



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

CENTRO DE INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA
Núcleo de Sistemas Eletrotécnicos

Proc. 1102/011/17805

PROGRAMA DE SUPERVISÃO REMOTA E AQUISIÇÃO DE DADOS DOS RECURSOS DE BOMBAGEM E DE CAUDALIMETRIA DO PAVILHÃO DE ENSAIOS DO DHA/NRE

Desenvolvimento de Sistemas de Instrumentação e de
Controlo para Hidráulica e Ambiente

Lisboa • novembro de 2011

I&D INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO 415/2011 – CIC/NSE

PROGRAMA DE SUPERVISÃO REMOTA E AQUISIÇÃO DE DADOS DOS RECURSOS DE BOMBAGEM E DE CAUDALÍMETRIA DO PAVILHÃO DE ENSAIOS DO DHA/NRE

RESUMO

Com o objetivo modernizar os recursos para realização de atividade experimental em hidráulica de estruturas, foi desenvolvido um programa que permite efetuar a supervisão central e remota do equipamento de bombagem e de caudalimetria necessário à realização de ensaios experimentais na nave do Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas (NRE) do Departamento de Hidráulica e Ambiente (DHA). O programa elaborado, que se integra num sistema de automação anteriormente desenvolvido para este ambiente laboratorial, disponibiliza uma interface humano-máquina com aquele sistema através de ecrãs sinópticos, gere a comunicação através de diferentes redes de dados, realiza a gestão de alarmes e permite ainda fazer a aquisição automática de dados de algumas grandezas físicas relevantes para os ensaios em modelo físico.

O programa centraliza num único local, a Central de Supervisão, o comando e a monitorização de dois sistemas fisicamente distintos: o sistema de bombagem e o sistema de distribuição de água para abastecimento dos modelos físicos em ensaio.

SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION SOFTWARE
FOR PUMPING AND FLOWMETRIC EQUIPMENT OF THE DIVISION
OF WATER RESOURCES AND HYDRAULIC STRUCTURES

UN LOGICIEL POUR LA SUPERVISION ET AQUISITION DE
DONNÉES DES EQUIPEMENTS DE POMPAGE ET DE MESURE DE
DEBIT DE LA DIVISION DE RESSOURCES HYDRIQUES ET
STRUCTURES HYDRAULIQUES

PROGRAMA DE SUPERVISÃO REMOTA E AQUISIÇÃO DE DADOS DOS RECURSOS DE BOMBAGEM E DE CAUDALÍMETRIA DO PAVILHÃO DE ENSAIOS DO DHA/NRE

ÍNDICE

1	Introdução	1
2	Objetivo	1
3	Enquadramento tecnológico	2
3.1	Redes de campo.....	3
3.2	Software para supervisão	5
4	Metodologia de Desenvolvimento.....	8
4.1	Rede de campo ModBus Plus.....	9
4.2	Rede de campo RS-485 com protocolo ModBus.....	10
4.2.1	Nó de comutação de protocolo	11
4.3	Recursos informáticos.....	12
5	Arquitetura do programa.....	14
5.1	Estrutura dos ficheiros associados ao programa de supervisão	17
5.2	Ficheiro de configuração do programa (config.xml).....	19
5.3	Inicialização das comunicações com o Modlink	22
6	Integração das comunicações e aspetos particulares.....	22
6.1	Instalação e configuração do adaptador ModBus Plus SA-85	24

7	Funcionamento do programa.....	26
7.1	Sala das Bombas.....	28
7.2	Caudalimetria.....	30
7.3	Eventos.....	33
8	Mecanismo de alarmes.....	35
9	Testes e Colocação em Serviço	39
9.1	Desenvolvimentos futuros.....	40
10	Conclusão	41
	Anexo A Listagem dos Registos para Comunicações na Rede de Campo.....	47
	Anexo B Parâmetros de Configuração do Programa (<i>config.xml</i>).....	57

PROGRAMA DE SUPERVISÃO REMOTA E AQUISIÇÃO DE DADOS DOS RECURSOS DE BOMBAGEM E DE CAUDALÍMETRIA DO PAVILHÃO DE ENSAIOS DO DHA/NRE

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 Esquema da implementação das redes de campo no NRE.	5
Fig. 2 Arquitetura da tecnologia OPC	7
Fig. 3 Centralização dos recursos na Sala de Supervisão.....	8
Fig. 4 Esquema simplificado de implementação das comunicações para o programa de supervisão e aquisição de dados.	9
Fig. 5 Diagrama de ligação da rede RS-485.....	11
Fig. 6 Caixa que alberga o nó de comutação de protocolo.	12
Fig. 7 Computador com o programa de supervisão remota instalado e em funcionamento na Sala de Supervisão do DHA/NRE.	13
Fig. 8 Acesso aos recursos de supervisão remota e aquisição de dados.	14
Fig. 9 Arquitetura de comunicação do programa de Supervisão e Aquisição de Dados	15
Fig. 10 Arquitetura de funcionamento do programa de Supervisão e Aquisição de Dados.	16
Fig. 12 Ficheiros associados ao programa.	17
Fig. 13 Chaves de segurança do ficheiro de configuração <i>config.xml</i> e o ficheiro de inicialização <i>profile.ini</i> do programa de supervisão remota.....	20
Fig. 14 Mecanismo de validação do ficheiro de configuração <i>config.xml</i>	21
Fig. 15 Método usado para lançar o <i>Modlink</i> de forma automática.....	22

Fig. 16 Integração das comunicações no programa de supervisão e aquisição de dados.....	23
Fig. 17 Adaptador de <i>ModBus Plus</i> para PC, <i>Modicon SA-85-000</i>	25
Fig. 18 Aspeto geral do programa de supervisão remota e aquisição de dados.	27
Fig. 19 Exemplo de operação de comando remoto das bombas.	30
Fig. 20 Interface de monitorização e comando das válvulas e caudalímetros.....	31
Fig. 21 Exemplo de operação de comando remoto das válvulas motorizadas.....	33
Fig. 22 Interface para monitorização dos eventos e configuração do mecanismo de aquisição de dados.	35
Fig. 23 Mecanismo de alarme implementado	36
Fig. 24 Exemplo do alarme para nível insuficiente no reservatório de alimentação.	37
Fig. 25 Exemplo do alarme e sinalização para o disparo térmico (<i>trip</i> térmico) da válvula 2.....	38

PROGRAMA DE SUPERVISÃO REMOTA E AQUISIÇÃO DE DADOS DOS RECURSOS DE BOMBAGEM E DE CAUDALÍMETRIA DO PAVILHÃO DE ENSAIOS DO DHA/NRE

1 INTRODUÇÃO

Num relatório precedente [1] foi descrita a conceção, o desenvolvimento e a colocação em serviço de um novo sistema de automação integrando o conjunto global de equipamentos de medição e de atuação, atualmente existentes no pavilhão de ensaios de modelos físicos do NRE, para controlar o abastecimento de água aos modelos físicos de hidráulica de estruturas, nomeadamente, grupos de bombagem com velocidade variável, autómatos, caudalímetros, válvulas motorizadas, sensores de nível e painéis de comando manual. Nesse documento também consta um breve apontamento histórico da evolução deste tipo de recursos no referido ambiente laboratorial, ao longo das últimas décadas.

O presente relatório descreve, em detalhe, o último passo dado na modernização da infraestrutura de bombagem e caudalimetria do Pavilhão de Ensaios de Hidráulica de Estruturas, o qual consistiu no estudo e desenvolvimento de um programa de supervisão realizando as funções sistémicas de nível hierárquico superior no sistema de automação anteriormente concebido e colocado em serviço.

2 OBJETIVO

O estudo empreendido visou desenvolver um programa que implementasse um Sistema de Supervisão e de Aquisição de Dados, ou abreviadamente SCADA (proveniente da definição anglo-saxónico *Supervisory Control and Data Aquisition*). Este programa destina-se a realizar as seguintes funções essenciais: interface humano-máquina com diagramas sinópticos; gestão da comunicação entre equipamentos através de redes de dados; gestão de alarmes; aquisição e apresentação de dados do processo controlado (os recursos de bombagem, de válvulas motorizadas, de medição de níveis e de caudalimetria), bem como da utilização do próprio programa.

A disponibilidade de funções de SCADA permite, através da constante monitorização dos recursos necessários para a realização dos ensaios em modelo físico, introduzir uma

melhoria nas condições de exploração dos mesmos ensaios e, por conseguinte, na qualidade dos resultados, e ainda na proteção do equipamento em manuseamento e dos operadores. Contribui para reduzir custos operacionais, uma vez que centraliza o comando e monitorização de equipamento normalmente distribuído pela nave de ensaio; melhora o desempenho pela disponibilidade de acesso imediato à leitura de vários instrumentos; aumenta a segurança operacional, por permitir o comando remoto de equipamento colocado em difícil acesso ou em local perigoso (como é exemplo a sala de bombas); permite sinalizar e diagnosticar anomalias em equipamento por implementação de alarmes; finalmente, permite criar bases de dados úteis para a exploração: por exemplo, a aquisição automática de dados de caudais e níveis de água, bem como de ordens de manobra dadas aos órgãos do sistema, permite uma análise à posteriori para fins diversos.

3 ENQUADRAMENTO TECNOLÓGICO

Neste Capítulo será feito um enquadramento sucinto da tecnologia usada em sistemas de supervisão remotos. As abordagens mais específicas são aqui circunscritas às tecnologias usadas neste trabalho, nomeadamente as redes de campo para comunicação digital e software para supervisão.

A tecnologia aplicada em sistemas de supervisão remota tem uma longa e consolidada existência em aplicações maioritariamente industriais. Com o aumento da capacidade de processamento e desempenho dos computadores, aliado ao aumento da fiabilidade do software, verificou-se um crescimento na procura de soluções para centralização de comando e monitorização dos recursos – equipamentos que estão distribuídos numa ou várias unidades fabris – que outrora seriam comandados localmente por um ou vários controladores locais possuindo interfaces para comando por parte de operadores humanos no terreno. A massificação e a sofisticação da internet aceleraram definitivamente a expansão dos sistemas de supervisão remotos uma vez que possibilitam uma abordagem quase ubíqua da exploração dos recursos locais. Não obstante, a exposição dos sistemas ou recursos, muitas vezes fundamentais, à possibilidade de acesso pela internet pode acarretar alguns riscos de segurança com consequências nefastas. Porém, esse tema não será aqui desenvolvido.

A longa existência de soluções de supervisão conduziu, embora nem sempre com os fins desejados, ao estabelecimento de procedimentos tipificados e normas. O resultado é

uma oferta de soluções de hardware e software que se ajustam à panóplia dos equipamentos e redes de comunicação de dados que se querem integrar em ambientes de supervisão remota. O indesejável deste percurso, pelo menos do ponto de vista dos utilizadores, resulta da proliferação de redes de campo, que não acrescentam mais-valias no desempenho (ou acrescentam muito pouco), ou de abusos de monopólio do lado das empresas que comercializam quer o software quer o equipamento, com uma oferta restrita de soluções abertas, e obrigando o uso de soluções fechadas, isto é, cujos direitos são detidos por entidades proprietárias¹.

No que diz respeito às redes de campo existem claras vantagens na utilização de interfaces e protocolos normalizados e abertos (sem proprietários). A solidez e maturidade que a abordagem *standard* oferece, conjugadas com a disponibilização pública para utilização, permitem implementar soluções de supervisão remota com custos de aquisição, quer do equipamento de comunicação quer das unidades remotas (RTU), bem como custos de desenvolvimento, substancialmente inferiores quando comparados com as redes de campo com interfaces e protocolos cujos direitos são detidos por entidades proprietárias. Por outro lado, com a utilização de interfaces e protocolos normalizados e abertos é assegurado que as futuras expansões, quer pela introdução de novos RTU quer pela substituição/introdução de novo software, serão executadas sem alterações substanciais dos sistemas em operação.

