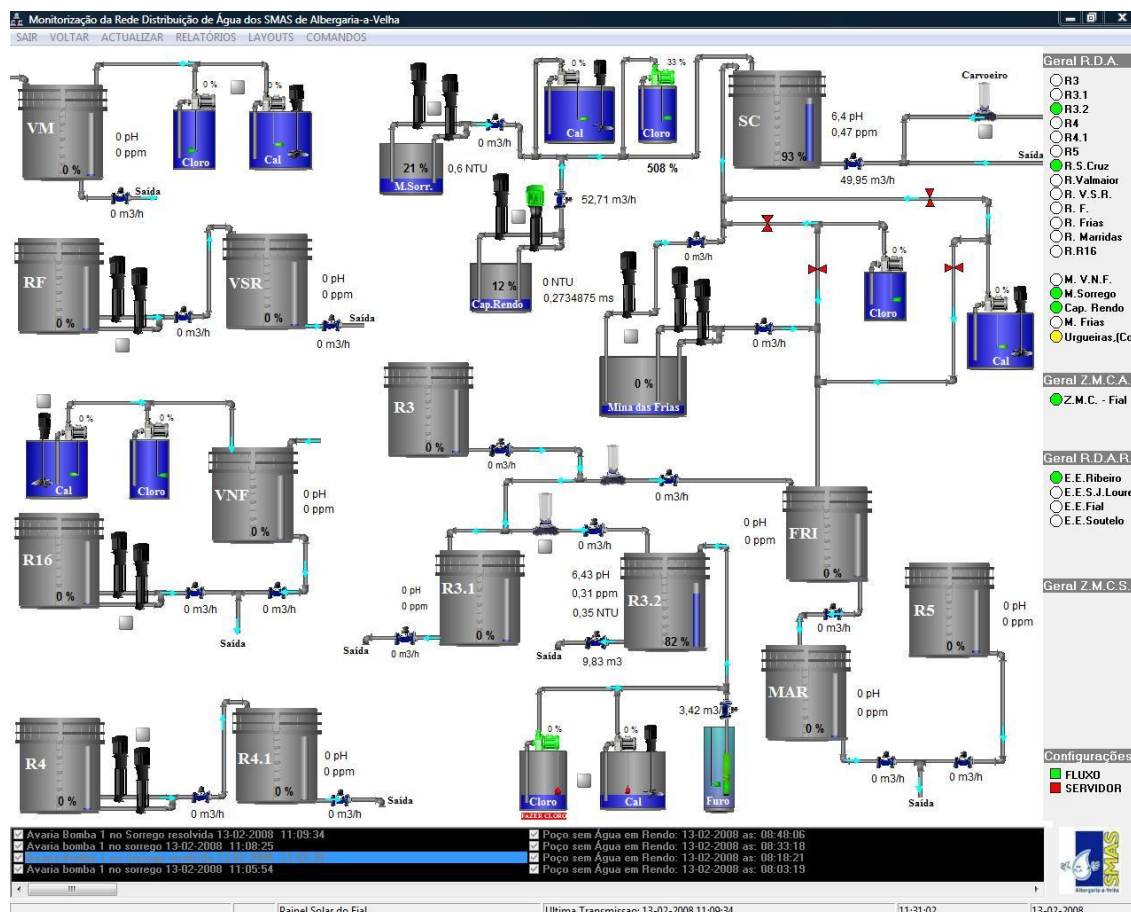


Figura 9.4 - Sinóptico geral de R.D.A.

No sinóptico da Figura 9.5 é possível visualizar o estado referente ao reservatório de Santa Cruz e ao estado das válvulas pneumáticas da estação das Urgueiras.

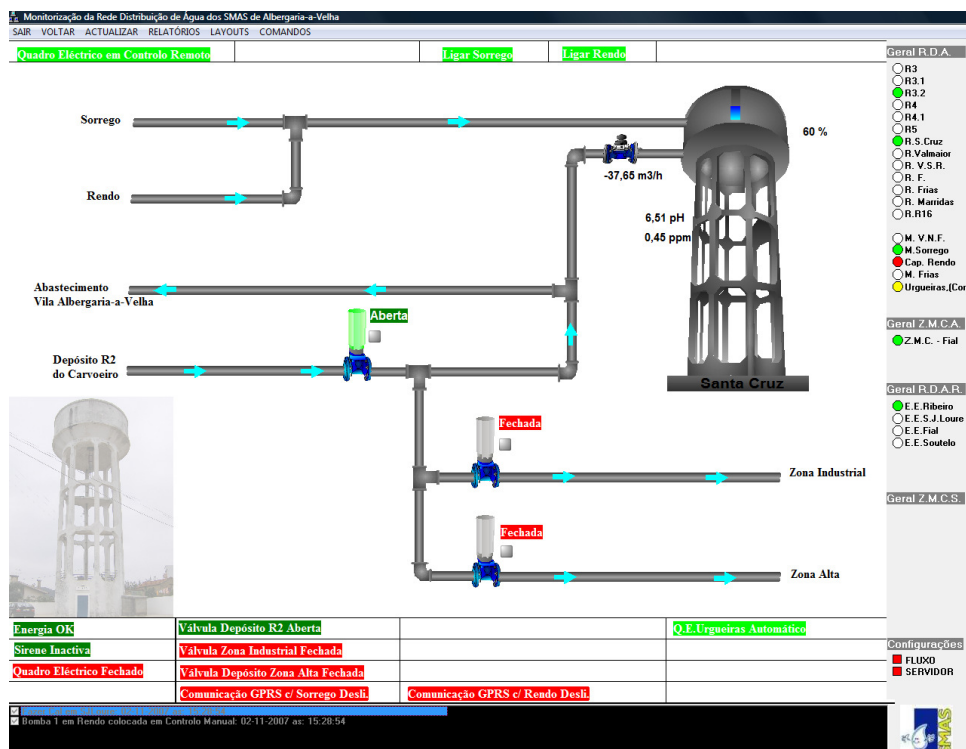


Figura 9.5 - Sinóptico do Reservatório de Santa Cruz e das válvulas pneumáticas das Urgueiras

No sinóptico da figura seguinte é apresentado o estado referente à captação de Rendo.

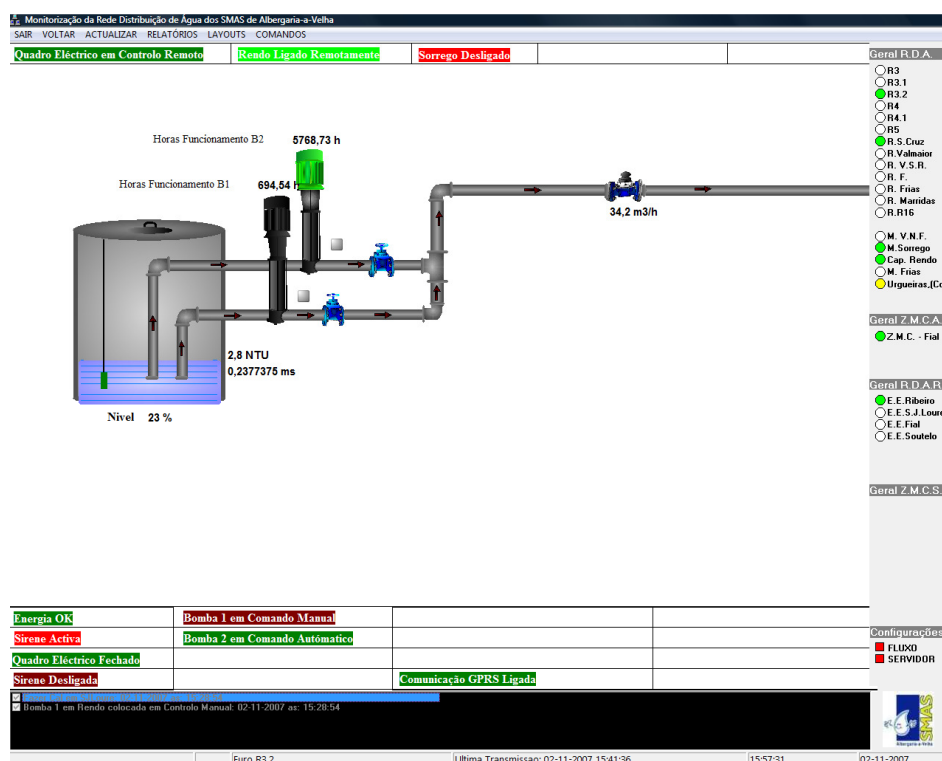


Figura 9.6 - Sinóptico da Captação de Rendo

Na Figura 9.7 é possível visualizar o estado da captação do Sorrego.

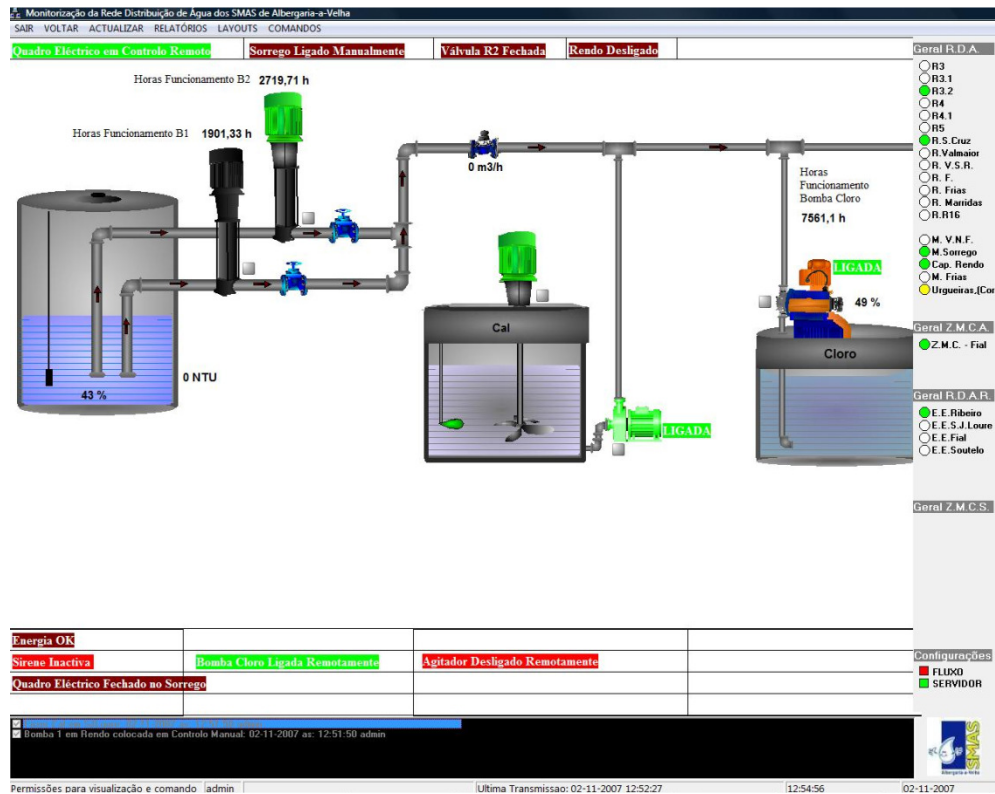


Figura 9.7 - Sinóptico da Captação do Sorrego

Na Figura 9.8 é possível visualizar o estado referente a Z.M.C instalada.

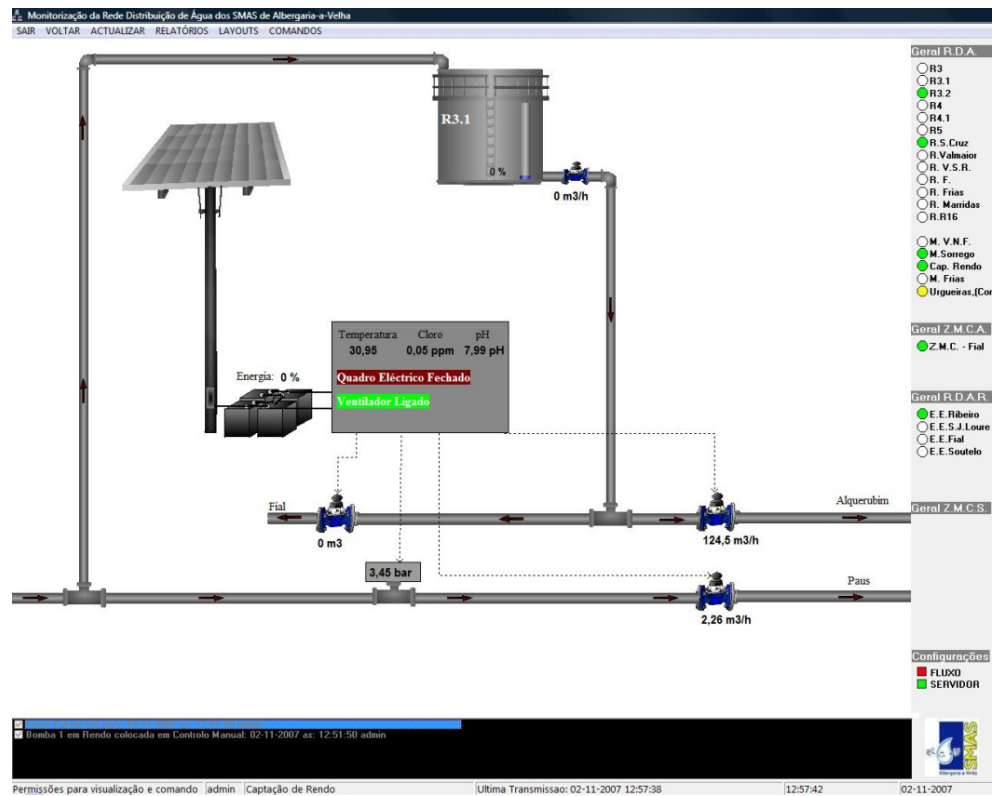


Figura 9.8 - Sinóptico da Z.M.C. do Pannel Solar do Fial

No sinóptico seguinte é possível visualizar o estado do Reservatório R3.2 e da Captação do Furo em São João de Loure.