3.1 Redes de campo

As redes de campo têm como função a integração de fluxos de informação, ligando logicamente os equipamentos (sensores a serem comandados e monitorizados) numa ou várias unidades de supervisão. O fluxo de informação pode incluir a leitura do estado atual de um ou vários equipamentos ou a emissão de comandos para alteração desse mesmo estado.

Embora, na sua maioria, os protocolos de comunicação industrial sejam esmagadoramente ditados pelos fabricantes de equipamento, existe ainda espaço de manobra para a implementação de redes de campo sem recurso a protocolos proprietários,

¹ Para a designação "*proprietary system*", vulgar na literatura anglo-saxónica, é aqui usado a tradução "sistema com proprietário" ou "sistema com entidade proprietária de direitos".

como é exemplo o **ModBus**. Originalmente desenvolvido pela *Modicon* em 1979 (atualmente integrada na *Schneider Electric*), o protocolo *ModBus* está atualmente no domínio público (mantido por uma organização independente [2]) sendo, por isso, classificado como não tendo proprietário. O *Modbus* Foi dos primeiros protocolos a serem desenvolvidos para comunicação para os Autómatos Programáveis, *Programmable Logic Controllers* (PLC) e, por isso, é frequentemente usado pelos fabricantes, quer de software quer de hardware.

O protocolo *ModBus* é baseado numa arquitetura *master/slave* ou cliente/servidor, multiponto, permitindo ter até 247 unidades RTU de tipo *slave* ligadas na mesma rede; no entanto, este limite é ditado pela capacidade intrínseca da rede física onde este protocolo for implementado. A grande versatilidade do *Modbus* é a capacidade que tem de ser utilizado sobre várias redes físicas standard, vulgarmente usadas em comunicações digitais, como é o caso das que obedecem às normas RS232 e RS485 da EIA e IEEE 802.3 (Ethernet). Como resultado existem designações diferentes para a implementação deste protocolo, neste caso o *ModBus RTU/ASCII* e o *ModBus TCP*, respetivamente, conforme o protocolo físico em que este é implementado.

O protocolo *ModBus* implementa ainda o algoritmo *Cyclic Redundancy Check* (CRC) [3] de 16 bits para deteção de erros do conteúdo das mensagens, conferindo-lhe alguma robustez à custa de uma pequena perda de eficiência devido ao *overhead* de dois bytes ocupados com o conteúdo de CRC. O resultado é um protocolo simples, extremamente versátil e robusto adequados para a maioria das aplicações de transmissão de dados de pequena e média dimensão.

Existe ainda uma variante do protocolo *ModBus* utilizada sobre uma rede física não *standard*, que merece referência por ser utilizado no sistema de automação da infraestrutura aqui descrita, designado por **ModBus Plus**. Esta rede ainda é mantida sob licença da *Schneider Electric* e necessita de hardware de interface dedicado para nela poderem ser ligados equipamentos [4]. No caso dos computadores requer um adaptador *Modicon SA85*. Ao contrário do protocolo *ModBus* simples, que só abrange a camada 2 do modelo OSI², o protocolo *ModBus Plus* abrange as camadas 1,2 e 3, podendo interligar várias redes *ModBus Plus* independentes. Dessa forma, o *ModBus Plus* tem a capacidade de ligação de um número elevado de RTU.

² *Open Systems Interconnected*, norma ISO 7498.

Na fig. 1 é ilustrada a estrutura das redes de campo aqui descritas. As ligações ao nível dos sensores e actuadores são descritas em mais pormenor no relatório precedente [1] com a conceção e o desenvolvimento de um novo sistema de automação integrando o conjunto global de equipamentos de medição e de actuação.

Neste relatório será destacado o nível de monitorização e comando onde se aborda todo o programa desenvolvido para a supervisão dos recursos do NRE, sendo também descritos com mais pormenor os autómatos e as unidades RTU, uma vez que envolvem aspetos de integração do fluxo de informação no programa de supervisão.

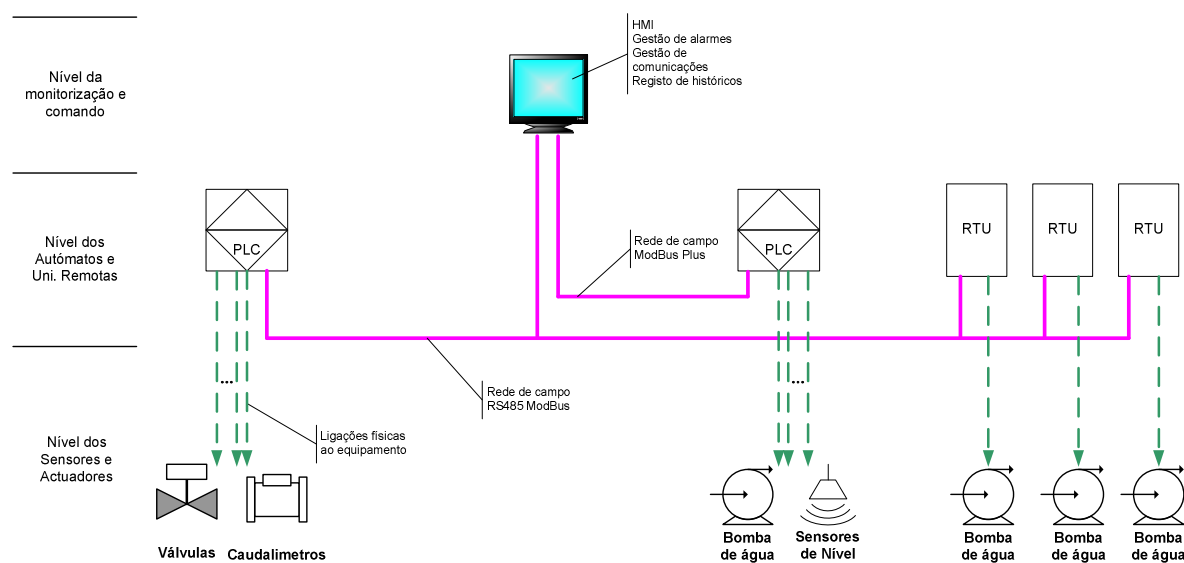


Fig. 1 Esquema da implementação das redes de campo no NRE.

3.2 Software para supervisão

O software de supervisão tem como objetivo gerir o fluxo de informação de uma ou várias redes de campo, interpretá-lo e disponibilizá-lo de alguma forma (por sinópticos, alarmes, registos históricos, etc) aos operadores. O software de supervisão executa as funções de comando, veiculando informação necessária para alterar o estado do equipamento alvo que o operador pretendente comandar.

A oferta de soluções de software para supervisão é vasta e variada. Existem no mercado vários tipos de soluções que se adaptam às necessidades do utilizador final: desde soluções comercializadas pelos fabricantes do próprio equipamento a supervisionar (normalmente funcionais apenas para esse equipamento), até soluções comerciais de software que tentam cobrir os vários protocolos usados em comunicação com as RTUs. No

que respeita a software aberto (*open source* ou *freeware*), a oferta é nula provavelmente por a maioria dos *drivers* de comunicação com as RTUs terem proprietários (detentores de direitos). Outra razão é a especificidade que um software de supervisão exige dada a variabilidade de equipamentos a supervisionar e protocolos de comunicação.

Com a crescente determinação em estabelecer condições padrão, subsistem várias tentativas em levar a bom porto soluções *standard* pela razão de normalmente conduzirem à redução de custos de implementação. Neste domínio existem duas áreas distintas de intervenção no software, que se complementam:

- O **software de OPC**, ou servidores OPC [5], que estabelece a comunicação entre os vários RTUs e terminais de supervisão (podendo, na realidade, ser vários). A origem da sigla OPC vem de **Object Linking and Embedding for Process Control** ou *OLE³ for Process Control*. Na prática a tecnologia OPC estabelece as especificações do modelo de comunicação entre RTUs e computadores de forma a uniformizar a interoperabilidade de todos os equipamentos mesmo na presença de diferentes redes de campo e com vários protocolos⁴.

Atualmente as especificações da tecnologia OPC são mais abrangentes, não se restringindo apenas às comunicações em redes de campo para a aquisição de dados (*Data Access* ou OPC DA). Como é ilustrado na fig. 2, a tecnologia OPC prevê especificações para o acesso aos dados (DA) para a interface com software HMI, mecanismo de alarme e registo de eventos (A&E) e acesso a históricos de dados (HDA).

³ Tecnologia desenvolvida e proprietária da Microsoft para a comunicação entre aplicações.

⁴ Existem várias soluções OPC comerciais de custos relativamente acessíveis (inferiores a mil euros), normalmente variando o preço consoante o número de *drivers* de comunicação com proprietários de direitos que se pretende adquirir.

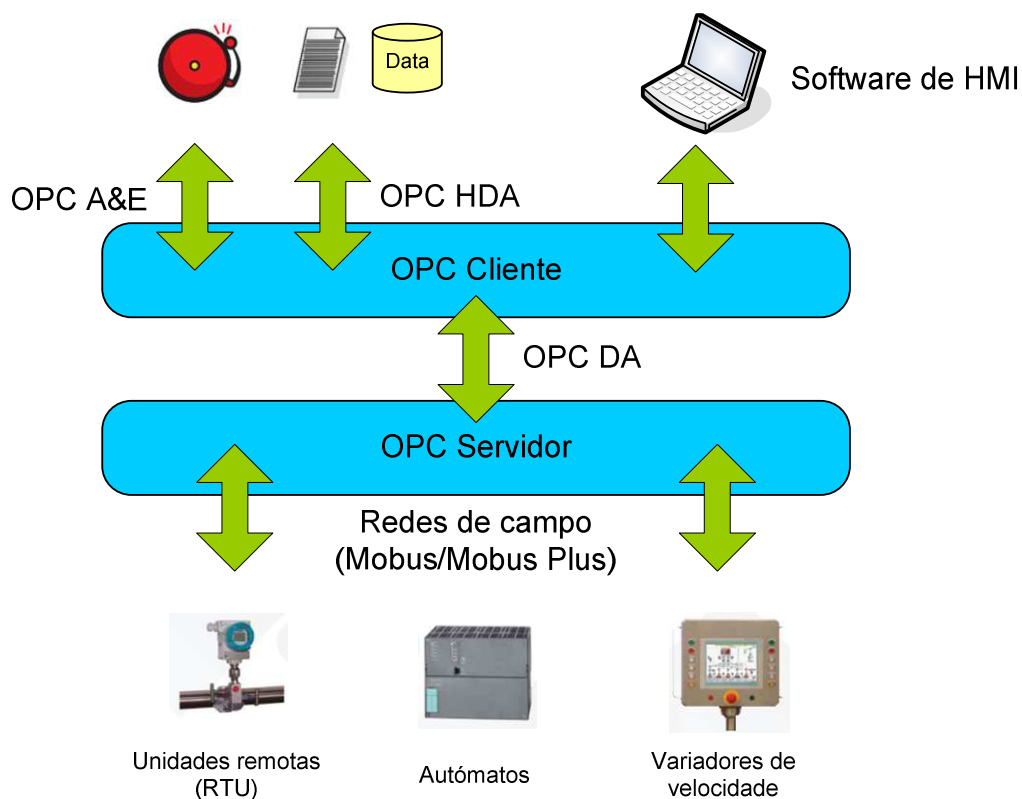


Fig. 2 Arquitetura da tecnologia OPC .

- O **software para** interface humano-máquina. Este software, vulgarmente conhecido por HMI (*Human-Machine Interface*), permite que o operador, por intermédio de diagramas sinópticos, supervise todas as variáveis do sistema, que direta ou indiretamente permitem alterar o estado operacional no seu todo. Permite que o operador efetue a gestão da comunicação entre equipamentos e a gestão de alarmes, bem como a aquisição e apresentação de dados do processo controlado. Este é, por natureza, o recurso mais visível num sistema de supervisão, no entanto, tal não significa que seja de facto o recurso mais importante. Existem várias plataformas disponíveis, desde softwares comerciais dedicados à construção exclusiva de HMI's, a bibliotecas de objetos comerciais e *open source*.

No trabalho que se apresenta o software de HMI foi desenvolvido de raiz em linguagem de programação, onde um conjunto de elementos gráficos alteram o seu estado visual e sonoro de acordo com o estado real do equipamento que está interligado nas redes de campo.

4 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

O programa de supervisão e aquisição de dados foi desenhado de raiz de forma a responder às necessidades específicas que a supervisão remota e a aquisição de dados do equipamento na nave do NRE exigia. O programa foi concebido para correr em Sistemas Operativos (OS) *Microsoft Windows XP* (XP), que é atualmente o OS adotado pelo LNEC, usando a linguagem de programação *Visual Basic 6* (VB6). No que diz respeito à função de HMI, o resultado é uma interface gráfica interativa, que se aproxima da interação clássica em janelas dos programas em ambientes XP, permitindo uma supervisão remota de forma intuitiva.

O programa desenvolvido foi instalado num computador tipo *Personal Computer* (PC) dedicado exclusivamente a esta tarefa. Este PC encontra-se instalado na Sala de Supervisão situada no pavilhão de ensaios físicos do NRE.

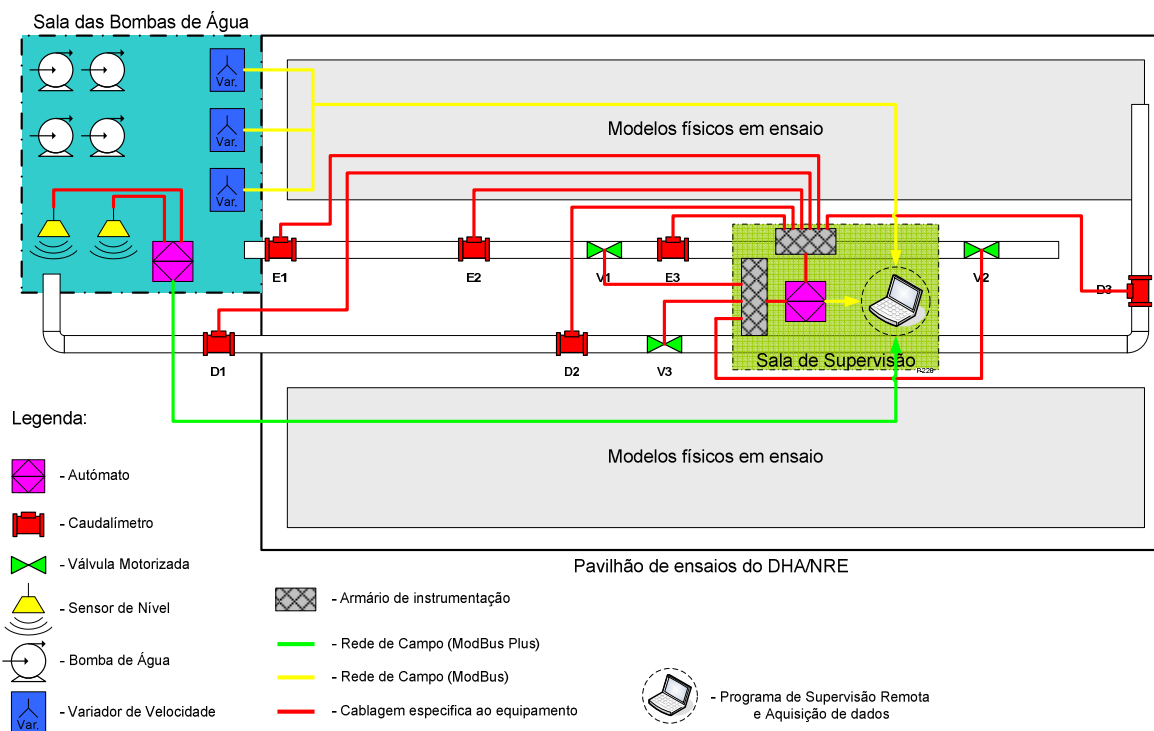


Fig. 3 Centralização dos recursos na Sala de Supervisão

Dado que a maioria dos recursos a supervisionar não possuíam interfaces de comunicação digital idênticas, que permitissem a sua integração numa ou várias redes de campo, foi necessário, na fase inicial deste trabalho, desenvolver uma solução de automação capaz de integrar as ligações físicas entre os autómato, os variadores de velocidade, as válvulas motorizadas, os caudalímetros e os sensores de nível, alguns dos

quais possuem interfaces de comunicação digital enquanto outros não. Nesse sentido, foram integrados num sistema de automação com dois autómatos e duas redes de campo. Na Fig. 3 é ilustrado o esquema simplificado da abordagem para a centralização dos recursos distribuídos pela nave do NRE na sala de supervisão. O resultado desse trabalho é descrito em pormenor em relatório separado e pode ser consultado em [1].

Do sistema de automação descrito em [1] constam duas redes de campo distintas: a rede de **ModBus Plus** que centraliza os recursos do sistema local de automação e controlo de nível do tanque inferior [6], os sensores de nível dos tanques e o sensor de nível do reservatório de alimentação; a rede RS-485 com protocolo **ModBus** que abrange um segundo autómato programável (integrando os recursos das válvulas motorizadas e dos caudalímetros por ligações convencionais) bem como os variadores eletrónicos de bombagem.

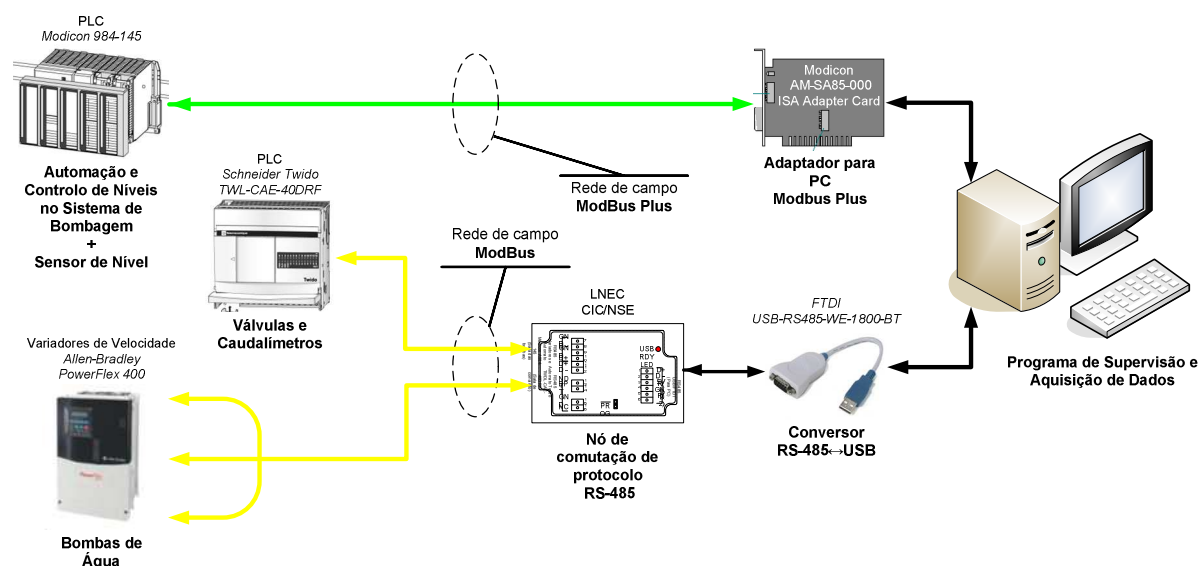


Fig. 4 Esquema simplificado de implementação das comunicações para o programa de supervisão e aquisição de dados.

Na Fig. 4 é ilustrada a forma como foram implementadas as comunicações entre as unidades remotas, que comandam diretamente os vários recursos locais, e o programa de supervisão e aquisição de dados instalado no computador central.

4.1 Rede de campo ModBus Plus

Esta rede assegura a comunicação entre o autómato *Modicon 984-145* instalado na sala de bombas e o computador onde funciona o programa de supervisão. Instalado em

1995, este autómato implementa a automação e controlo de níveis no sistema de bombagem para abastecimento dos modelos físicos [6]. Posteriormente em 2011, foi adicionado a este autómato a ligação do sensor ultrassónico de nível de água do reservatório de abastecimento subterrâneo, descrito em [1].

Para o programa de supervisão, a rede de campo *ModBus Plus* permite o acesso aos níveis de água dos dois tanques, ao nível de água do reservatório e ao sistema de automação e controlo de níveis no sistema de bombagem.

A ligação física entre o autómato, instalado na sala de bombas, e o computador na sala de supervisão é assegurada por um cabo blindado com um par de condutores torcido com aproximadamente 200m. No computador foi instalado um adaptador *Modicon SA-85* que assegura a interface de comunicação e transferência de dados na rede *ModBus Plus*. Cada um dos elementos intervenientes nesta rede constitui um nó ao qual se atribui um endereço físico, tendo sido atribuído o endereço 1 para o PLC e o endereço 2 para o PC (por ajuste de *dip switches* no PLC e no adaptador SA-85). Trata-se de uma rede de campo série, assíncrona, com acesso por passagem de testemunho, funcionando com o débito de 1 Mbit/s.

A descrição e instalação do adaptador SA-85 são apresentadas com mais detalhe no Capítulo 6.

4.2 Rede de campo RS-485 com protocolo ModBus

Trata-se de uma rede de campo série, assíncrona, com acesso *master/slave*. Possui quatro nós *slave* com endereços distintos. O endereço de *slave* 01 foi atribuído ao autómato (Twido) que está instalado na sala de supervisão; este autómato permite a comunicação entre o programa de supervisão e os recursos das válvulas e caudalímetros. Os endereços de *slave* 101, 102 e 103 foram atribuídos aos variadores de velocidade das bombas de água 1, 2 e 3, respetivamente.

O protocolo *ModBus* neste caso foi concretizado sobre uma rede série RS-485. As ligações físicas entre o autómato, os variadores e o computador na sala de supervisão, são asseguradas por cabos blindados de pares de condutores torcidos.

O computador de supervisão dispõe de interfaces série USB, pelo que a ligação do mesmo à rede RS-485 – *ModBus* foi realizada através de um conversor USB<->RS-485

modelo *USB-RS485-WE-1800-BT* da marca *Future Technology Devices International (FTDI)* [7], conforme ficou ilustrado na Fig. 4.

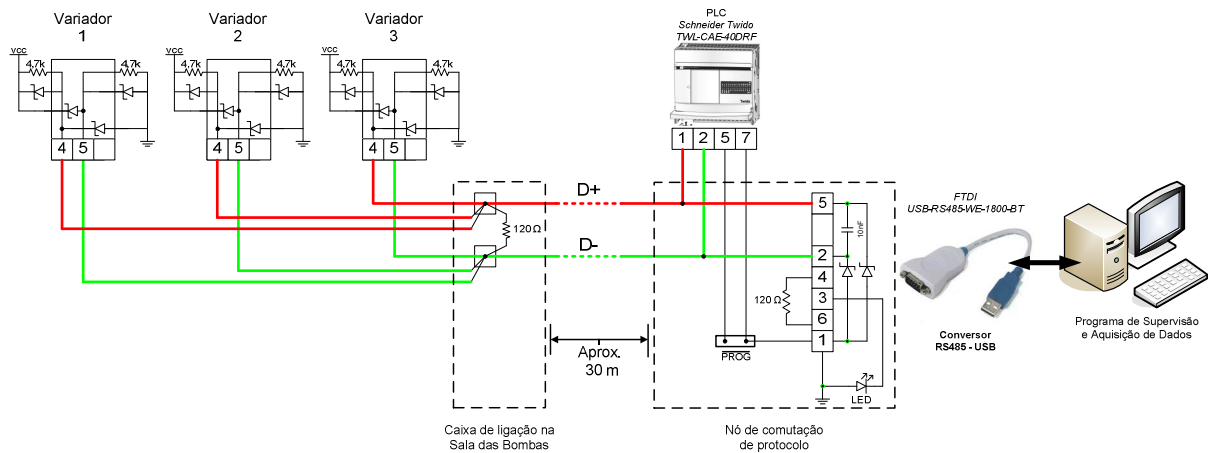


Fig. 5 Diagrama de ligação da rede RS-485.