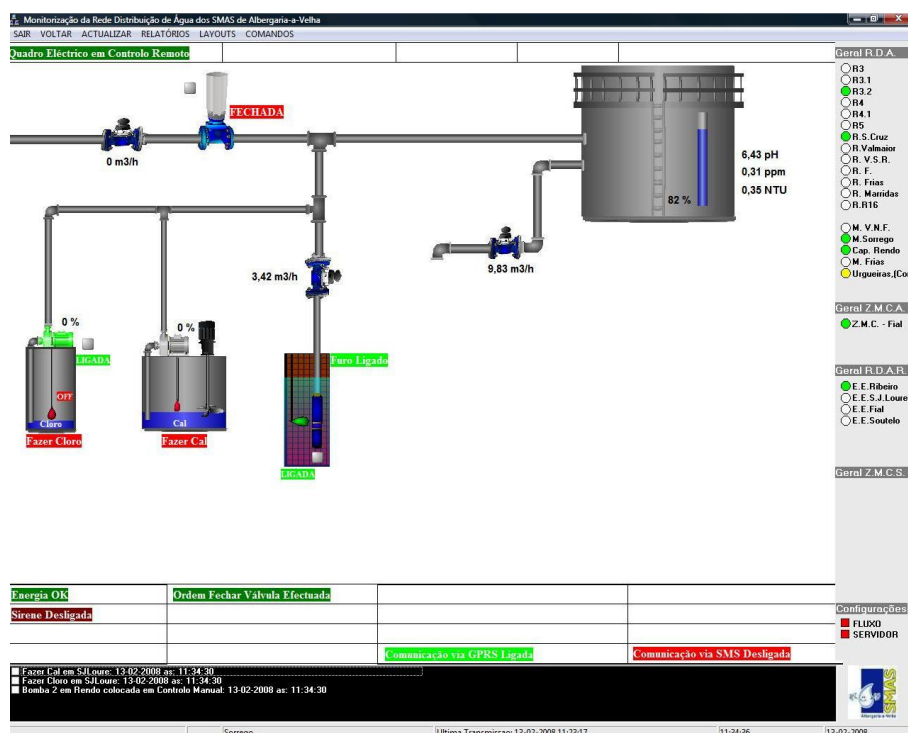


Figura 9.9 - Sinóptico do reservatório de São João de Loure e da respectiva captação

As Figuras 9.10 a 9.13 apresentam as unidades que irão entrar em funcionamento brevemente. A Figura 9.10 apresenta os sinópticos do Reservatório das Frias e do reservatório da respectiva Mina.

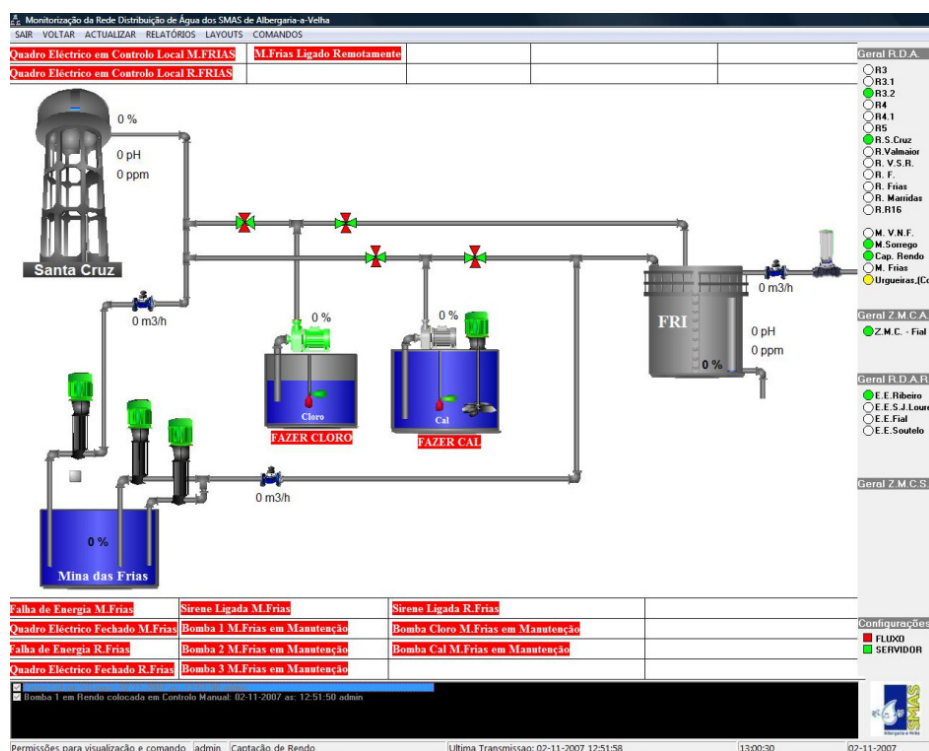


Figura 9.10 -Sinóptico do Reservatório das Frias e respectiva Mina

No sinóptico da Figura 9.11 é apresentado o Reservatório da Mina de Valmaior onde serão controladas as bombas doseadoras de cal e cloro e os respectivos analisadores de pH e cloro residual.

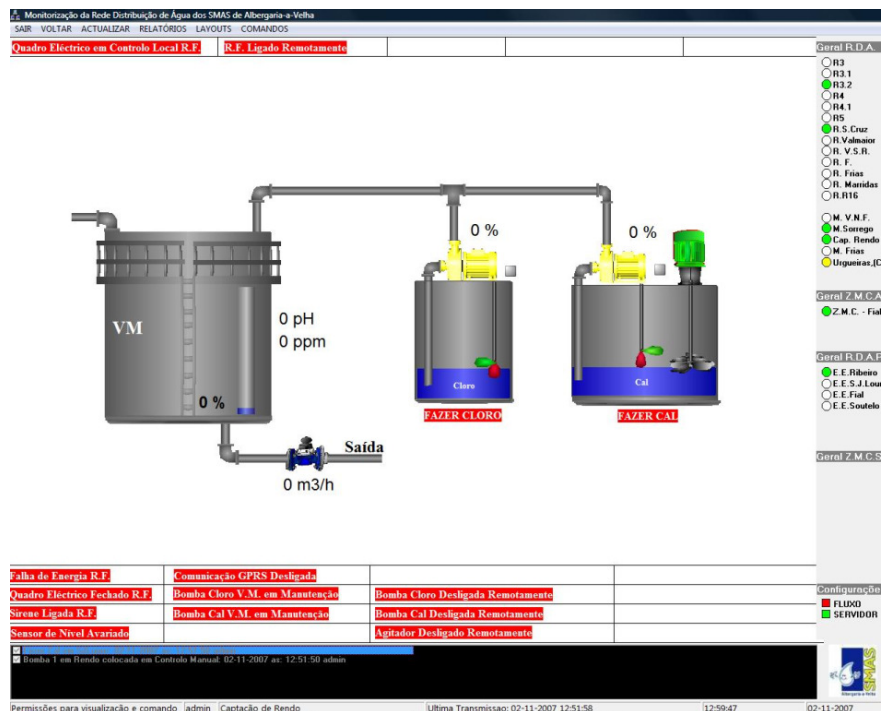


Figura 9.11 - Sinóptico da Mina de Valmaior

No sinóptico seguinte é possível visualizar o Reservatório da Hidropressora de Ribeira de Fráguas e o Reservatório a jusante de Vilarinho de São Roque.

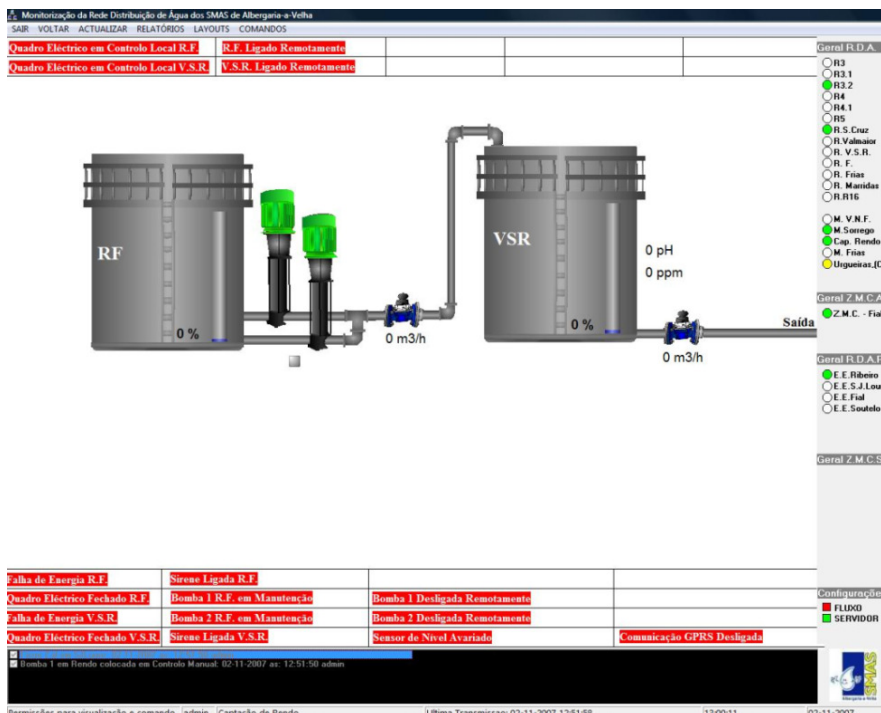


Figura 9.12 - Reservatório da Hidropressora de Ribeira de Fráguas e de Vilarinho de São Roque

No sinóptico da Figura 9.13 é possível visualizar o reservatório da hidropressora de Mouquim (R16) e da Mina de Vila Nova de Fusos e respectivo Reservatório.

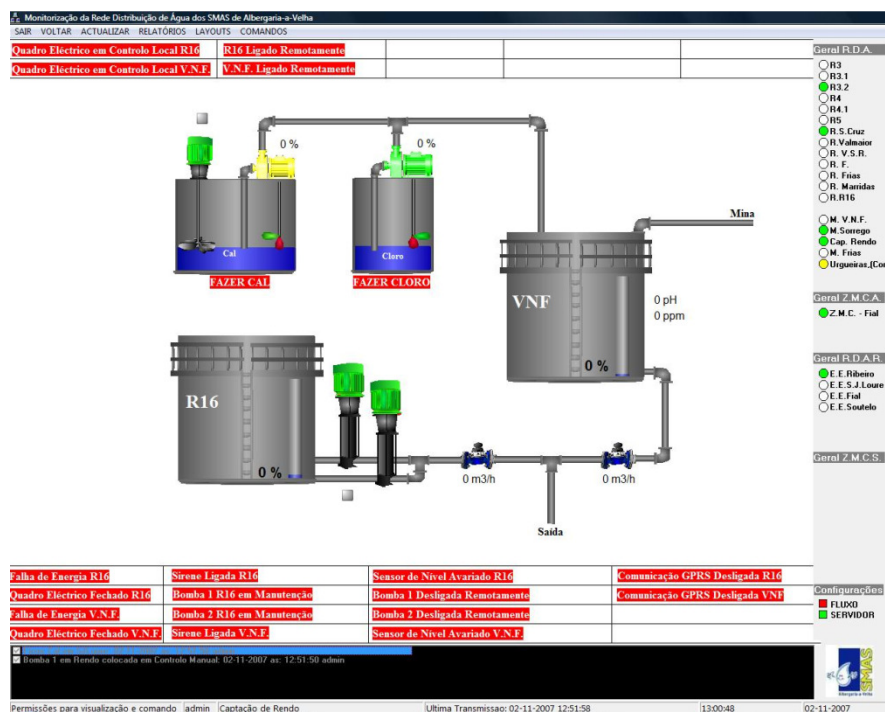


Figura 9.13 - Reservatório da Hidropressora R16 e Mina de Vila Nova de Fusos

No sinóptico seguinte é possível visualizar o Sinóptico Geral das Estações Elevatórias de Águas Residuais. Este sinóptico já se encontra criado mas ainda só a estação elevatória do Ribeiro se encontra em funcionamento. As outras estações prevêem-se a entrada em funcionamento até ao fim de 2008.