Como a mesma interface do autómato é usada quer para a comunicação em protocolo *ModBus* quer para a comunicação em protocolo exclusivo à programação a partir do PC, instalaram-se numa caixa de ligações (c.f. fig. 5) os dispositivos destinados a permitir essa comutação da interface do autómato: para programação a partir do PC ou como *slave* da rede *RS-485-ModBus*.

4.2.1 Nó de comutação de protocolo

O nó de comutação do protocolo encontra-se montado numa caixa em PVC estanque, contendo um LED que é energizado pelo conversor USB<->RS-485 quando está ligado ao PC.



Fig. 6 Caixa que alberga o nó de comutação de protocolo.

Neste dispositivo (fig. 6), um *jumper* (PROG) permite comutar entre o protocolo de comunicação *ModBus* e o protocolo específico para programação do autómato. O *jumper* implementa uma função *pull-down* no terminal 5 da interface de comunicação do autómato (Twido) [8]: esta operação força o autómato a utilizar os parâmetros de comunicação determinados pelo programa em memória, que devem ser comuns em toda a rede RS-485⁵

Quando se retira o *jumper* o autómato funciona com os parâmetros de comunicação por defeito⁶. Esta operação é executada em períodos de manutenção do sistema, que necessitem de programar ou configurar diretamente o autómato com o software dedicado *TwidoSoft* [9].

4.3 Recursos informáticos

O programa de supervisão remota e aquisição de dados foi instalado num PC colocado na Sala de Supervisão do NRE. Os recursos necessários para correr o programa não são exigentes pelo que não obrigaram a aquisição de novos computadores. A

⁵ (9600baud, 8 bits de dados, sem paridade, 1 stop bit), modo de comunicação usado para a rede de campo *Modbus RTU*.

⁶ (19200baud, 8 bits de dados, sem paridade, 1 stop bit), modo de comunicação *default*.

necessidade de instalar o adaptador *Modicon SA-85* condicionou a escolha a um computador equipado com *slot ISA* que, por ser uma interface em desuso, limita a escolha de computadores compatíveis.

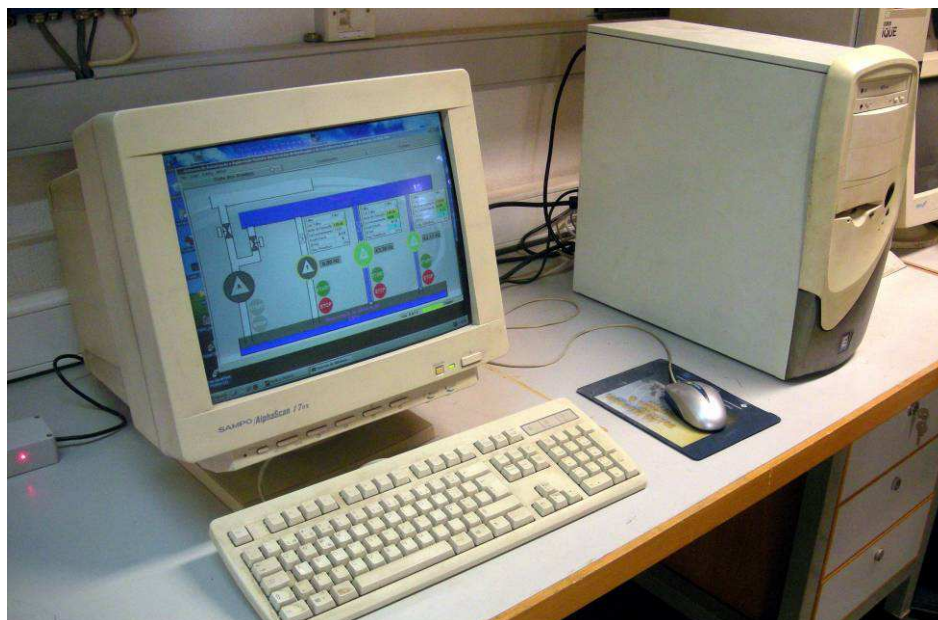


Fig. 7 Computador com o programa de supervisão remota instalado e em funcionamento na Sala de Supervisão do DHA/NRE.

O programa é distribuído com um instalador próprio que facilita a atualização a futuras versões. A instalação é executada de acordo com os requisitos em ambiente Microsoft Windows. O acesso ao programa de supervisão remota pode ser feito à semelhança de uma aplicação comum.

Na fig. 8 é ilustrado o exemplo do acesso aos recursos de supervisão remota e de aquisição de dados onde o utilizador pode chamar diretamente o ficheiro executável do programa (*SupervisaoRemota_NRE.exe*), o ficheiro de configuração (*config.xml*) ou o ficheiro de aquisição de dados (*modFisicos.csv*).

O funcionamento do programa e dos seus diferentes recursos é abordado no Capítulo 7.

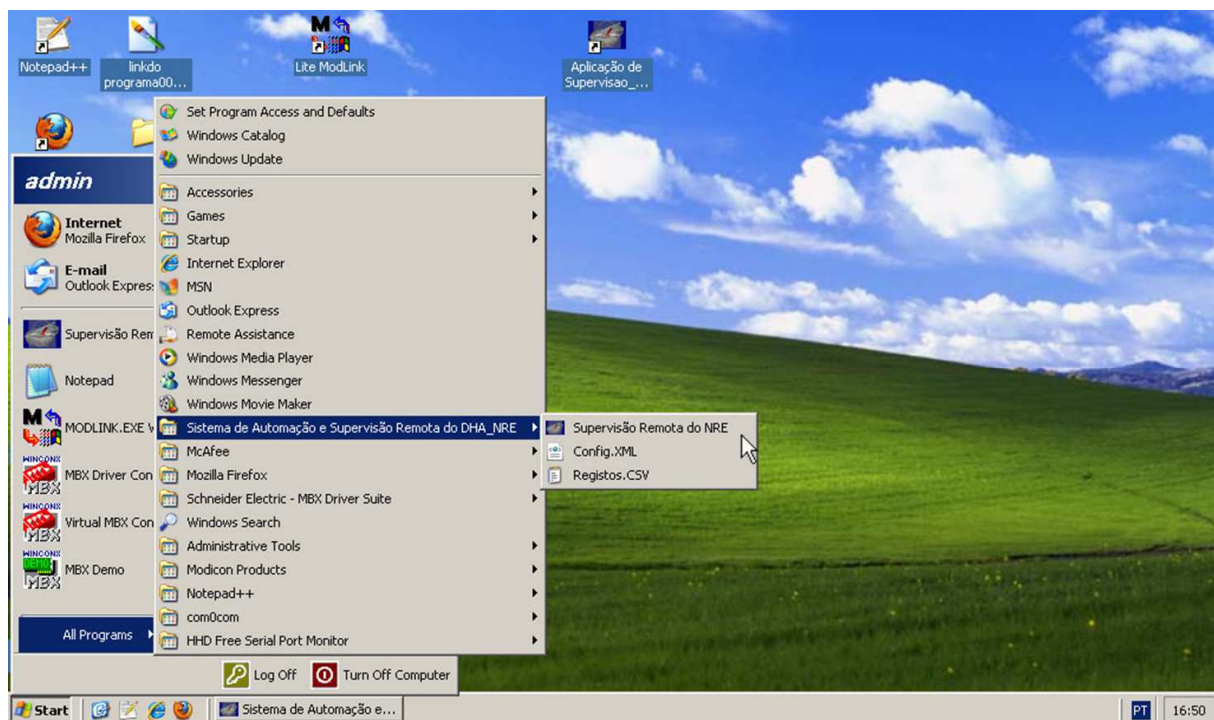


Fig. 8 Acesso aos recursos de supervisão remota e aquisição de dados.

5 ARQUITETURA DO PROGRAMA

Conforme mencionado anteriormente, o programa de supervisão e aquisição de dados foi desenvolvido em linguagem de programação Visual Basic (VB6). Esta linguagem é baseada em objetos e orientada a eventos estando vocacionada para o desenvolvimento de aplicações do tipo “janelas” em ambiente *Microsoft Windows*. No entanto, os recursos disponíveis em VB6 não disponibilizam os protocolos *ModBus* e *ModBus Plus*, obrigando a recorrer a outro tipo de protocolo ou a implementar de raiz os referidos protocolos em linguagem VB6. A última abordagem, para além de ser morosa não se adapta às características da linguagem VB6 que, por ser uma linguagem de programação de alto nível com limitações para controlo de ocorrências em tempo real, resultaria numa gestão da comunicação mais vulnerável, pouco eficiente e com excessivo *overhead*.

Para ultrapassar esta limitação e aproveitando os recursos existentes, foi utilizado um software dedicado, denominado por *Modlink* [10]. Este software implementa, entre outros, os protocolos *ModBus RTU* e *ModBus Plus*, e disponibiliza uma interface lógica de comunicação por *Dynamic Data Exchange* (DDE) [11], sendo este último um protocolo de comunicação lógico nativo em VB6.

À semelhança das tecnologias de software OPC, descritas no Capítulo 3 o *Modlink* funciona como um servidor OPC, que implementa os protocolos dos equipamentos interligados nas redes RS-485 e *Modbus Plus* (válvulas, caudalímetros, variadores de velocidade, etc) e, dentro do ambiente Windows, disponibiliza o acesso a todos eles por um único protocolo lógico – DDE. Desta forma, o *Modlink* implementa a comunicação da camada física com os vários equipamentos distribuídos na nave do NRE, enquanto que a comunicação com o programa de supervisão e aquisição de dados é implementado na camada lógica (cf. ilustração na Fig. 9). O princípio de funcionamento do *Modlink* e o mecanismo de troca de mensagens com o programa de supervisão em protocolo DDE é mencionado com mais detalhe em [12].

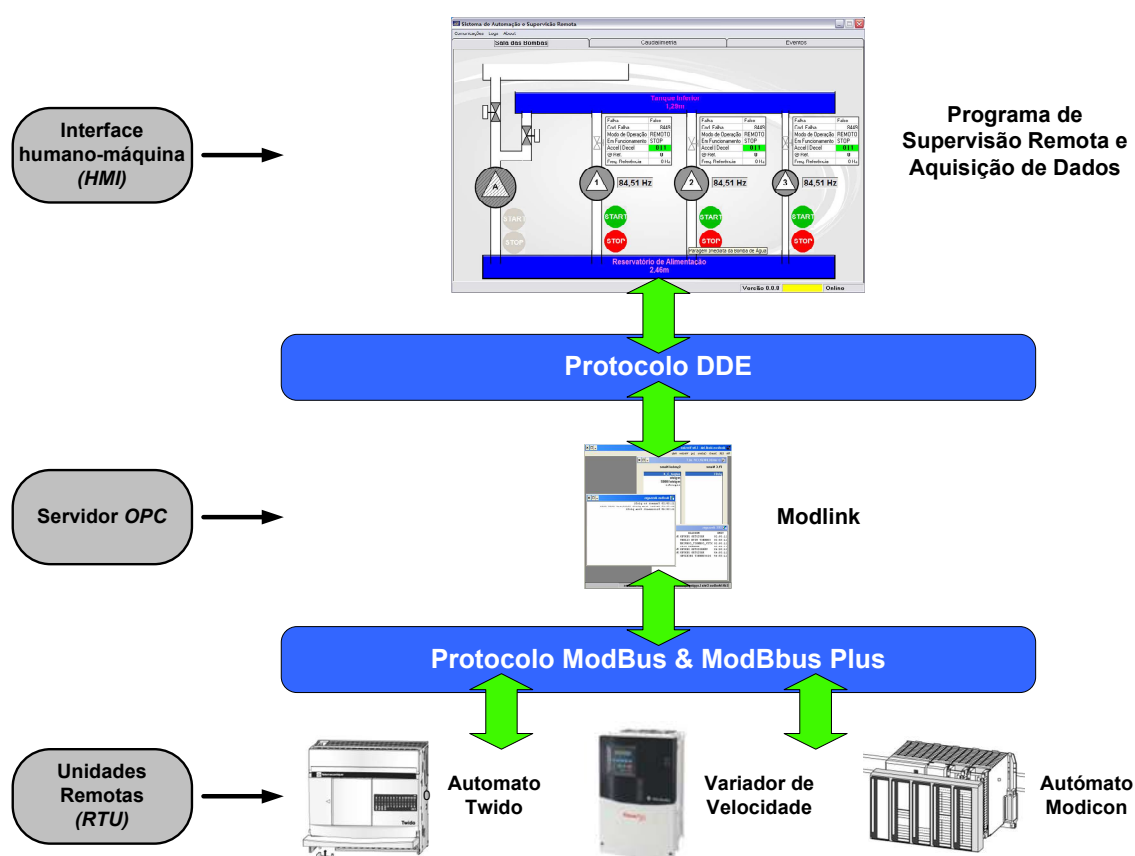


Fig. 9 Arquitetura de comunicação do programa de Supervisão e Aquisição de Dados

No programa de supervisão remota e aquisição de dados foi desenvolvida uma interface humano-máquina gráfica que representa, de uma forma sinóptica, todo o equipamento distribuído a supervisionar. Cada elemento da representação gráfica é atualizado dinamicamente de acordo com o estado atual do respetivo equipamento. A interface é também interativa, permitindo comandar diretamente o equipamento por simples clique do rato.