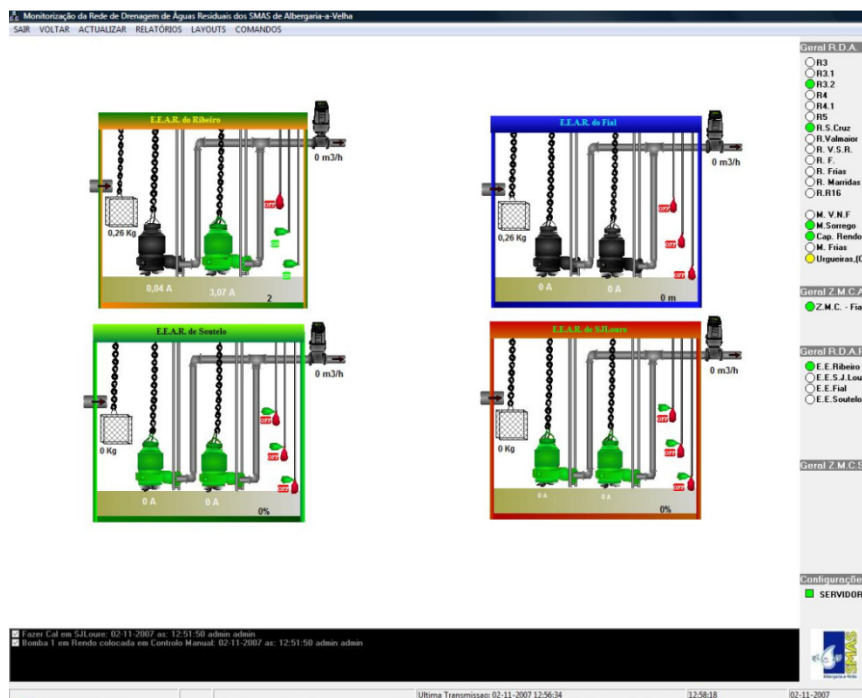


Figura 9.14 - Sinóptico geral das estações elevatórias de águas residuais

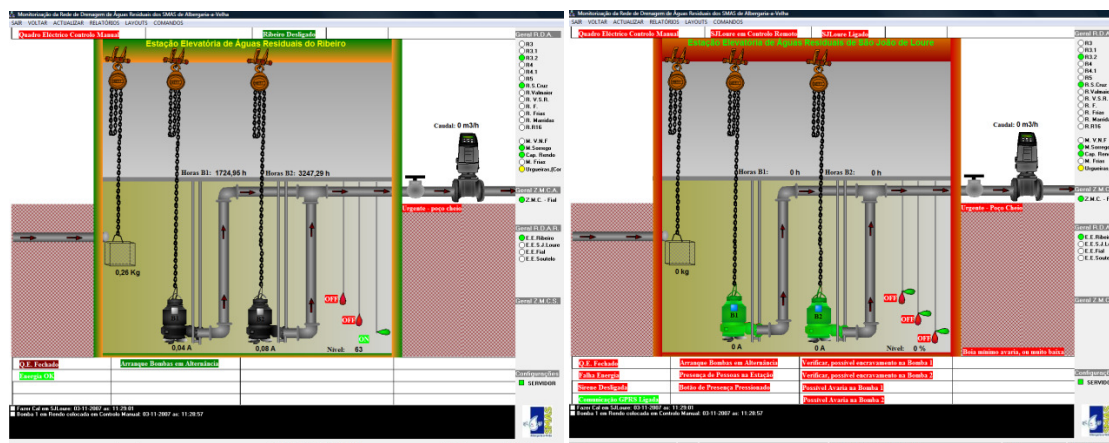


Figura 9.15 - Sinóptico das E.E. Águas Residuais do Ribeiro e de S.J.Loure

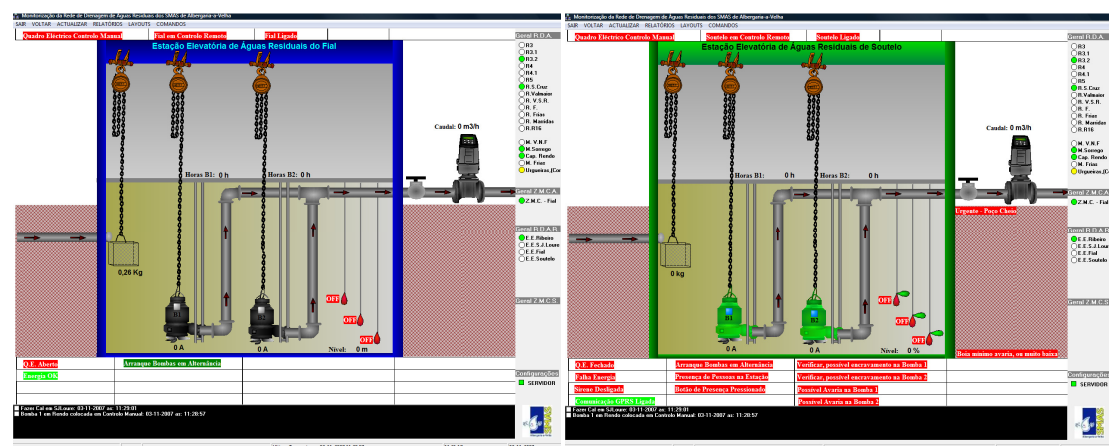


Figura 9.16 - Sinóptico da E.E. de Águas Residuais do Fial e de Soutelo

No sinóptico seguinte é possível visualizar o Sinóptico Geral das Z.M.C.. Este sinóptico já se encontra criado mas ainda só a Z.M.C. do Fial se encontra em funcionamento. As outras estações prevêem-se a entrada em funcionamento até ao fim de 2009.

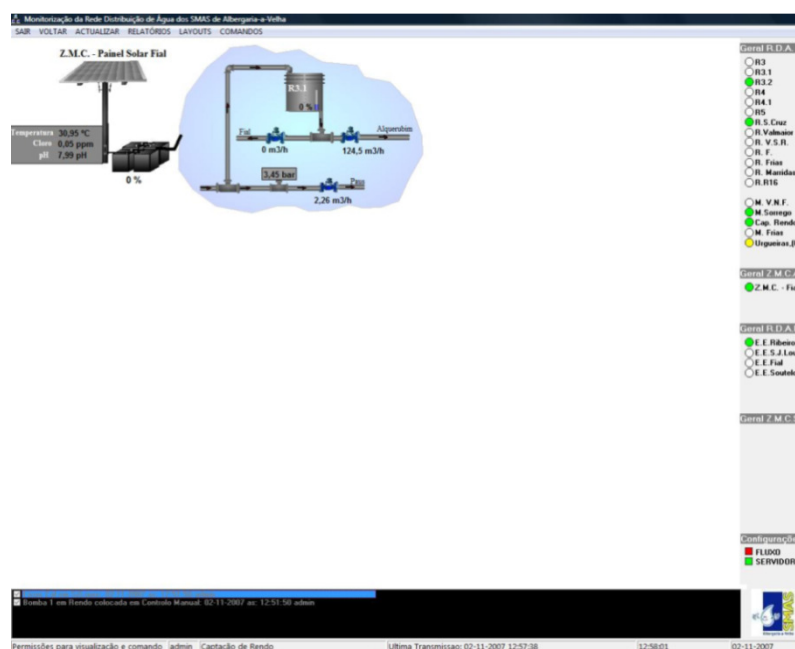


Figura 9.17 - Sinóptico geral das Z.M.C.

O sistema de supervisão desenvolvido permite a criação e visualização de relatórios sobre os alarmes detectados ao longo do tempo. Para visualização deste menu é necessário pressionar o botão “Relatório de Alarmes” existente na barra de navegação superior. Existem três seguintes possibilidades:

- Geração de um relatório geral de alarmes;
- Geração de um relatório geral de alarmes entre as datas definidas;
- Geração de um relatório de alarmes, entre as datas definidas e somente da estação seleccionada.

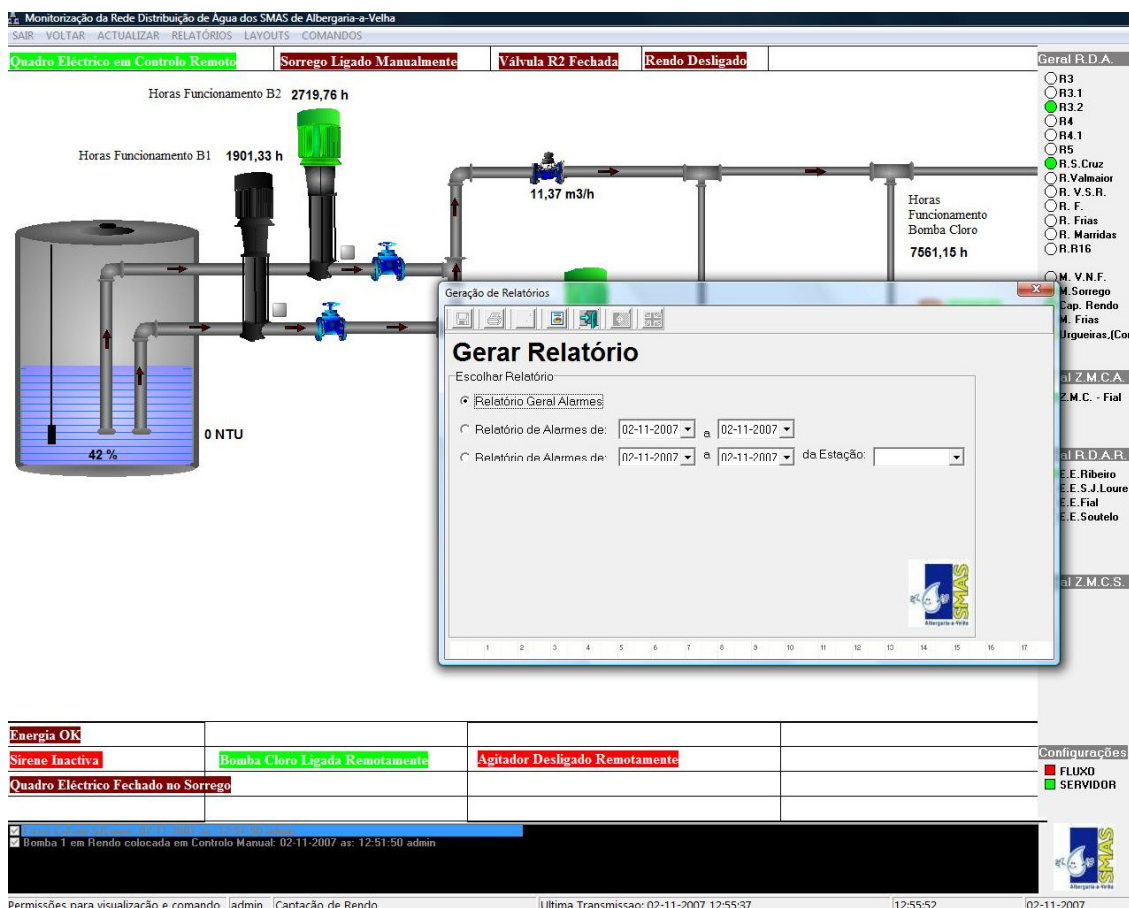


Figura 9.18 - Apresentação do menu para geração de relatórios de alarmes

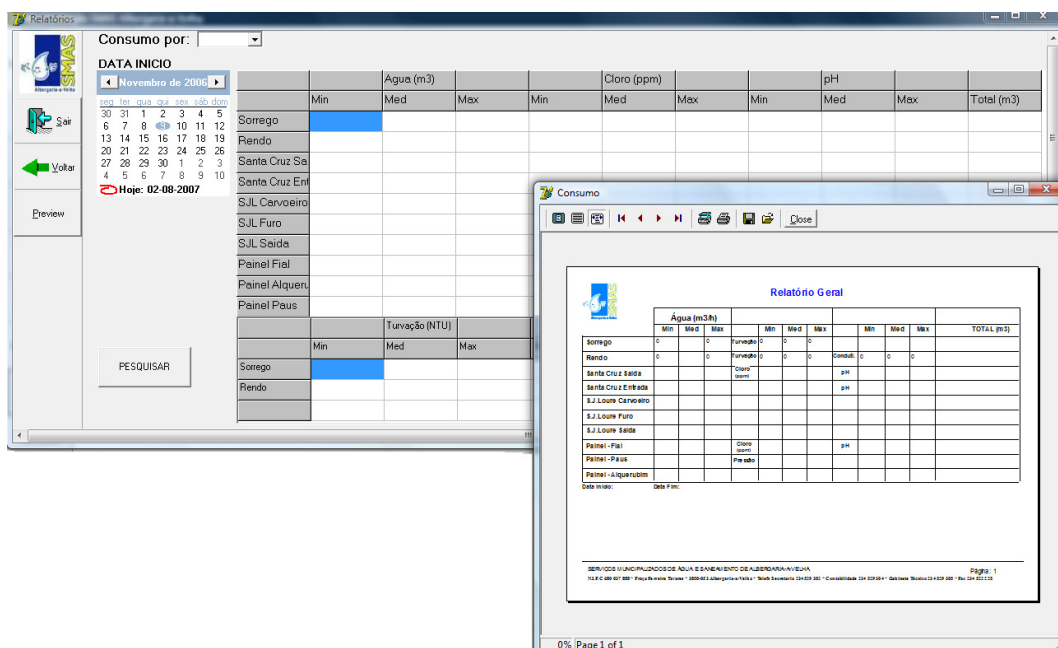
Após a escolha do relatório pretendido é apresentada uma visualização referente ao mesmo podendo esta ser guardada ou impressa, Figura 9.19.



Data	Hora	Alarme	Estação	Utilizador
01-02-2007	17:16:31	Quadro Eléctrico Aberto	Santa Cruz	Eng Carlos
01-02-2007	17:16:43	Quadro Eléctrico Fechado	Santa Cruz	Eng Carlos
04-02-2007	3:16:25	pH Alto7,93	Santa Cruz	Eng Carlos
04-02-2007	3:52:23	pH Alto7,98	Santa Cruz	Eng Carlos
04-02-2007	4:55:17	pH Alto7,98	Santa Cruz	Eng Carlos
04-02-2007	5:22:14	pH Alto7,91	Santa Cruz	Eng Carlos
04-02-2007	9:51:44	pH Alto7,92	Santa Cruz	Eng Carlos
04-02-2007	10:27:42	pH Alto7,93	Santa Cruz	Eng Carlos
04-02-2007	10:45:39	pH Alto7,91	Santa Cruz	Eng Carlos
04-02-2007	11:03:36	pH Alto7,92	Santa Cruz	Eng Carlos
04-02-2007	12:06:27	pH Alto7,93	Santa Cruz	Eng Carlos
04-02-2007	13:00:17	pH Alto7,92	Santa Cruz	Eng Carlos
04-02-2007	13:18:16	pH Alto7,92	Santa Cruz	Eng Carlos
04-02-2007	13:45:13	pH Alto7,92	Santa Cruz	Eng Carlos
04-02-2007	14:12:09	pH Alto7,93	Santa Cruz	Eng Carlos
06-02-2007	23:46:06	pH Alto8,63	Santa Cruz	Eng Carlos
07-02-2007	11:58:54	Quadro Eléctrico Aberto	Santa Cruz	Eng Carlos
07-02-2007	12:17:22	pH Alto8,74	Santa Cruz	Eng Carlos
07-02-2007	12:23:22	Quadro Eléctrico Fechado	Santa Cruz	Eng Carlos
07-02-2007	16:51:44	pH Alto8,84	Santa Cruz	Eng Carlos
08-02-2007	16:16:06	pH Alto9,6	Santa Cruz	Eng Carlos
08-02-2007	18:20:02	Quadro Eléctrico Aberto	Santa Cruz	Eng Carlos
08-02-2007	18:30:56	Quadro Eléctrico Fechado	Santa Cruz	Eng Carlos
08-02-2007	22:09:32	pH Alto9,5	Santa Cruz	Eng Carlos

Figura 9.19 - Apresentação da visualização dos relatórios de alarmes escolhido

Outro relatório possível de obter, é à visualização dos consumos diários, mensais e anuais por cada estação e dos valores máximos, mínimos e médios de pH, cloro, turvação, condutividade e caudais.



Estação	Min	Med	Max	Turvação (NTU)	Min	Med	Max	pH	Min	Med	Max	Total (m3)
Sorrego												
Rendo												
Santa Cruz Sa												
Santa Cruz En												
S.J.L. Carveiro												
S.J.L. Furo												
S.J.L. Seida												
Pinel Fiel												
Pinel Alque												
Pinel Paus												

Figura 9.20 - Geração de relatórios de consumos

Nota: Nesta primeira fase, o software referente a este tipo de relatório ainda não se encontra totalmente desenvolvido. Mas já permite a obtenção dos consumos diários e mensais distribuídos, nas captações monitorizadas.

A Figura 9.21, apresenta o menu de gestão do sistema de comunicações, permitindo enviar ordens às estações, efectuar pedidos de actualizações, guardar o relatório diário sobre o estado das comunicações e enviar os alarmes via SMS para os colaboradores.

Figura 9.21 - Menu de controlo do sistema de comunicação

No menu seguinte o envio de SMS para os colaboradores pode ser efectuado automática ou manualmente, sempre que o utilizador do centro de comando o desejar.

Neste menu também é possível definir os utilizadores para quem se pretende que sejam enviados os SMS's.

Figura 9.22 - Menu para envio de SMS

A Figura 9.23 apresenta um dos sinópticos principais do sistema de supervisão, sinóptico do estado geral das estações monitorizadas. Este sinóptico apresenta o funcionamento actual de cada estação e os indicadores do estado do sistema.

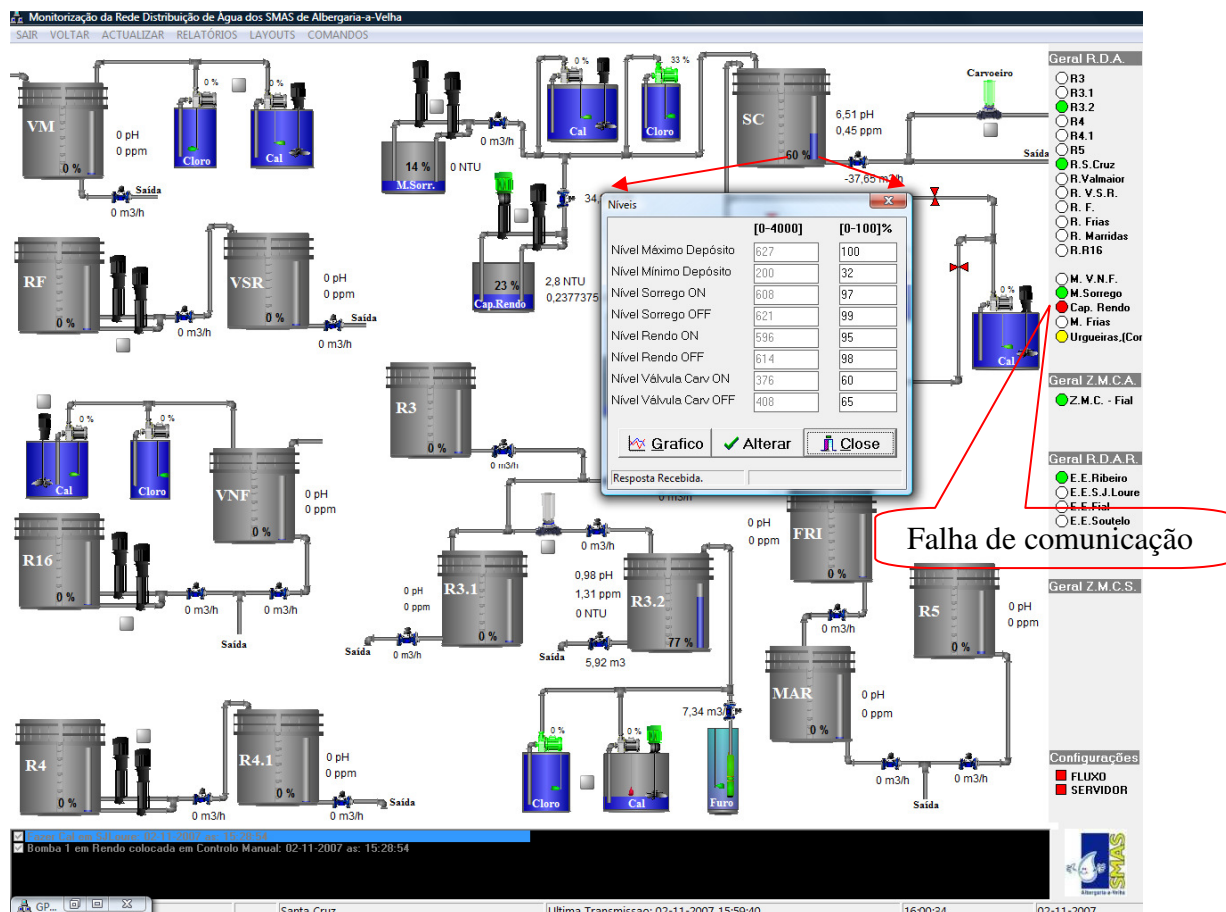


Figura 9.23 - Ilustração de um pedido para alteração ou visualização dos valores dos níveis definidos no reservatório de Santa Cruz

Deste sinóptico é possível passar para qualquer um dos outros sinópticos através dos pontos de acesso criados. E permite, sem ser necessário abrir o sinóptico da respectiva unidade local, efectuar a a visualização ou alterações dos valores de controlo dos níveis de arranque, paragem e de alarme das unidades locais. Na Figura 9.23 verifica-se que sempre que a comunicação entre a US e uma UZ ou UL falhar a bola de sinalização de estado e o nome da estação passará a piscar mudando de cor branca para vermelha.

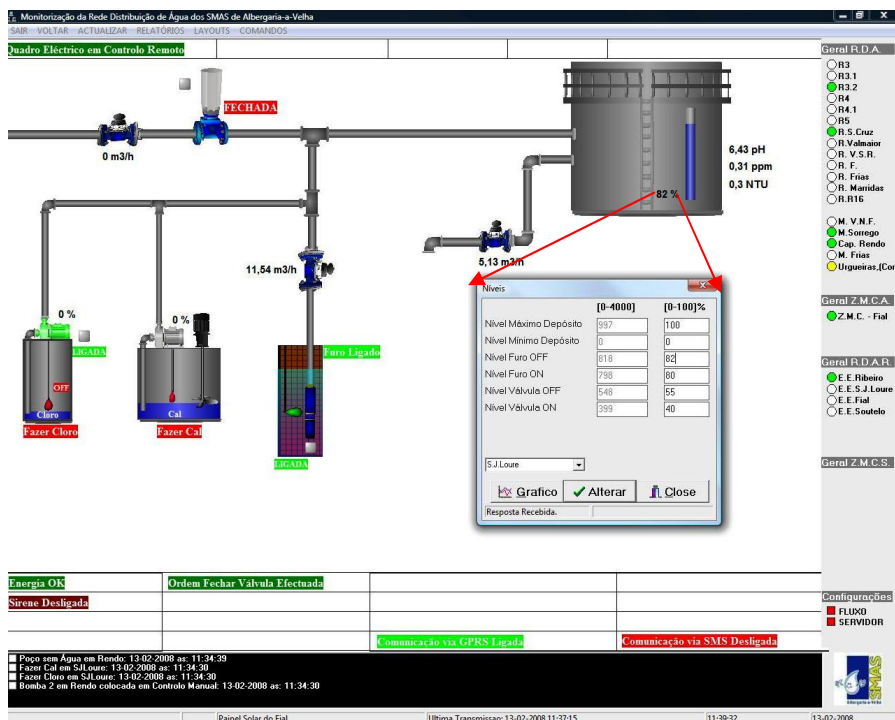


Figura 9.24 - Menu de visualização e alteração dos níveis de controlo de São João de Loure

As ordens de arranque ou paragem individuais de cada equipamento, ou de activação/desactivação de cada estação podem ser geradas no sinóptico referente a cada estação, ou no sinóptico geral.

Menu de controlo da captação do Sorrego:

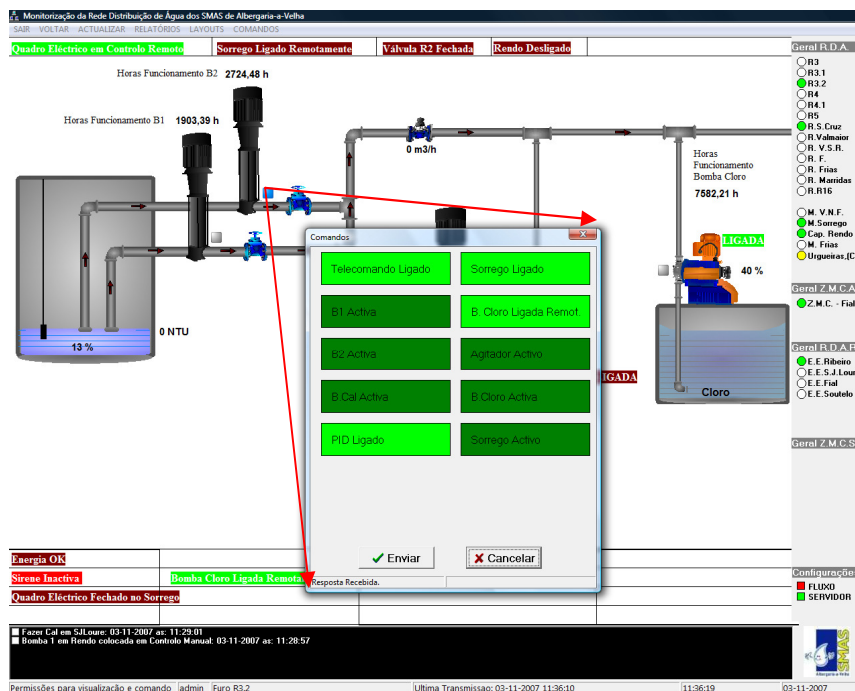


Figura 9.25 - Menu de comandos, no sinóptico da captação do Sorrego

Menu de controlo do reservatório de Santa Cruz e das válvulas existentes nas Urgueiras:

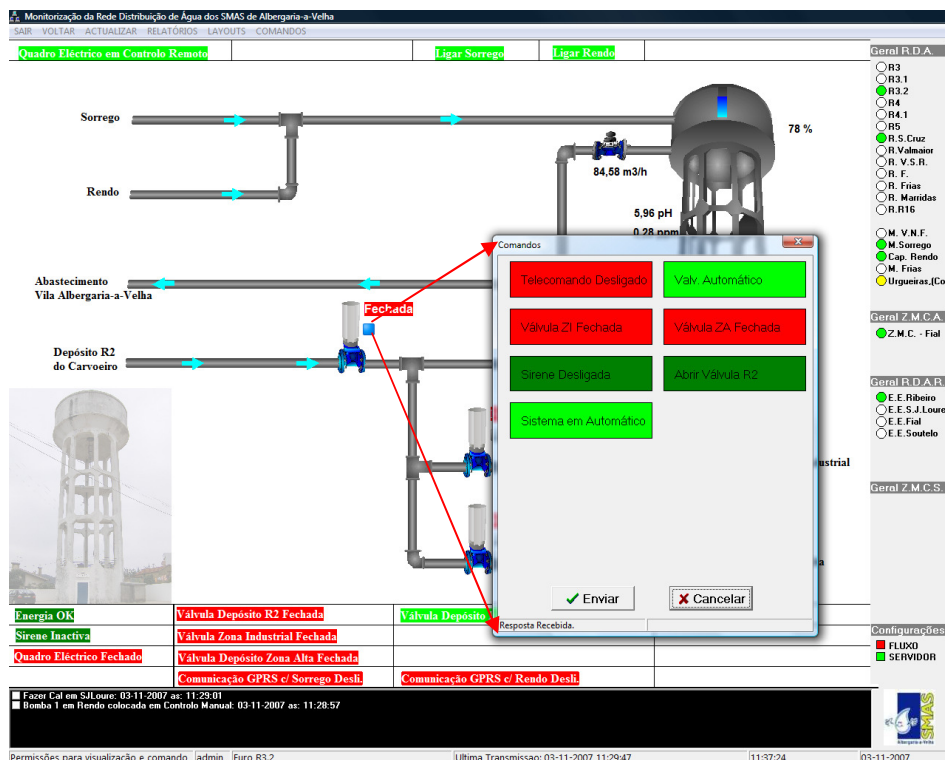


Figura 9.26 - Menu de comandos, no Sinóptico do Reservatório de Santa Cruz

Menu de controlo do Reservatório de São João de Loure e respectiva captação:

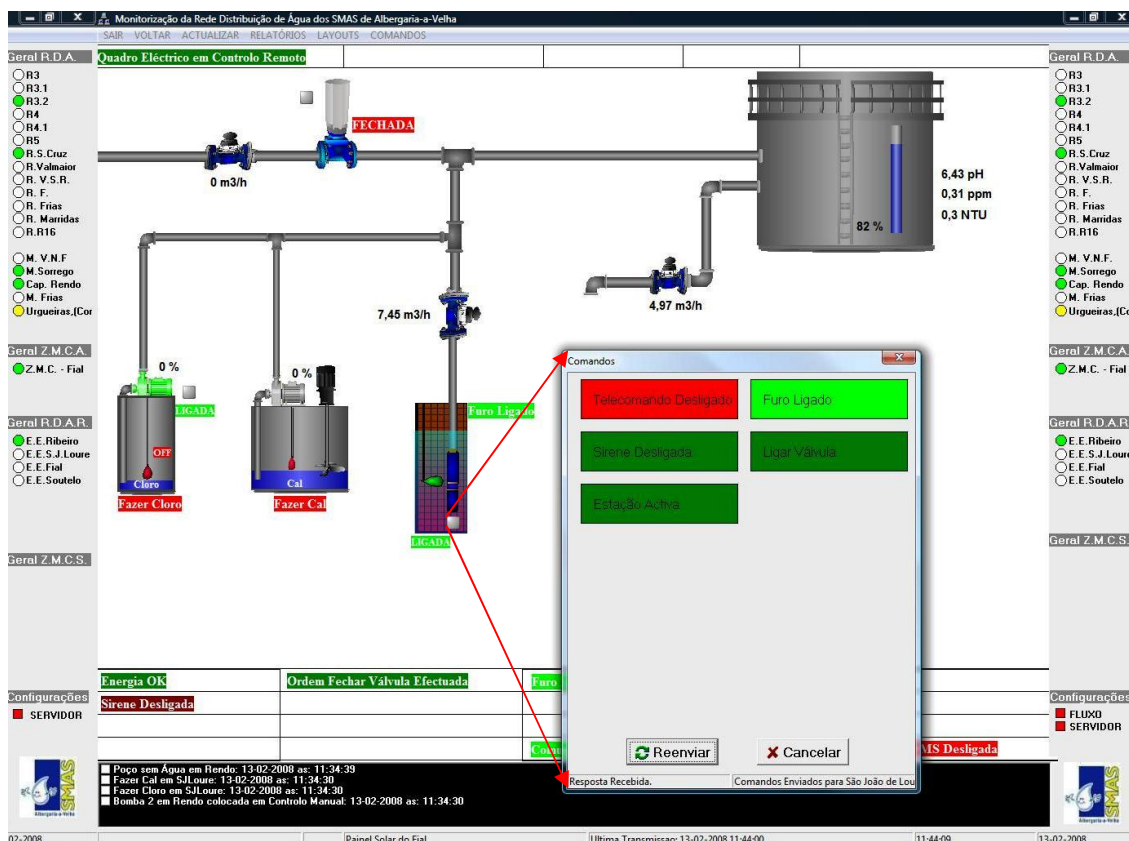


Figura 9.27 - Menu de comandos, no Sinóptico do Reservatório de São João de Loure

Menu de controlo da captação de Rendo:

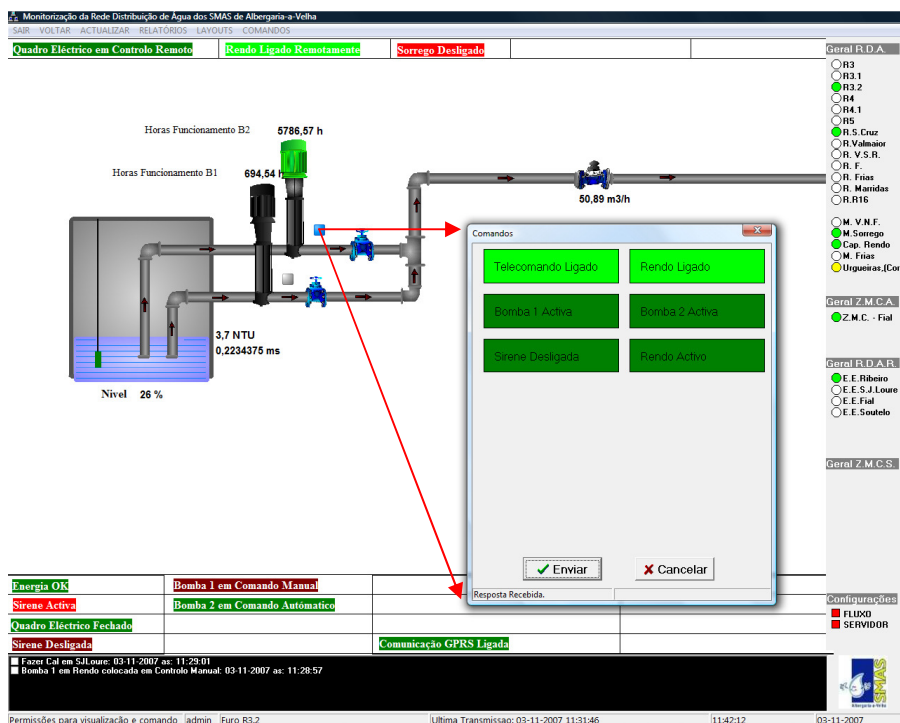


Figura 9.28 - Menu de comandos da captação de Rendo

Menu de controlo da estação elevatória de águas residuais do Ribeiro:

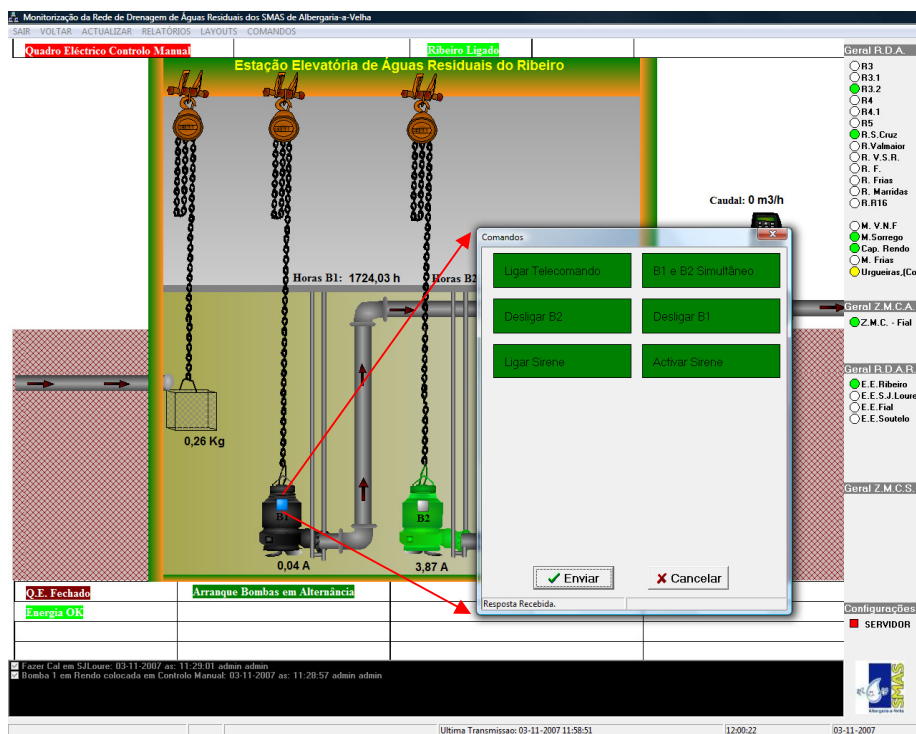


Figura 9.29 - Menu de comandos da E.E. Ribeiro

Outro menu importante é o menu gráfico. Este permite ao utilizador a visualização dos indicadores monitorizados. Podendo este, verificar alterações no funcionamento do

sistema e comparar com os valores do histórico existente. Este menu permite definir o tempo no qual se pretende visualizar os valores, gravar ou imprimir os gráficos criados.



Figura 9.30 - Exemplo do menu de visualização gráfica dos indicadores

10 ANEXO D

10.1 Software de aquisição de dados desenvolvido para o PDA

Este software foi implementado com o intuito de facilitar a recolha de dados relativamente ao funcionamento das Captações, E.E. Águas Residuais, Reservatórios e Z.M.C. Inicialmente a recolha era realizada manualmente através da digitalização em papel do valor, dos contadores horários das bombas e dos totalizadores dos caudalímetro. Os problemas existentes e a pouca fiabilidade nos dados obtidos levou ao desenvolvimento deste software. Na inicialização do software, é necessário escolher o colaborador que vai entrar ao serviço. Esta escolha vai permitir colocar juntamente com a recolha de dados quem foi o responsável por esta. Após essa selecção através dos menus inferiores é possível escolher entre as quatro voltas possíveis, as captações, as Zonas de Medição e Controlo, as Estações Elevatórias de Águas Residuais e aos pontos de entrega da SimRia.



Figura 10.1 - Menu selecção do operador e escolha de rota.

Ao seleccionar o menu Captações aparece um menu para se escolher a captação na qual se pretende efectuar a inserção dos dados, como ilustrado nas figuras seguintes.



Figura 10.2 - Menu da rota das Captações

Nesta volta não foi colocada a leitura por código de barras já que inicialmente existia um único PDA para dois operadores, sendo assim durante a parte da manhã o operador

das estações elevatórias de água não necessitava de estar a espera do PDA para começar a executar a sua volta, essas leituras podiam ser retiradas e introduzidas posteriormente. Após a inserção dos dados existem outros dois menus “Percorridas” e “Pesquisar”, Figura 10.3. Como o nome indica, o menu “Percorridas” permite indicar ao colaborador quais foram as estações que este já percorreu e quais faltam percorrer. No menu “Pesquisar” é possível verificar os dados introduzidos. Na escolha da estação é sempre apresentado ao operador os dados introduzidos no turno anterior, de modo a se poder efectuar uma comparação, no caso de pretender efectuar a comparação com um maior número de dias terá que ir à opção “Pesquisar”. Em todos os menus existe a possibilidade de inserir, alterar ou limpar os dados digitados.



Figura 10.3- Menus "Percorridas" e "Pesquisar"

Se na Figura 10.1 se seleccionar a opção “Contadores” é apresentado o menu da Figura 10.4, para seleccionar a Zona de Medição e Controlo que pretende introduzir os dados, visualizar quais as estações que foram percorridas e quais as que faltam percorrer e permite pesquisar quais os valores introduzidos em cada estação.



Figura 10.4 - Menu das Zonas de Medição e Controlo

Ainda na volta da água é disponibilizado um menu para introduzir os valores medidos com o fotómetro (cloro residual) em determinados locais da rede, Figura 10.5.



Figura 10.5 - Menu de introdução de dados dos valores medidos de cloro residual

Na volta às Estações Elevatórias de Águas Residuais é disponibilizado um menu através do qual os colaboradores lêem o código de barras existente na estação e efectuem a leitura dos contadores e têm acesso aos dados introduzidos.

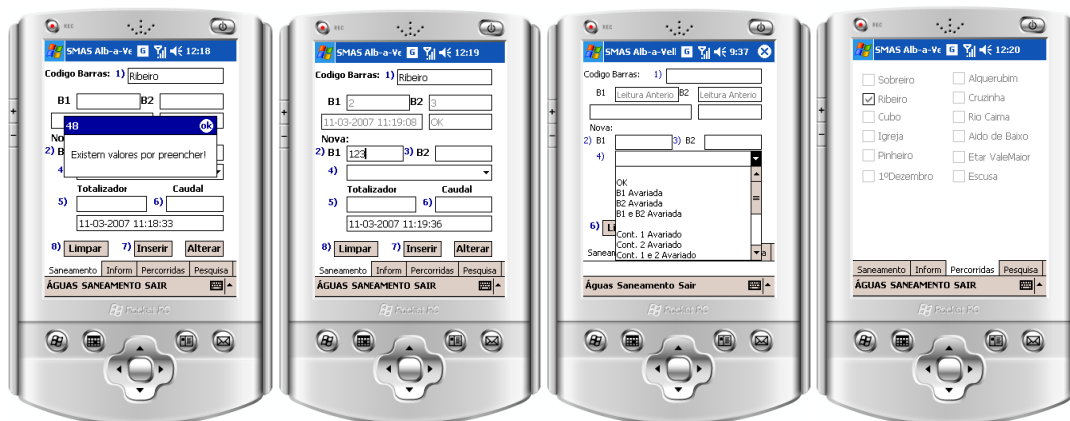


Figura 10.6 - Menus recolha de dados nas E.E. de Águas Residuais

Sempre que é efectuada uma inserção de dados o software verifica se os dados foram ou não todos devidamente preenchidos, Figura 10.6. A leitura através da utilização do código de barras obriga o colaborador a introduzir os dados das estações se efectivamente se encontrar no devido local. Na volta do saneamento também é apresentado um menu dando indicação de quais as estações que já foram ou não percorridas. Após ser efectuada uma leitura é analisada e informado o utilizador se for detectada alguma anomalia. A hora da leitura é introduzida automaticamente pelo software possibilitando um controlo sobre o tempo que o operador demora a percorrer as estações e no caso de detecção de uma avaria está será indicada no ponto (4) do software e teremos a indicação de quanto tempo demorou a efectuar essa mesma reparação.



Figura 10.7 - Menus recolha de dados E.E. Águas Residuais, pesquisa de dados e dupla inserção

No caso do operador tentar inserir duas vezes os mesmos dados o software indica que esses já foram inseridos. Se o operador pretender alterar os valores introduzidos no caso de se ter enganado a digitalizar isso é possível em todos os menus através do botão “Alterar”.