O princípio de funcionamento do programa de supervisão explora o paradigma de programação orientada ao evento em combinação com a troca de mensagens do protocolo DDE. De forma muito simplificada, o programa consiste numa troca de mensagens síncronas entre este e *Modlink*, por protocolo DDE, onde as alterações de conteúdos dos registos de DDE desencadeiam eventos.

Na fig. 10 é apresentado um esquema simplificado da lógica de funcionamento do programa. São definidos módulos para cada objeto que se pretende supervisionar (bombas de água, válvulas, caudalímetros, sensores de nível, etc.) que contêm as informações funcionais e descritivas de cada objeto (registos de comunicação, identificação da unidade remota, estado, etc). O acesso ao servidor DDE é parametrizado em tempo de execução do programa e permite estabelecer as comunicações com respetivas RTUs definindo: a rede de campo (por escolha do protocolo físico), a unidade remota ou RTU (por identificação do ID *slave*) e espaço de memória da RTU (por identificação do registo).

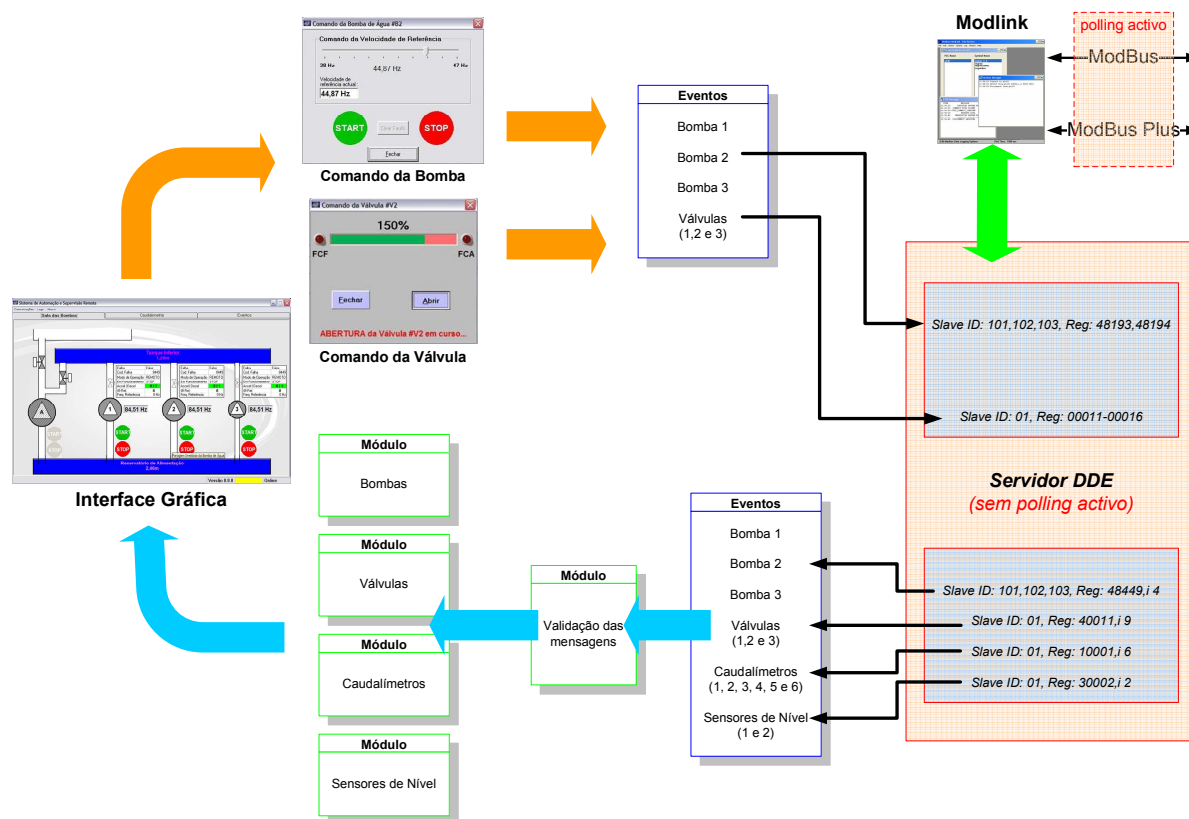


Fig. 10 Arquitetura de funcionamento do programa de Supervisão e Aquisição de Dados.

Após parametrizado o protocolo DDE é iniciada a comunicação com o *Modlink*, para atualização do conteúdo de todos os registos. Quando existe uma alteração de estado do equipamento são afetados os conteúdos dos registos que lhe estão associados, o que

desencadeia um evento no programa de supervisão. De forma análoga, quando é dada uma ordem de comando pelo programa de supervisão são desencadeados eventos que alteram o conteúdo dos registos, que se repercutem diretamente no estado de registos físicos do equipamento remoto.

A atualização dos elementos gráficos depende sempre do estado atual do equipamento, mesmo quando são efetuadas ordens de comando: quando é executado um comando remotamente, a interface gráfica apenas é atualizada se efetivamente a ordem se repercutir no equipamento a supervisionar. Por outras palavras, os ciclos de comando e monitorização são fechados sempre por retroação do próprio equipamento remoto.

A definição dos registos do processo supervisionado assume uma importância vital no funcionamento do programa de supervisão pelo que necessita de cuidados especiais para otimizar os recursos de comunicação (reduzindo o *overhead*), bem como para acautelar sobreposições de espaços de endereçamento da memória. No Anexo A são apresentadas as tabelas que definem os registos de cada equipamento e suas funções.

5.1 Estrutura dos ficheiros associados ao programa de supervisão

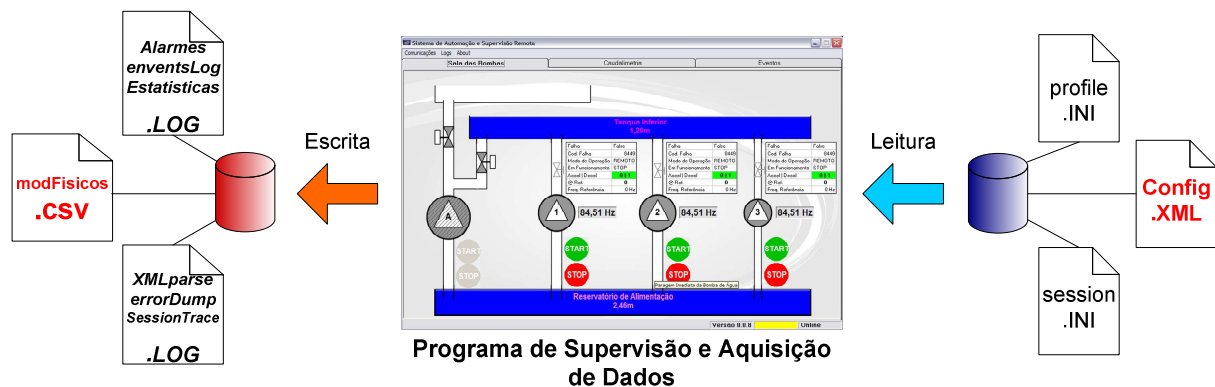


Fig. 11 Ficheiros associados ao programa.

O correto funcionamento do programa de supervisão e aquisição de dados depende de um conjunto de ficheiros externos de entrada que visam flexibilizar a configuração e gestão do programa. Na fig. 11 é ilustrado o conjunto de ficheiros de leitura e de escrita utilizados pelo programa de supervisão.

Existe um ficheiro principal de configuração do programa – **config.xml** – e dois ficheiros de inicialização de parâmetros **profile.ini** e **session.ini**. O **config.xml** foi desenvolvido em linguagem XML (*Extensible Markup Language*) e contém a informação

necessária para configurar o programa de supervisão em tempo de execução. Dada a sua importância, o seu conteúdo será dissecado mais adiante. Os ficheiros **profile.ini** e **session.ini** são ambos ficheiros de inicialização. O **profile.ini** contém o nome e localização em disco (*path*) do ficheiro de configuração, permitindo-se desta forma ter vários ficheiros de configuração disponíveis. Neste ficheiro, são ainda guardadas as chaves de 128 bits que validam o ficheiro de configuração. O **session.ini** armazena informação importante entre execuções do programa e implementa um mecanismo de memória permanente quando o programa é terminado.

Por ser um programa de aquisição de dados, são também produzidos diversos ficheiros de saída. É gerado um ficheiro **modFisicos.csv** em formato CSV (*Comma Separated Values*) que contém o registo dos níveis de água no tanque inferior, reservatório de água e caudal dos seis caudalímetros, organizados por data e hora da sua aquisição. Foi escolhido o formato CSV por ser interpretado pela maioria dos programas de folha de cálculo, e.g. *MS Excel*, facilitando desta forma o acesso e a manipulação dos dados adquiridos pelo programa de supervisão. Como o mecanismo de aquisição é automático, é criado um novo ficheiro **modFisicos.csv** sempre que é iniciado o programa. Os antigos ficheiros são automaticamente arquivados por data e hora, pelo próprio programa de supervisão. Dada a quantidade de informação envolvida na aquisição de dados automática, este mecanismo impede que o ficheiro **modFisicos.csv** atinja dimensões insustentáveis do ponto de vista de armazenamento da informação. O nome deste ficheiro pode ainda ser alterado diretamente no ficheiro de configuração, para uma maior personalização e flexibilização na aquisição automática dos dados.

Existem também ficheiros gerados pelo programa de supervisão que se destinam à elaboração de arquivos históricos perpétuos de funcionamento, quer do programa de supervisão quer do equipamento remoto. O ficheiro **enventsLog.log** regista a ocorrência de todos os eventos e permite efetuar um rastreio temporal do funcionamento de todo o programa. O ficheiro **Alarmes.log** regista a ocorrência de alarmes, de forma detalhada, e de ações tomadas pelo operador. O ficheiro **estatisticasLog.log** é gerado quando é terminado o programa e permite registar o número de horas em funcionamento e os contadores de categorias dos eventos.