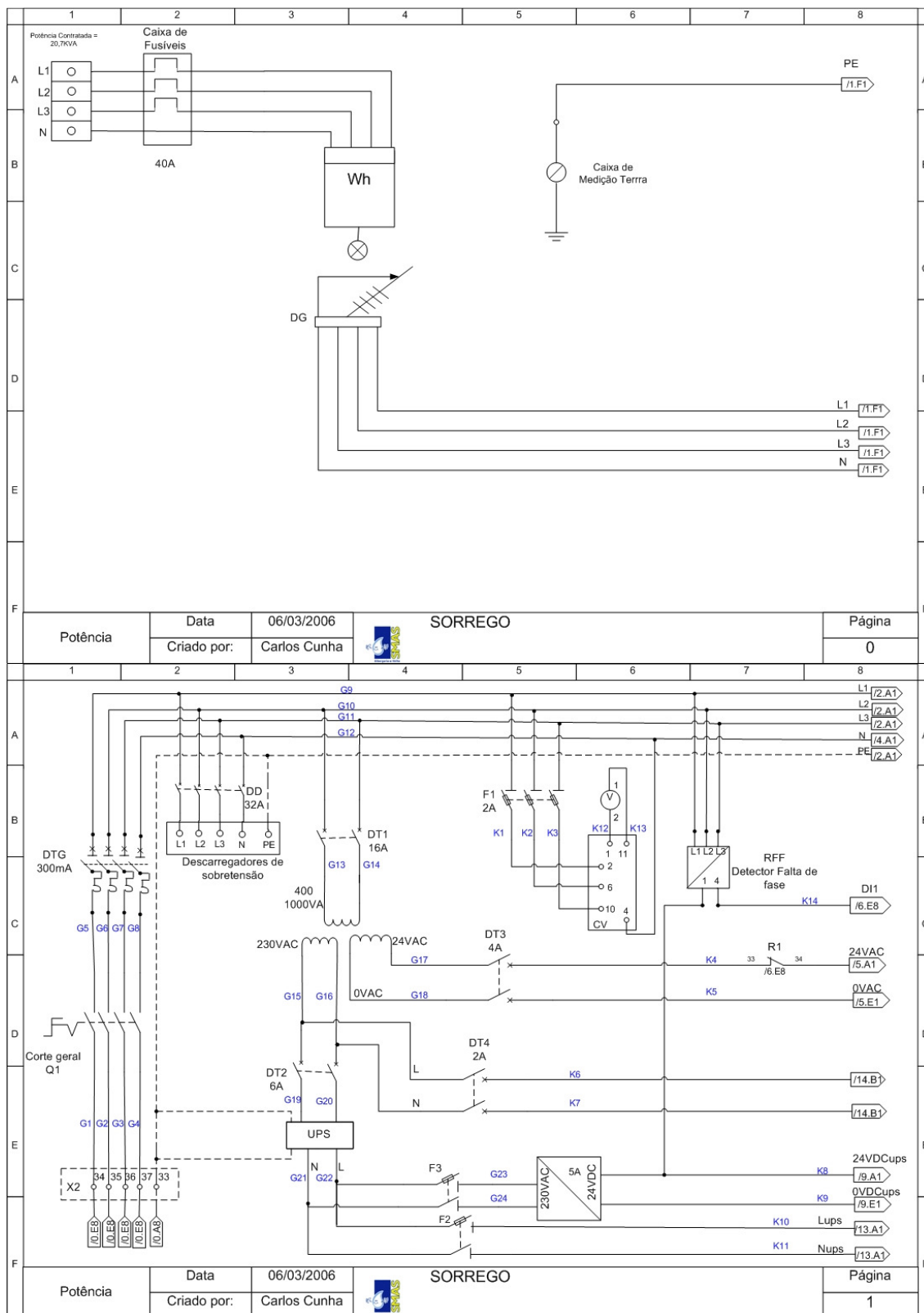
Figura 10.8 - Alarmes gerados

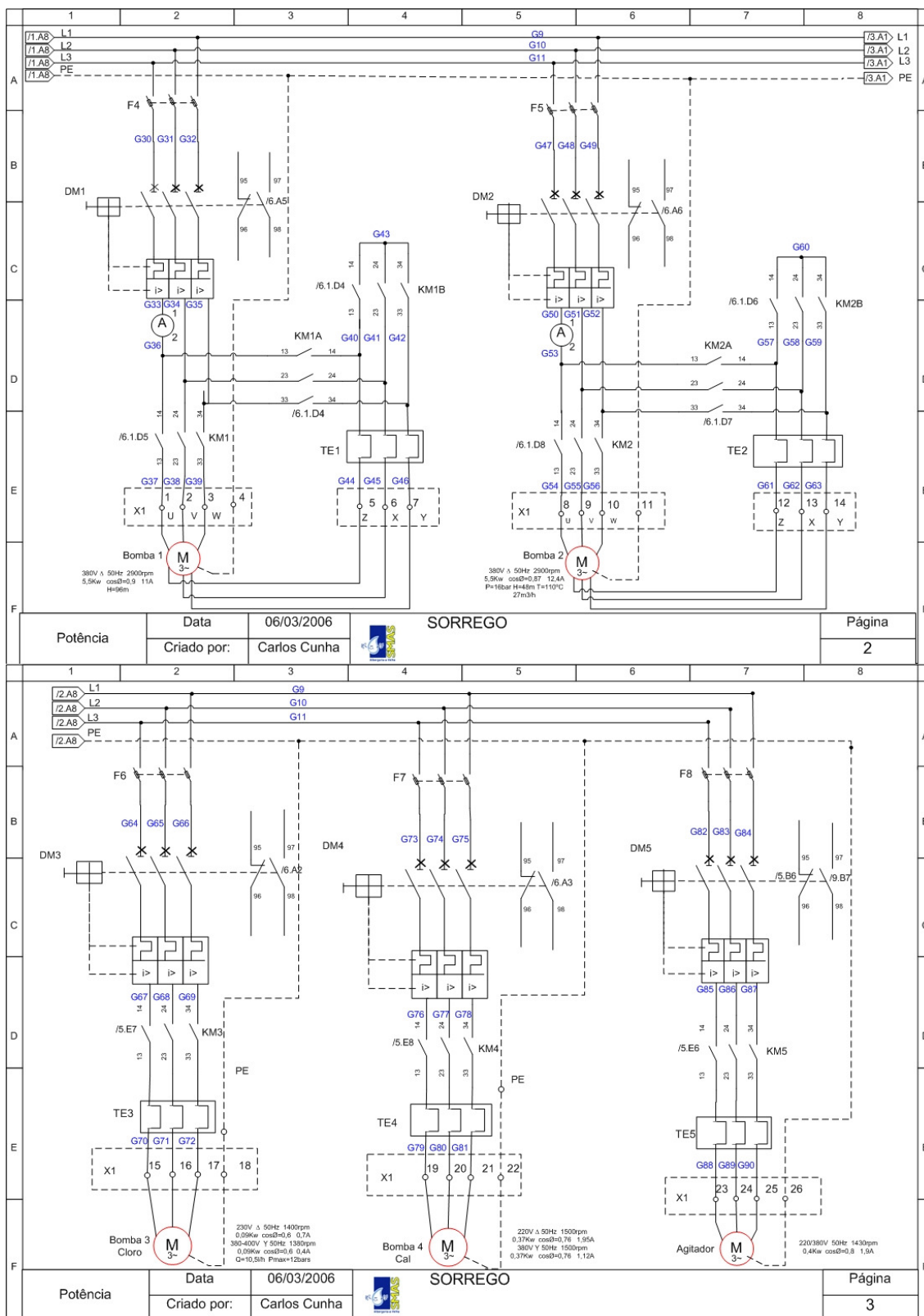
Sempre que um colaborador introduzir uma leitura considerada errada este será avisado da mesmo de modo a poder alterar. Outro alarme gerado é, por exemplo, a detecção de horas de bombagem superiores aos valores normais.

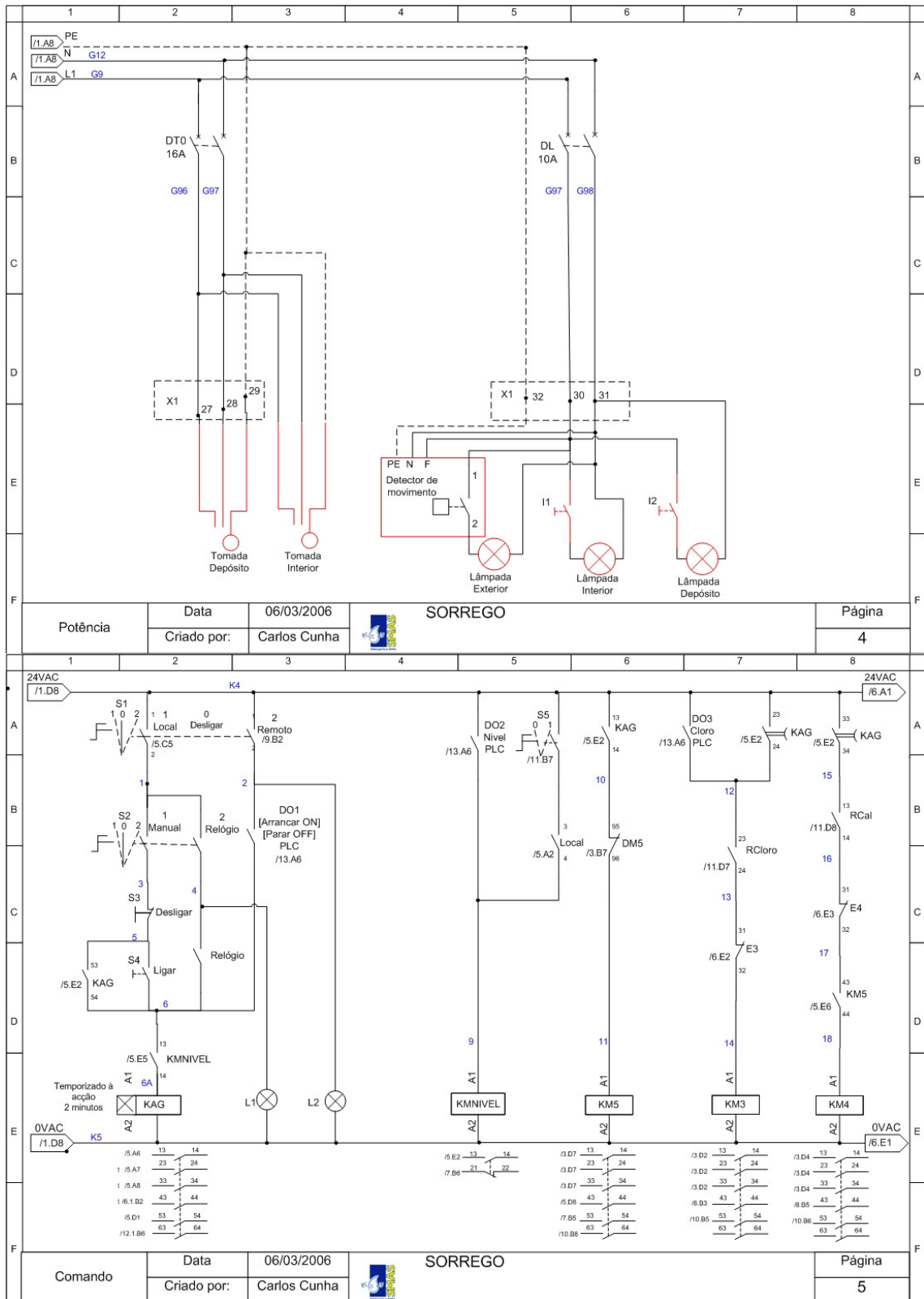
[Esta página foi deixada em branco propositadamente]