Existem ainda três outros ficheiros gerados pelo programa destinados ao registo do próprio sistema. Estes ficheiros são normalmente úteis para despiste de erros ou exceções gerados pelo programa de supervisão. O ficheiro **XMLparse.log** regista as variáveis que são parametrizadas do ficheiro de configuração (*config.xml*) em tempo de execução. O ficheiro

errorDump.log regista em exclusivo as ocorrências de erros e exceções do programa de supervisão. Finalmente, o ficheiro **SessionTraceLog.log** regista as ocorrências de violação do conteúdo do ficheiro de configuração – o *config.xml* – que, por ser um ficheiro sensível ao funcionamento do programa de supervisão, permite rastrear no tempo a consistência de informação do mesmo.

5.2 Ficheiro de configuração do programa (*config.xml*)

Como referido anteriormente, o ficheiro de configuração **config.xml** permite configurar, de forma dinâmica e em tempo de execução, o programa de supervisão. Pela importância fundamental que assume no programa de supervisão remota e aquisição de dados, merece aqui uma explanação detalhada dos seus aspetos particulares.

O ficheiro de configuração concentra uma vasta série de parâmetros essenciais ao correto funcionamento do programa de supervisão e aquisição de dados. A vantagem desta abordagem é a de, por um lado, exteriorizar variáveis internas ao programa e, por outro, flexibilizar a alteração de conteúdos funcionais. A primeira abordagem evita que se tenha que recompilar e reinstalar o programa de supervisão sempre que se pretende alterar as variáveis internas do programa, e.g. parâmetros da comunicação digital, caso se alterem aspetos relacionados com hardware ou comportamentos gráficos da interface, entre outros. A última abordagem permite que, mesmo em tempo de execução do programa de supervisão, seja possível alterar aspetos funcionais importantes, e.g. definição do mecanismo de alarmes, nomes dos ficheiros para aquisição de dados e registos perpétuos, entre outros.

Como foi comentado anteriormente, o ficheiro de configuração foi desenvolvido em linguagem XML. Esta linguagem permite apresentar o conteúdo de forma hierarquicamente estruturada e interpretado simultaneamente pelo homem e pela máquina (*human and machine readable*). O resultado é um ficheiro de configuração facilmente interpretável.

No Anexo B é apresentado uma tabela com o conteúdo do ficheiro de configuração, detalhando todos os seus parâmetros e suas funcionalidades.

Como o conteúdo do ficheiro *config.xml* é sensível, pois interfere com a segurança de funcionamento do equipamento adstrito ao programa de supervisão, foi implementado um mecanismo de segurança que salvaguarda dois aspetos: impede que o ficheiro seja corrompido por fatores externos ao programa e, em simultâneo, limita o acesso não

autorizado ao conteúdo do ficheiro de configuração. Para esse efeito foi implementado um mecanismo de proteção, que pode ser acionado no arranque do programa de supervisão, comparando a validade das chaves de validação.

As chaves de validação são implementadas pelo algoritmo MD5 (*Message-Digest algorithm 5*) [13] que, processando o conteúdo do ficheiro, devolve uma assinatura única (*Hash Code*). A assinatura ou chave do ficheiro é representada por um código de 128bits unidirecional e permite verificar a integridade do conteúdo do ficheiro, independentemente do nome do mesmo. É ainda executada uma segunda chave (*Sub Key*), que é uma implementação personalizada da primeira chave, como forma de validação não-normalizada do ficheiro de configuração.

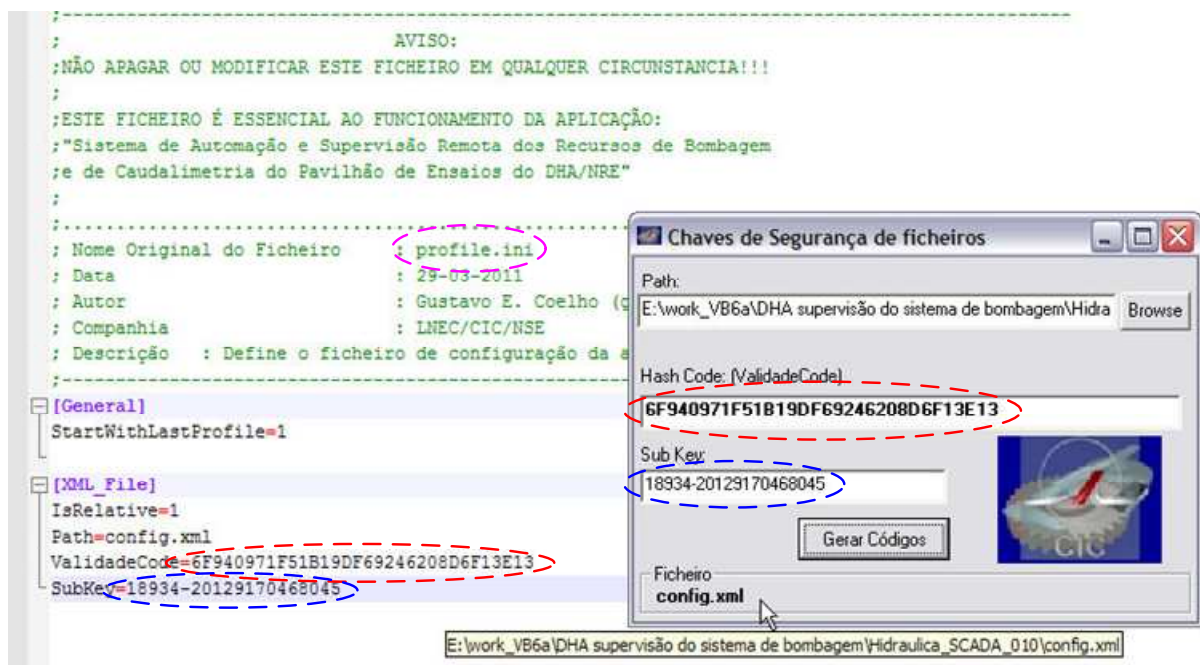


Fig. 12 Chaves de segurança do ficheiro de configuração *config.xml* e o ficheiro de inicialização *profile.ini* do programa de supervisão remota.

Para se obterem as chaves que validam o ficheiro de configuração, foi criada uma aplicação (*ValidaFicheiroMD5.exe*) que pode ser distribuída⁷ juntamente com o programa de supervisão remota e aquisição de dados. Conforme exemplificado na fig. 12, a aplicação permite obter as duas chaves necessárias por simples carregamento do ficheiro na

⁷ Como a aplicação *ValidaFicheiroMD5.exe* determina a validação do ficheiro de configuração, a mesma deve ser de acesso restrito para limitar o acesso à modificação do conteúdo do *config.xml*.

aplicação. As duas chaves que a aplicação *ValidaFicheiroMD5.exe* disponibiliza, devem corresponder às chaves que estão no ficheiro de inicialização *profile.ini*.

No caso de não existir correspondência entre as chaves, as mesmas devem ser copiadas para o ficheiro de inicialização (*profile.ini*) do programa de supervisão remota.

No momento em que o programa de supervisão remota é inicializado são produzidas as duas chaves de validação do conteúdo do ficheiro de configuração. Essas chaves são posteriormente comparadas com as correspondentes chaves existentes no ficheiro de inicialização *profile.ini*.

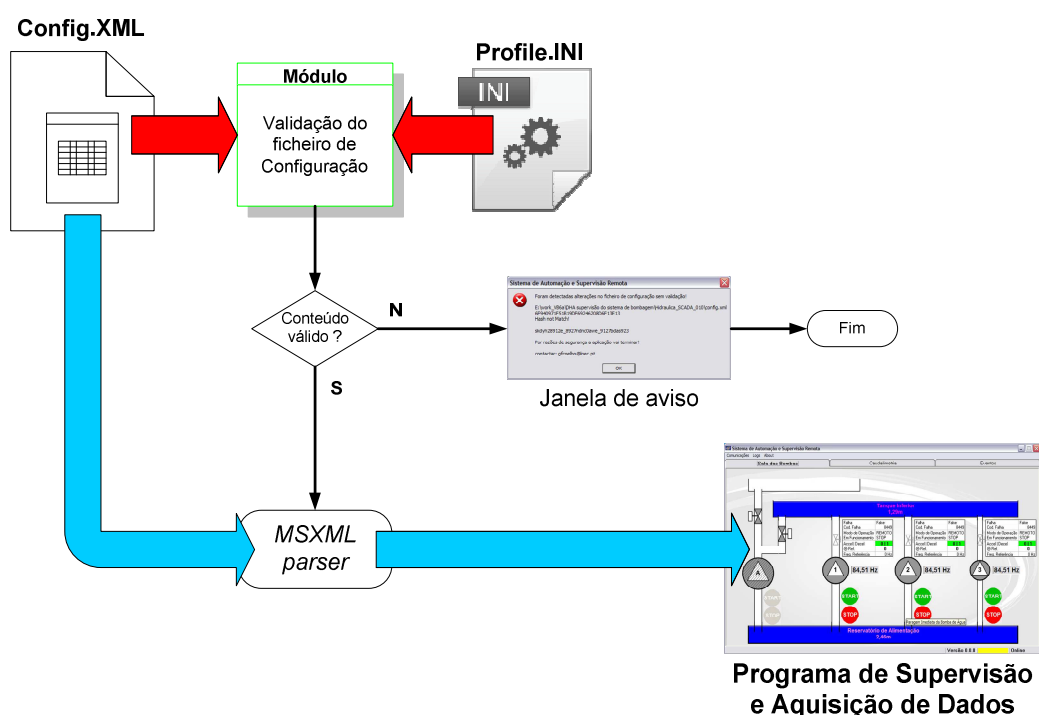


Fig. 13 Mecanismo de validação do ficheiro de configuração *config.xml*.

No caso de não existir correspondência, a aplicação exibe uma janela de aviso (c.f. a fig. 13) e não inicializa o programa de supervisão remota, sendo necessário obter novas chaves de validação do ficheiro de configuração. Caso o ficheiro de configuração seja validado, o programa de supervisão processa o conteúdo do *config.xml* com um *MSXML parser*. As variáveis internas do programa de supervisão são então atualizadas de acordo com o conteúdo do ficheiro de configuração.

5.3 Inicialização das comunicações com o Modlink

Como o *Modlink* é aplicação autónoma mas de importância vital, foi necessário implementar um módulo no programa de supervisão dedicado à manipulação do lançamento da aplicação *Modlink*. Por ser uma aplicação licenciada, é obrigatoriamente instalada de forma independente. Por outro lado, o ficheiro de configuração *config.xml* contém todas as informações necessárias de forma a se poder executar o *Modlink* automaticamente quando é iniciado o programa de supervisão. Desta maneira, garantem-se as condições necessárias de software para comunicar em redes de campo *Modbus* e *Modbus Plus*.

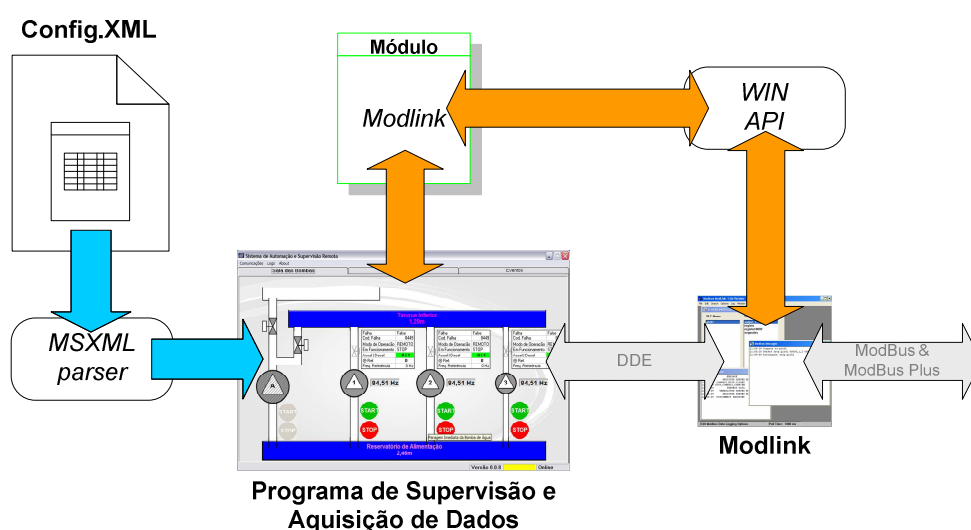


Fig. 14 Método usado para lançar o *Modlink* de forma automática.