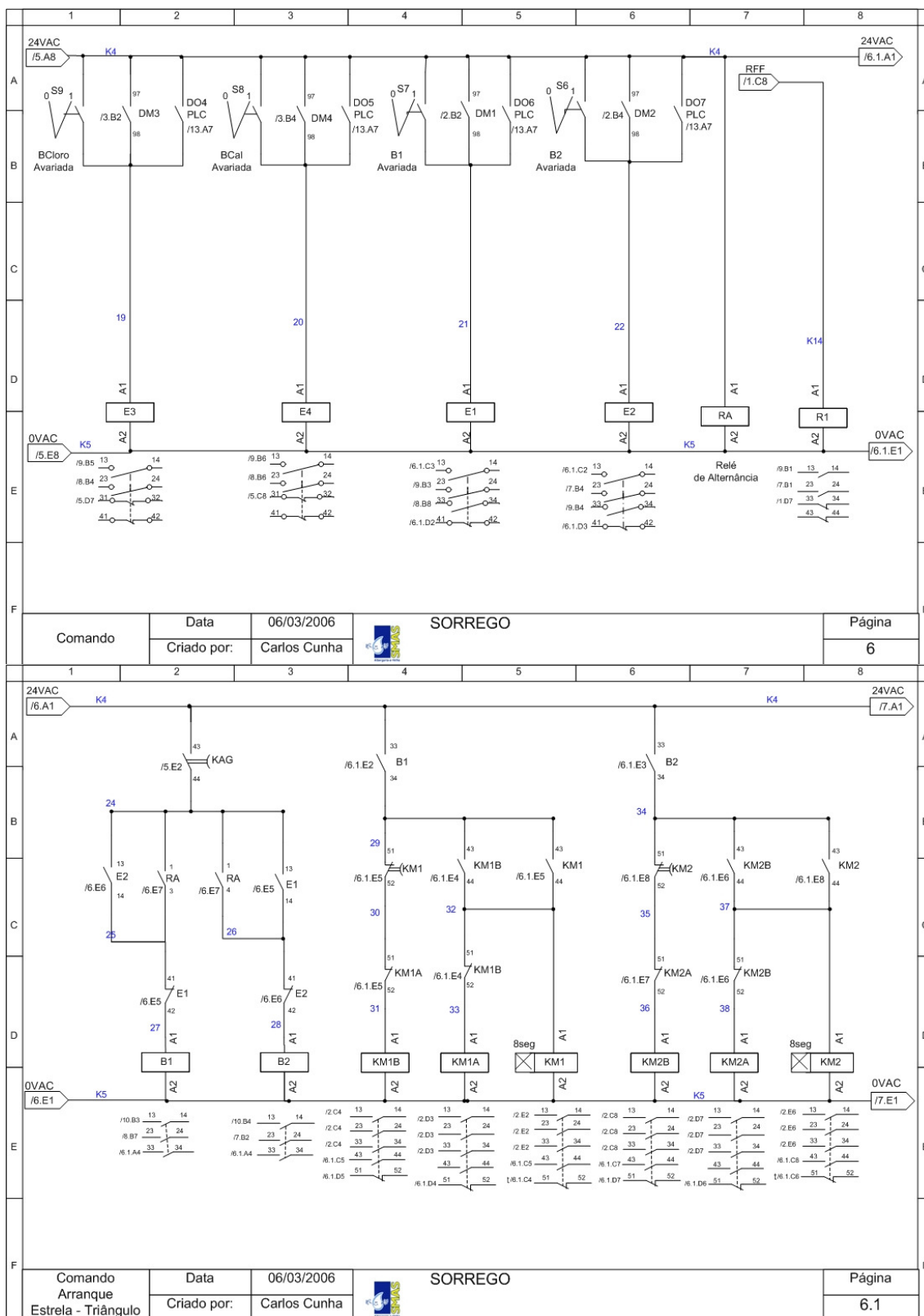
11 ANEXO C

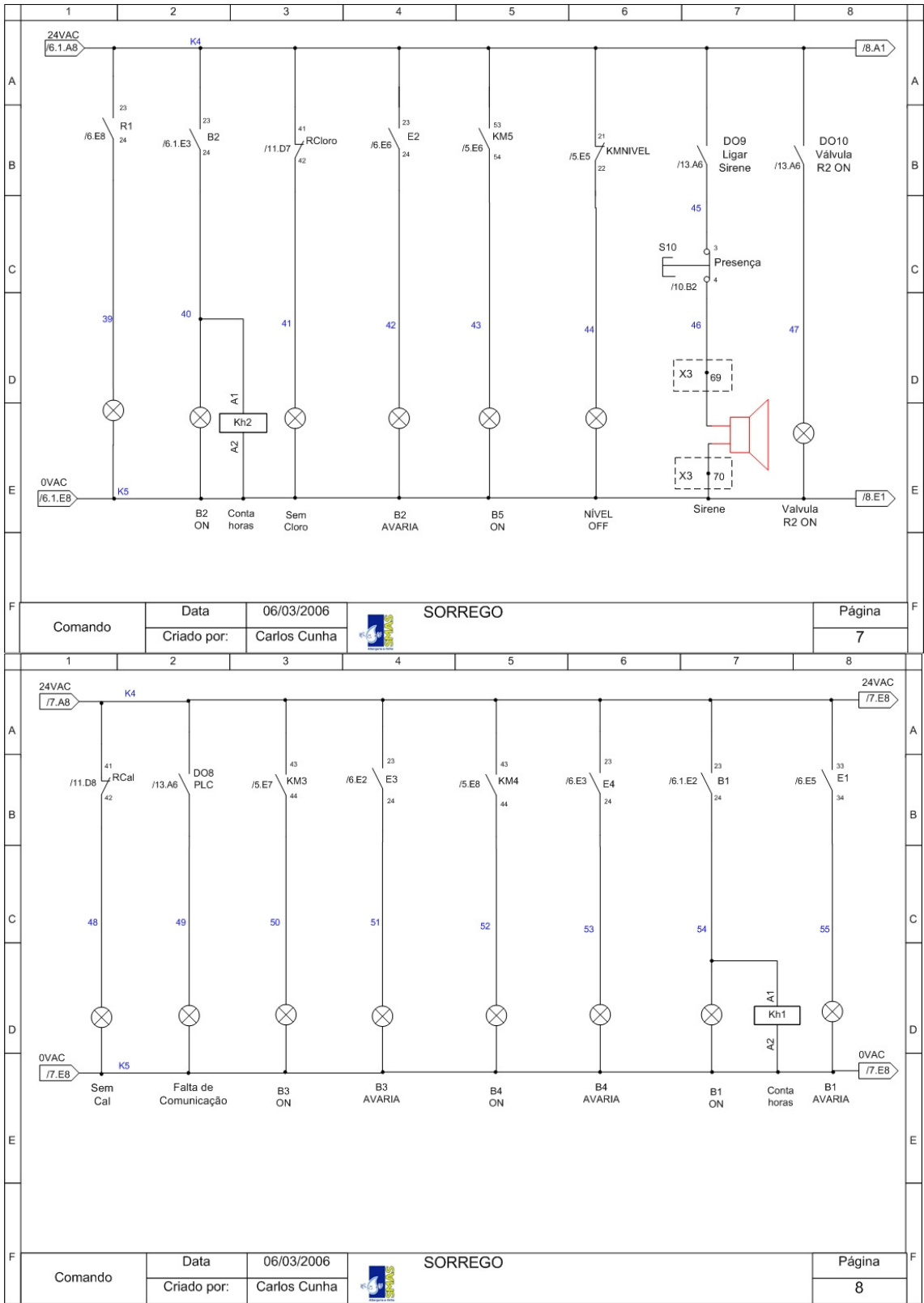
11.1 Exemplos de um dos esquemas eléctricos desenvolvidos para o controlo das estações