A fig. 14 ilustra a abordagem para executar o *Modlink* automaticamente: o módulo responsável para gestão do *Modlink* é parametrizado pelo ficheiro *config.xml*. O mesmo módulo de gestão do *Modlink* contém rotinas que, recorrendo à interface de programação do *Windows* (*WinAPI*) [14], permitem lançar o *Modlink* num processo virtual independente, sem partilhar a memória com outros eventuais processos. Este método permite minimizar o impacto da instabilidade da máquina virtual nas comunicações *Modbus* e *Modbus Plus*.

6 INTEGRAÇÃO DAS COMUNICAÇÕES E ASPETOS PARTICULARES

O *Modlink* assume uma importância fundamental nas comunicações entre o programa de supervisão e os recursos a ele ligados, pelo que é indispensável garantir a operacionalidade permanente deste software. Nesse sentido foram tomadas todas as

medidas necessárias para minimizar o impacto das limitações do *Modlink* nas comunicações do programa de supervisão remota e aquisição de dados com os periféricos ligados a este.

A aplicação *Modlink* foi originalmente desenvolvida para o sistema operativo MS-DOS em plataformas de 16 bits. Como a atual plataforma e sistema operativo *Windows XP* – onde foi instalado o programa de supervisão remota e aquisição de dados – é de 32 bits, restringe-se o funcionamento do *Modlink* ao ambiente virtual do *Windows XP*. Esta circunstância dificulta o acesso ao funcionamento de aplicação e sua manipulação, bem como o tratamento de eventuais ocorrências de exceção que o *Modlink* possa despoletar. Mais ainda, o funcionamento do *Modlink* vai depender diretamente da estabilidade da máquina virtual do próprio sistema operativo: caso a máquina virtual seja suspensa ou terminada, todos os processos que dependem dela também são suspensos ou terminados. Por outro lado, o funcionamento da máquina virtual no sistema operativo XP agrupa por defeito, no mesmo executável (*ntvdm.exe*), o funcionamento de todos os processos virtuais, o que potencia e propaga os efeitos da eventual instabilidade da máquina virtual.

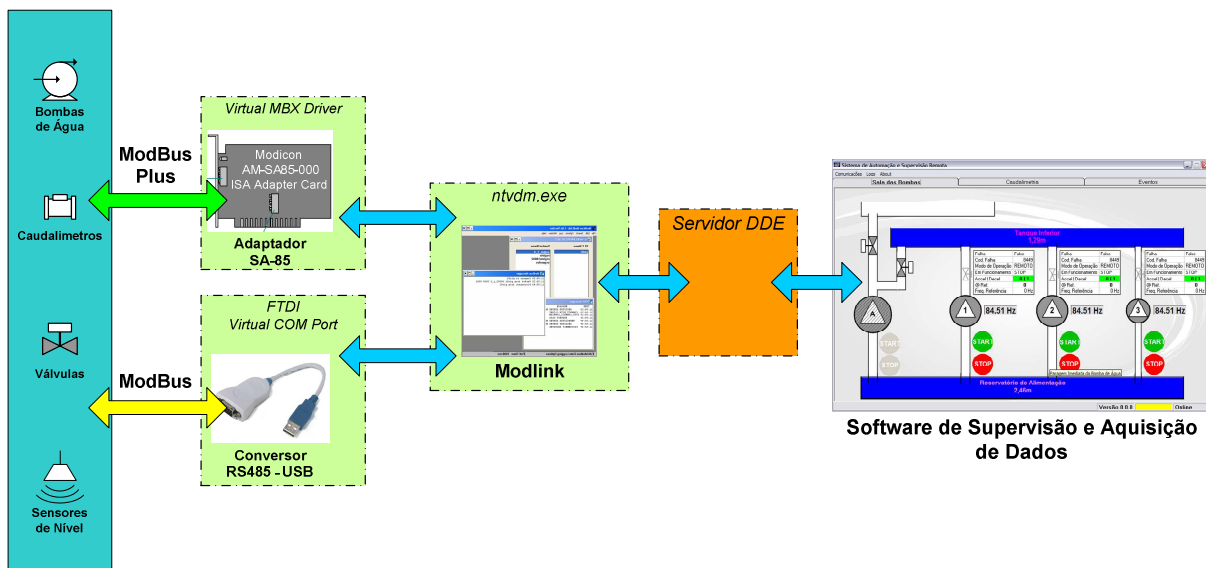


Fig. 15 Integração das comunicações no programa de supervisão e aquisição de dados.

A especificidade da ligação física à rede Modbus plus obrigou a instalar no PC um adaptador (placa de hardware) Modicon SA-85, bem como um programa de comando (device driver) adequado – o software Virtual MBX driver [15].

Por outro lado, o PC também não possui interface RS-485, pelo que se recorreu a uma interface USB existente e a um conversor USB – RS-485 (dispositivo externo),

conjuntamente com o software Virtual COM port [16], que implementa o acesso à porta USB do conversor como uma porta série comum.

O programa de supervisão remota e aquisição de dados é distribuído com um instalador pronto a usar em OS XP. No entanto, as aplicações *Virtual MBX driver* e *Virtual COM port* são aplicações independentes, pelo que requerem uma instalação separada. Dada a importância que as comunicações assumem neste programa, a instalação deve acautelar uma série de aspetos de compatibilidade entre o software e o hardware. Nesse sentido a instalação e manutenção do programa de supervisão remota e aquisição de dados merece um acompanhamento especializado.

6.1 Instalação e configuração do adaptador ModBus Plus SA-85

O adaptador *Modicon SA-85* foi originalmente concebido para funcionar em sistemas operativos MS-DOS de 16 bits [4][17][18]. Dado que o programa de supervisão foi desenhado para correr em sistemas operativos XP de 32 bits, foi necessário recorrer a software específico para se poder usar este adaptador. Para esse efeito foi instalado o software *Virtual MBX Driver* que permite emular os *device drivers* nativos em 16bits, específicos do adaptador *Modicon SA-85*, na atual plataforma de 32 bits.

Dada a inexistência de documentação atualizada para instalação do adaptador *Modicon SA-85* em OS XP, requerem-se cuidados adicionais para o funcionamento íntegro das comunicações em protocolo *ModBus Plus*.

Antes de instalar o adaptador SA-85 (ver fig. 16) numa *slot* ISA livre do computador, é necessário verificar as configurações relacionadas com o endereço na rede ModBus Plus, o espaço de endereçamento de acesso à memória, o modo de interrupção por IRQ e o endereço do vetor de interrupções.

O endereçamento dos nós na rede *ModBus Plus* é determinado por um *dip switch* específico em cada equipamento. O endereço de rede define o nó em que este adaptador vai comunicar e deve estar de acordo com a tipologia de rede ModBus Plus projetada.

O adaptador SA-85 usa um espaço de memória do computador para poder comunicar com as aplicações. Esse espaço de memória é endereçado pelo *dip switch* específico e deve ser único para acautelar as sobreposições com os espaços de memória já definidos no computador de eventuais periféricos instalados.

Os controladores do adaptador SA-85 podem funcionar em dois modos, por *polling* ativo ou por interrupção. O modo de funcionamento por interrupção é mais eficiente mas aumenta significativamente o *overhead* do CPU. No entanto, para ritmos de comunicação moderados, com intervalos de solicitação (*polling*) até 20ms, torna-se mais eficiente a utilização no modo de funcionamento por *polling* ativo. O modo de funcionamento é determinado pela posição do *jumper* de IRQ (*interrupt request*), na placa SA-85, que permite escolher entre o IRQ 2 a 7 para o modo por interrupção ou na posição “A” para o modo por *polling* ativo. Em modo de funcionamento por interrupção é importante salvaguardar os IRQ que já estejam ocupados por outros controladores, para evitar conflitos de hardware.

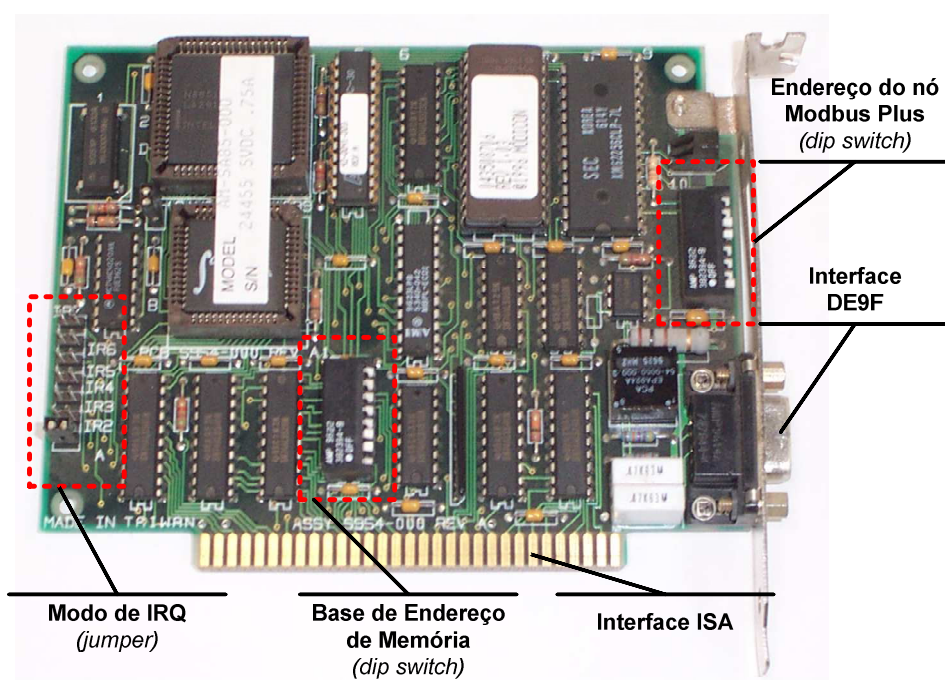


Fig. 16 Adaptador de *ModBus Plus* para PC, *Modicon SA-85-000*.

Na fig. 16 é ilustrado o adaptador *Modicon SA-85* e a localização dos *dip switches* e do *jumper* necessários para a correta instalação e funcionamento deste adaptador de *ModBus Plus*, comentados anteriormente.

Após a instalação do adaptador SA-85 é necessário configurar o software *Virtual MBX Driver*, de acordo com os parâmetros anteriormente mencionados, para o seu correto funcionamento. Como este adaptador não é visível na lista de hardware instalado do XP (*device manager*) apenas se pode verificar se existem ou não conflitos de hardware pelos eventos de exceção ou erro gerados no software *Virtual MBX Driver*, listados no eventos do sistema operativo.

As comunicações em *ModBus Plus* são diagnosticadas e testadas com os aplicativos específicos ao *MBX Driver* ou com inspeção visual do funcionamento do *led* de estado do próprio adaptador *Modicon SA-85* cujos padrões estão tipificados em [18].

Finalmente, e para identificar o adaptador *Modicon SA-85* no software de comunicação *Modlink*, é necessário introduzir no seu ficheiro de inicialização (*modicon.ini*) um porto de comunicação em *ModBus Plus* e o endereço do vetor de interrupções correspondente. Este endereço é definido pelo *Virtual MBX Driver* que emula os *device drivers* de MS-DOS em XP.

7 FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

O programa de supervisão remota e aquisição de dados reúne uma série de interfaces gráficas para monitorização e acesso aos meios de comando dos diversos equipamentos afetos ao sistema. Existem três interfaces principais que são sobrepostas e organizadas de forma tabular. As interfaces estão acessíveis por clique na etiqueta (ou *tab*) correspondente, conforme é ilustrado na fig. 17

Existem ainda duas interfaces secundárias que são instanciadas em tempo de execução do programa pelas interfaces principais correspondentes. Essas interfaces secundárias destinam-se ao comando individual das bombas de água e das válvulas motorizadas.