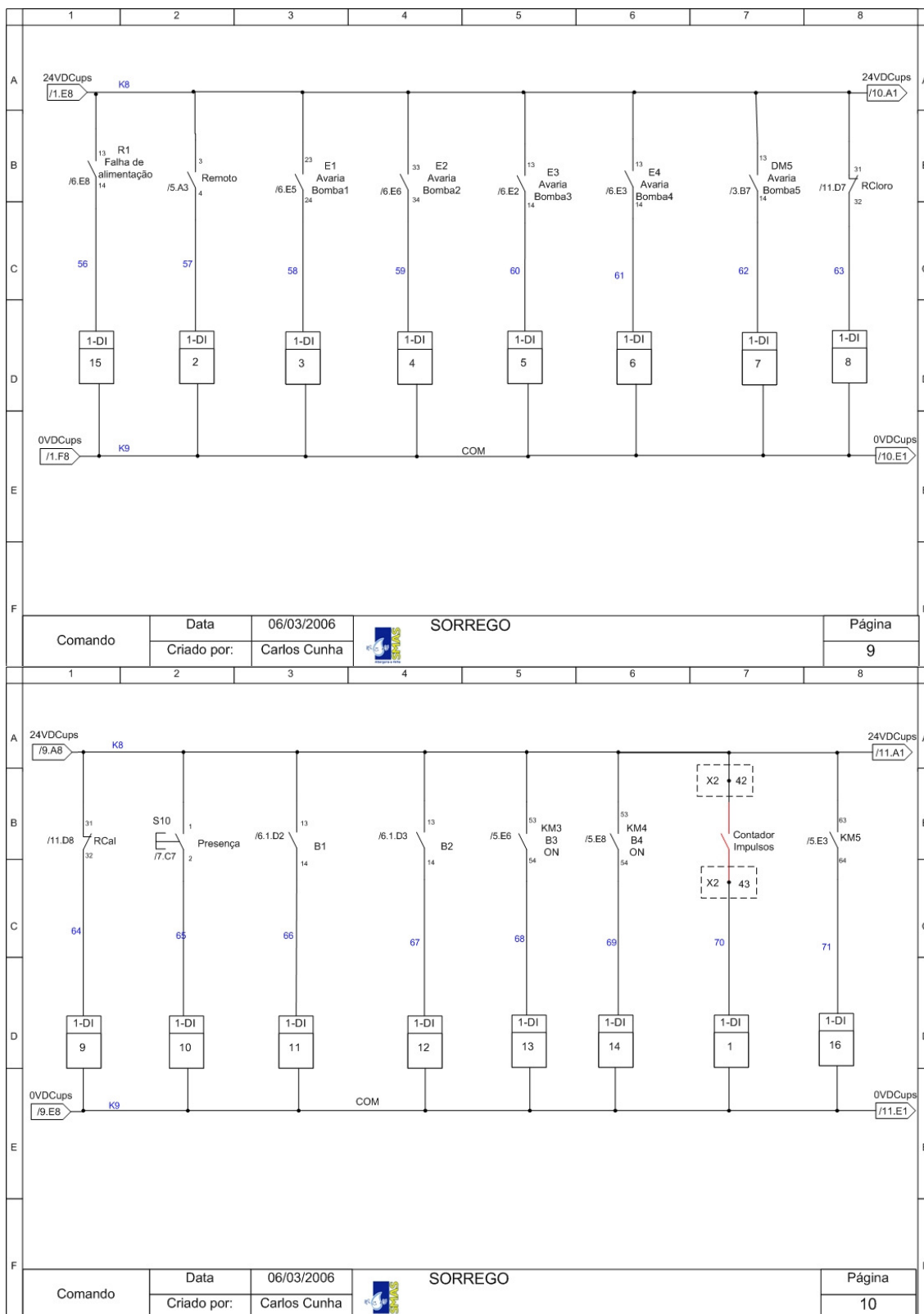


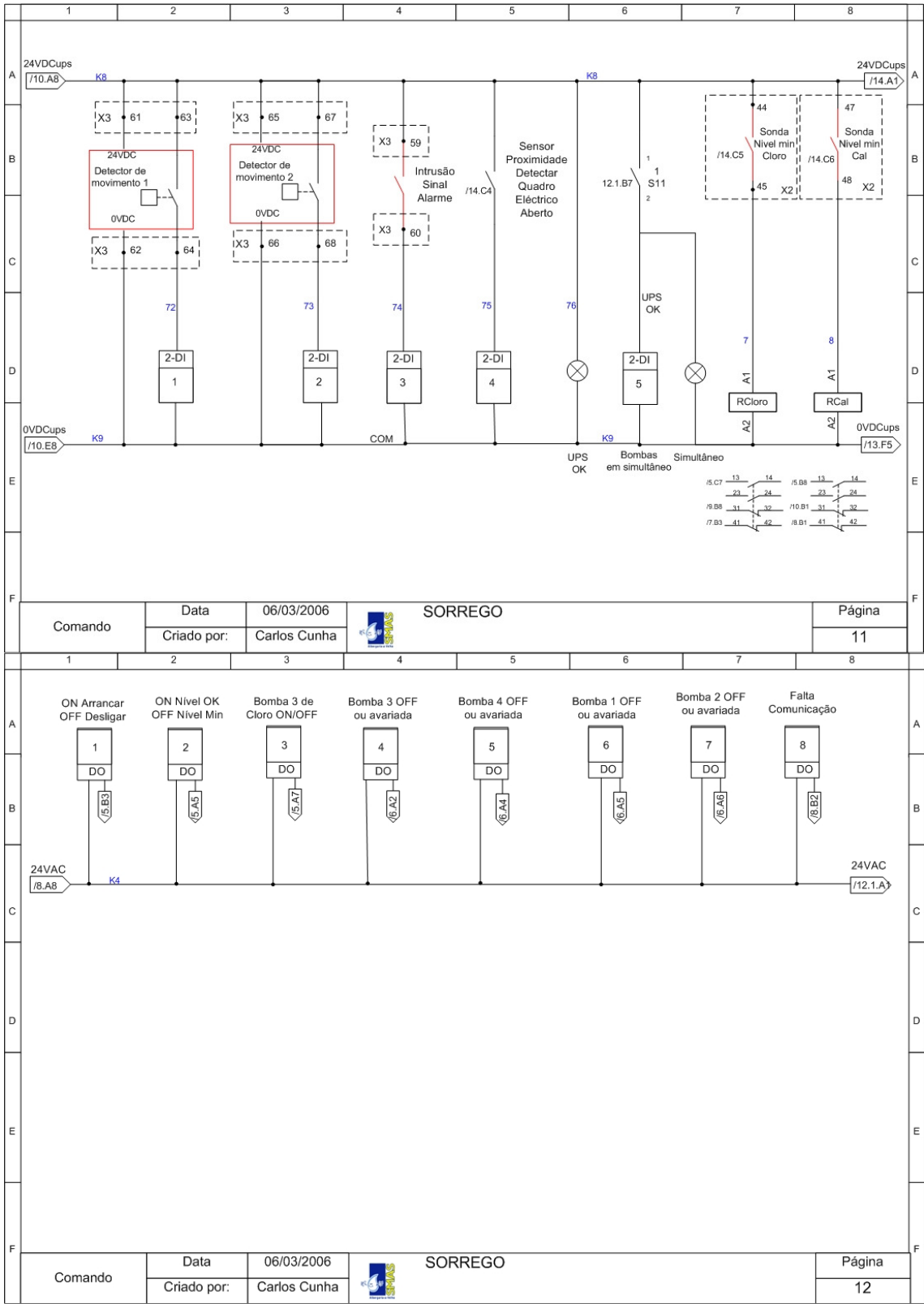


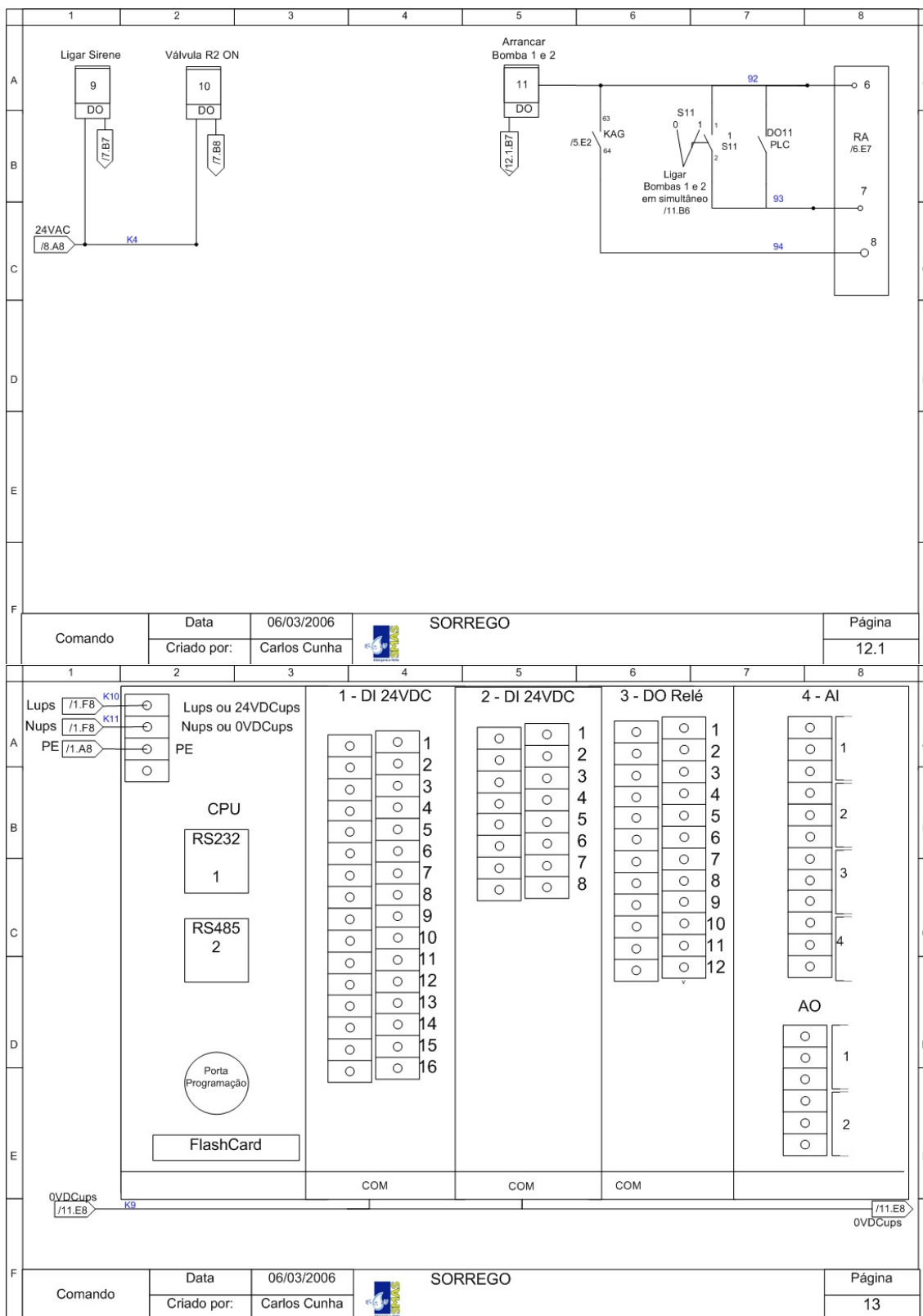


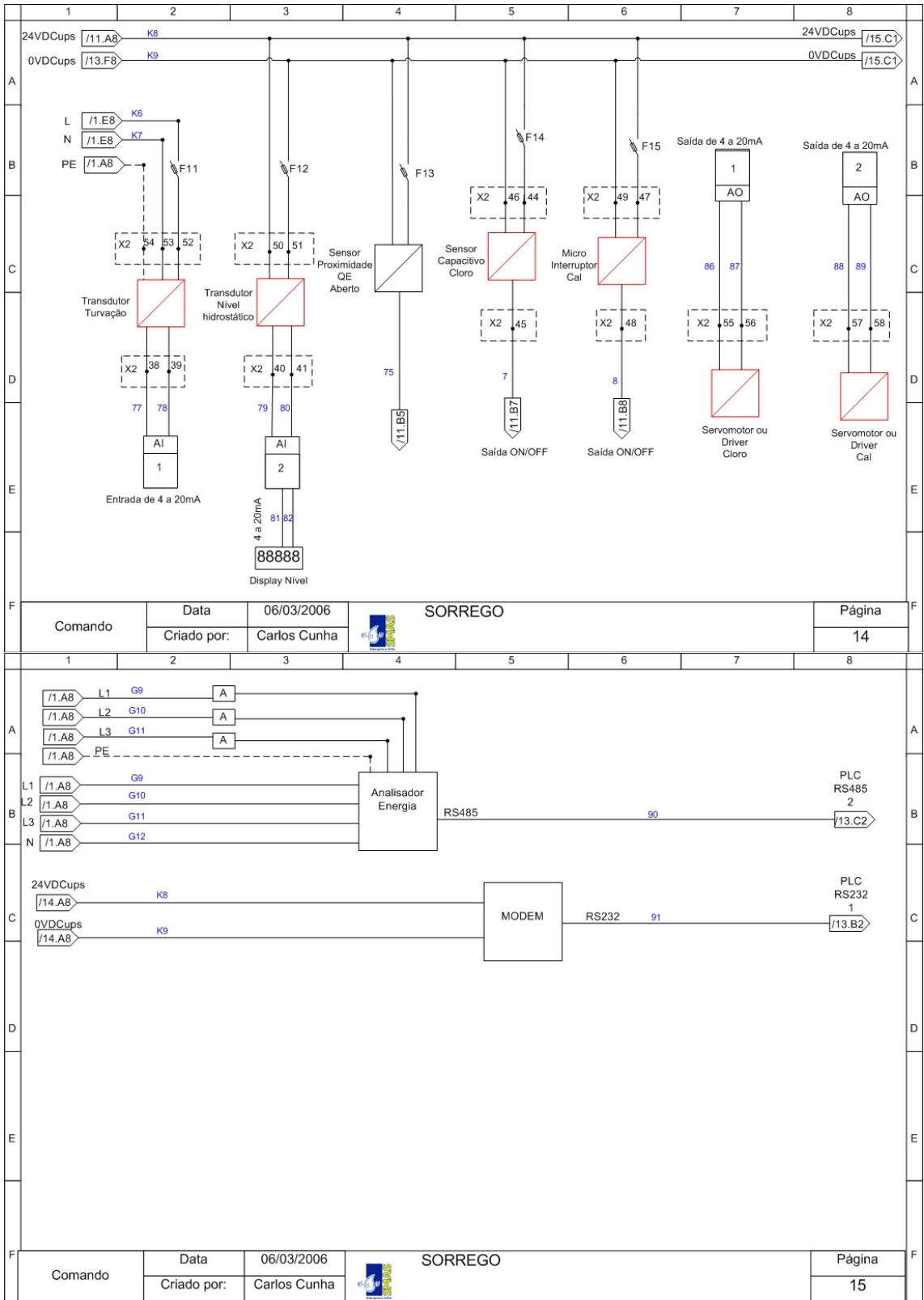


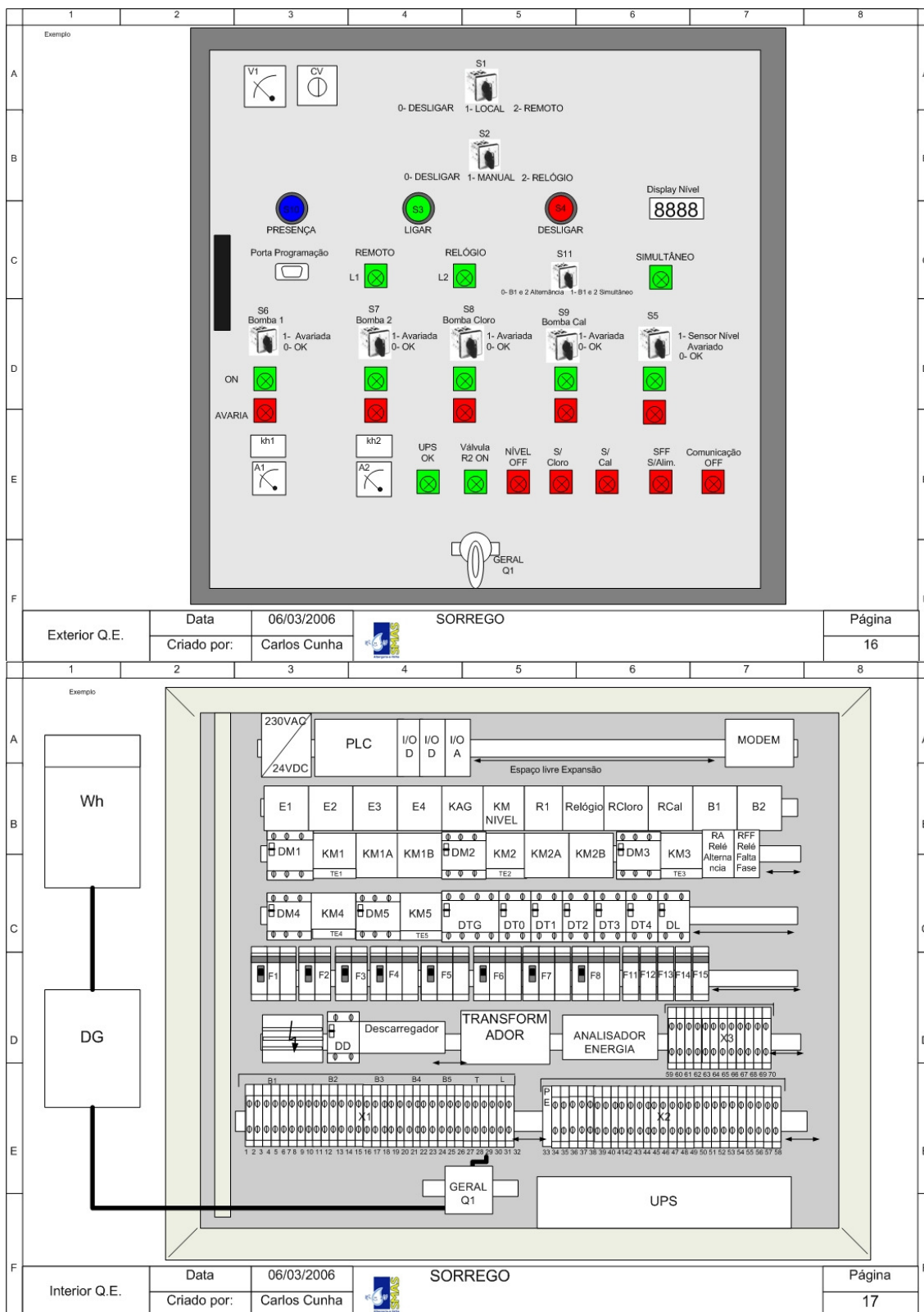












	1	2	3	4	5	6	7	8	
A	Régua X1			Régua X2			Régua X3		
	1	U1	Bomba 1	33	Terra	PE	59	+	Sinal Alarme
	2	V1	Bomba 1	34	L1	Fase	60	-	Sinal Alarme
B	3	W1	Bomba 1	35	L2	Fase	61	24VDC	Deteciores movimento 1
	4	PE1	Bomba 1	36	L3	Fase	62	0VDC	Deteciores movimento 1
	5	Z1	Bomba 1	37	N	Neutro	63	+	Sinal detector 1
	6	X1	Bomba 1	38	+(4-20mA)	Sensor Turvação	64	-	Sinal detector 1
	7	Y1	Bomba 1	39	-	Sensor Turvação	65	24VDC	Deteciores movimento 2
	8	U2	Bomba 2	40	+(4-20mA)	Sensor Hidrostático	66	0VDC	Deteciores movimento 2
	9	V2	Bomba 2	41	-	Sensor Hidrostático	67	+	Sinal detector 2
	10	W2	Bomba 2	42	+	Impulsos Contador	68	-	Sinal detector 2
C	11	PE2	Bomba 2	43	-	Impulsos Contador	69	+	Sirene
	12	Z2	Bomba 2	44	+	24VDC	70	-	Sirene
	13	X2	Bomba 2	45	s	Sinal ON/OFF Cloro			
	14	Y2	Bomba 2	46	-	0VDC			
	15	U3	Bomba 3	47	+	24VDC			
	16	V3	Bomba 3	48	s	Sinal ON/OFF Cal			
	17	W3	Bomba 3	49	-	0VDC			
	18	PE3	Bomba 3	50	24VDC	Alimentação Sensores Nivel			
D	19	U4	Bomba 4	51	0VDC	Alimentação Sensores Nivel			
	20	V4	Bomba 4	52	L1	Alimentação Sensor Turvação			
	21	W4	Bomba 4	53	N	Alimentação Sensor Turvação			
	22	PE4	Bomba 4	54	PE	Alimentação Sensor Turvação			
	23	U5	Bomba 5	55	+(4-20mA)	Controlo Bomba Cloro			
	24	V5	Bomba 5	56	-	Controlo Bomba Cloro			
	25	W5	Bomba 5	57	+(4-20mA)	Controlo Bomba Cal			
	26	PE5	Bomba 5	58	-	Controlo Bomba Cal			
E	27	L	Tomadas I/E						
	28	N	Tomadas I/E						
	29	PE	Tomadas I/E						
	30	L	Lâmpadas I/E						
	31	N	Lâmpadas I/E						
	32	PE	Lâmpadas I/E						
F	Reguas		Data	06/03/2006	SORREGO			Página	
			Criado por:	Carlos Cunha				18	