As diferentes interfaces são identificadas pela sua etiqueta no topo da interface gráfica com nomes e funções distintas, que sumariamente se descrevem:

- Sala das Bombas: Monitorização dos níveis de água em todos os reservatórios; monitorização do funcionamento das bombas de água; acesso à interface gráfica para comando individual de cada bomba de água; comando de paragem imediata (*STOP*) de cada bomba.
- Caudalimetria: monitorização dos caudais nas condutas de distribuição de água pelos modelos em ensaio; monitorização das válvulas motorizadas nas mesmas condutas de distribuição; acesso à interface gráfica para comando individual de cada válvula motorizada.

- **Eventos:** monitorização e registo histórico de todos os eventos do sistema de supervisão e aquisição de dados; gestão do mecanismo de aquisição automática de dados para o ficheiro **modFisicos.csv**.

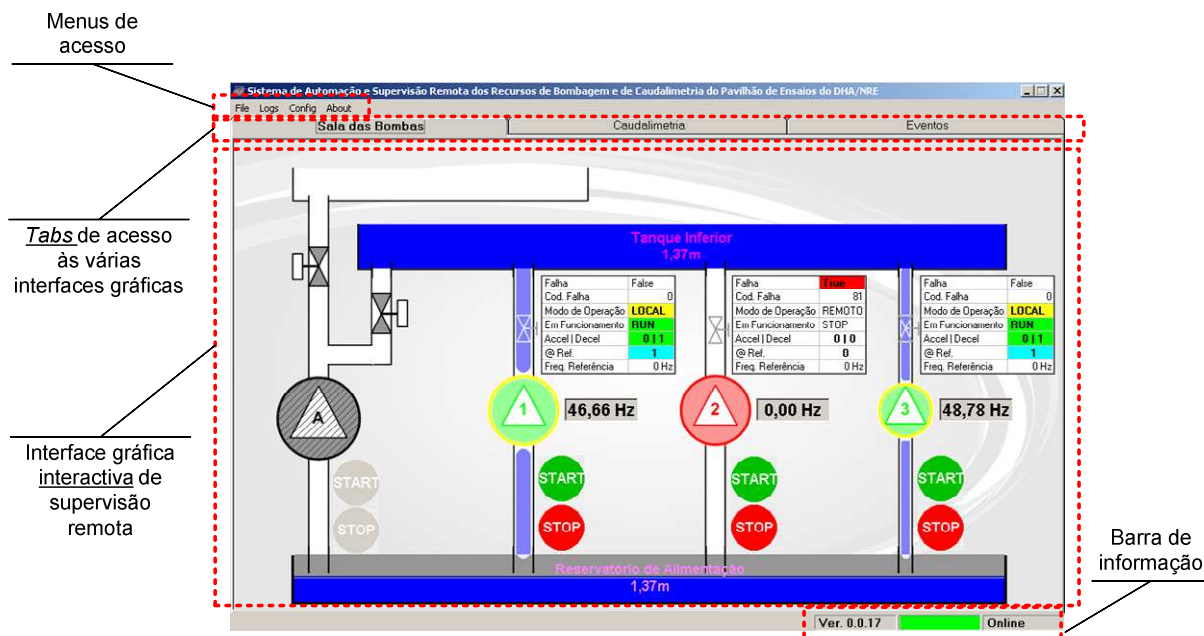


Fig. 17 Aspeto geral do programa de supervisão remota e aquisição de dados.

O programa possui ainda um menu de acesso com as seguintes funções (c.f. fig. 17):

- O menu “File” permite fechar o programa e ligar/desligar as comunicações com o *Modlink*.
- O menu “Logs” permite configurar (*Edit*) o mecanismo de aquisição automática de dados para o ficheiro **modFisicos.csv**, bem como o comando de iniciar/finalizar (*Start/Stop*) a aquisição e ainda um comando de aquisição imediata (*Now*).
- O menu “Config” atualiza os parâmetros do programa de supervisão de acordo com o ficheiro **config.xml**.
- O menu “About” abre a janela de arranque do programa.




A barra de informação, no canto inferior direito (c.f. fig. 17), apresenta a versão do programa de supervisão e uma barra que muda de cor consoante o estado de ligação ao *Modlink* (Vermelho – Offline; Azul – em Ligação; Verde/Amarelo - Online).




7.1 Sala das Bombas

Na fig. 17 foi apresentado o aspeto geral da interface de supervisão remota mostrando a interface de supervisão da “Sala das Bombas”. Nesta interface existem dois tanques (inferior e superior) e um reservatório de alimentação, cada elemento possui uma animação do nível de água com o respetivo valor numérico. As bombas de água são numeradas de acordo com a atual nomenclatura dos variadores mais recentemente instalados na sala de bombas. A bomba denominada “A” corresponde à bomba de água do sistema para controlo automático de níveis de água [6].

Cada bomba de água possui um comando de *Start* e de *Stop*, e uma tabela informativa do seu lado esquerdo que resume em tempo real o seu estado atual. A cor do símbolo de cada bomba correspondem a um estado específico, que é atualizado também em tempo real, conforme se resume na tabela 1. Existe também uma caixa de texto associada à respetiva bomba, com a informação da atual frequência de funcionamento do motor em Hz.

Tabela 1 Estados possíveis das bombas de água

Bomba de água	Estado	Notas
	Desativada (Barras a cinza nas condutas de água)	Em caso de manutenção ou avaria, as bombas podem ser desativadas pelo ficheiro de configuração (<i>config.xml</i>): <BOMBA_1_OPERACIONAL>
	Comando em modo <u>Local</u> (Anel exterior a amarelo) Estado parado (STOP) (cor dominante da bomba a cinza)	O modo Local/Remoto no programa de supervisão é ditado pela posição do seletor Local/Remoto instalado em cada variador na sala de bombas.
	Comando em modo <u>Remoto</u> (Anel exterior desativado) Estado parado (STOP) (cor dominante da bomba a cinza)	

Bomba de água	Estado	Notas
	Comando em modo <u>Remoto</u> (Anel exterior desativado) Em funcionamento (RUN) (cor dominante da bomba a verde)	As barras a azul sinalizam sinopticamente a passagem de água nas condutas
	Comando em modo <u>Local</u> (Anel exterior a amarelo) Em funcionamento (RUN) (cor dominante da bomba a verde)	
	Comando em modo <u>Remoto</u> (Anel exterior desativado) Ocorrência de FALHA (cor dominante da bomba a vermelho)	O respetivo código de falha é apresentado na <i>tabela informativa</i> associada à bomba, que é apresentada na interface gráfica As barras a azul sinalizam sinopticamente a passagem de água nas condutas, que permitem informar que ocorreu uma falha da bomba mas esta continua em funcionamento

O acesso ao comando de cada bomba é executado por clique no comando *Start* que aciona a interface responsável para o efeito. Na fig. 18 é ilustrado um exemplo da interface de comando, que é realizada numa janela – bloqueante mas de posicionamento livre – com o título que identifica a bomba centrífuga que se pretende comandar. A janela de comando permite lançar a bomba em funcionamento na velocidade mínima (*Start*) e sua paragem (*Stop*). Existe também um comando de barra deslizante que permite variar a velocidade (em Hz) do motor com limites definidos pelo ficheiro de configuração (*config.xml*) e que estão de acordo com os valores programados nos respetivos variadores de velocidade. A mesma interface implementa também um comando de limpeza de falhas (*clear faults*), apenas disponível depois de acionado o comando de *Stop*, e permite desativar as falhas não persistentes em memória no variador de velocidade adstrito à respetiva bomba.

A janela de comando pode ser fechada pelo botão de comando “Fechar” ou “X”, resumindo-se o programa de supervisão remota. Embora esta janela seja bloqueante, para

reter a atenção do operador no comando da respetiva bomba de água, o programa de supervisão não é interrompido garantindo-se uma contínua monitorização do sistema.

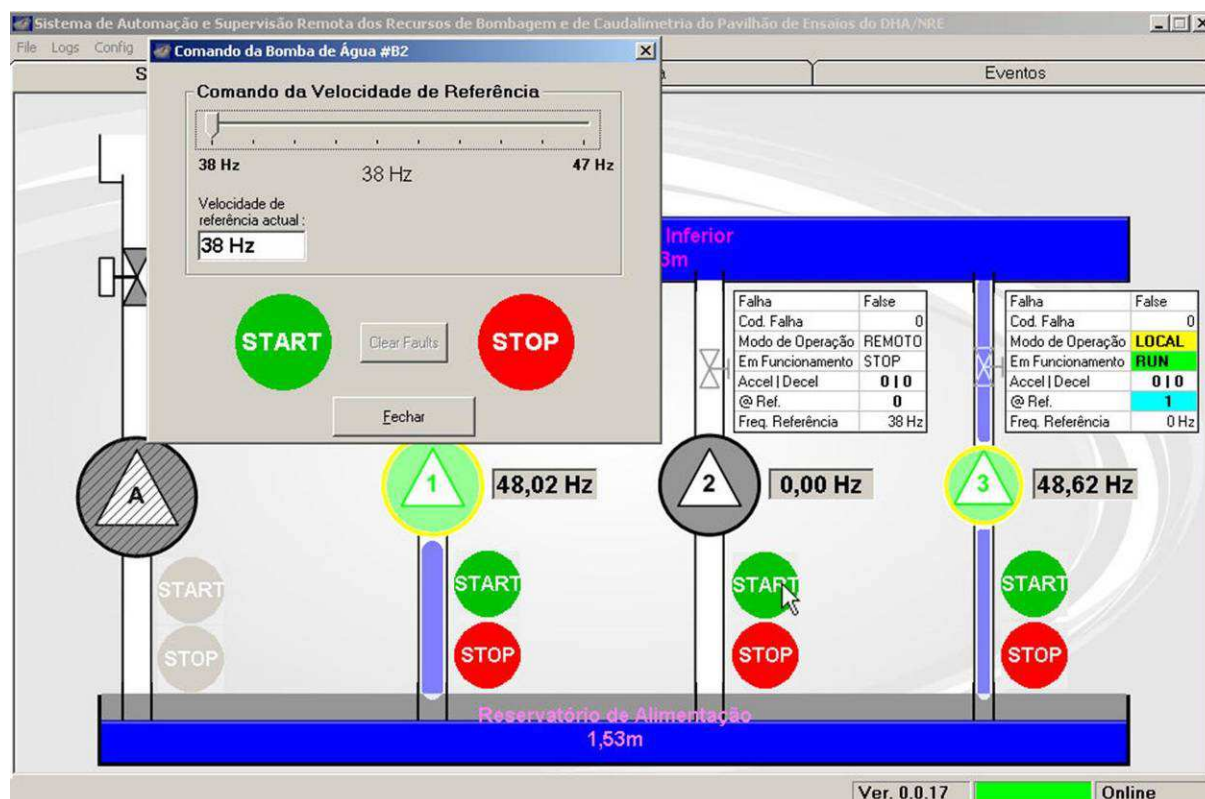


Fig. 18 Exemplo de operação de comando remoto das bombas.

7.2 Caudalimetria

Na fig. 19 é apresentado o funcionamento da interface de supervisão respetivo à “Caudalimetria”. Tal como o nome indica, e foi sumarizado anteriormente, esta interface permite o acesso à monitorização de caudal atual e ao comando e monitorização das válvulas motorizadas. No ecrã de “caudalimetria” é apresentado também o nível do tanque inferior, uma vez que é o tanque principal ao qual estão diretamente ligadas as condutas que possuem os referidos caudalímetros e válvulas. Deste modo, enquanto se supervisiona o sistema de caudalimetria, é possível ter acesso ao nível do tanque inferior sem ter de mudar para a interface gráfica de supervisão da “sala de bombas”.

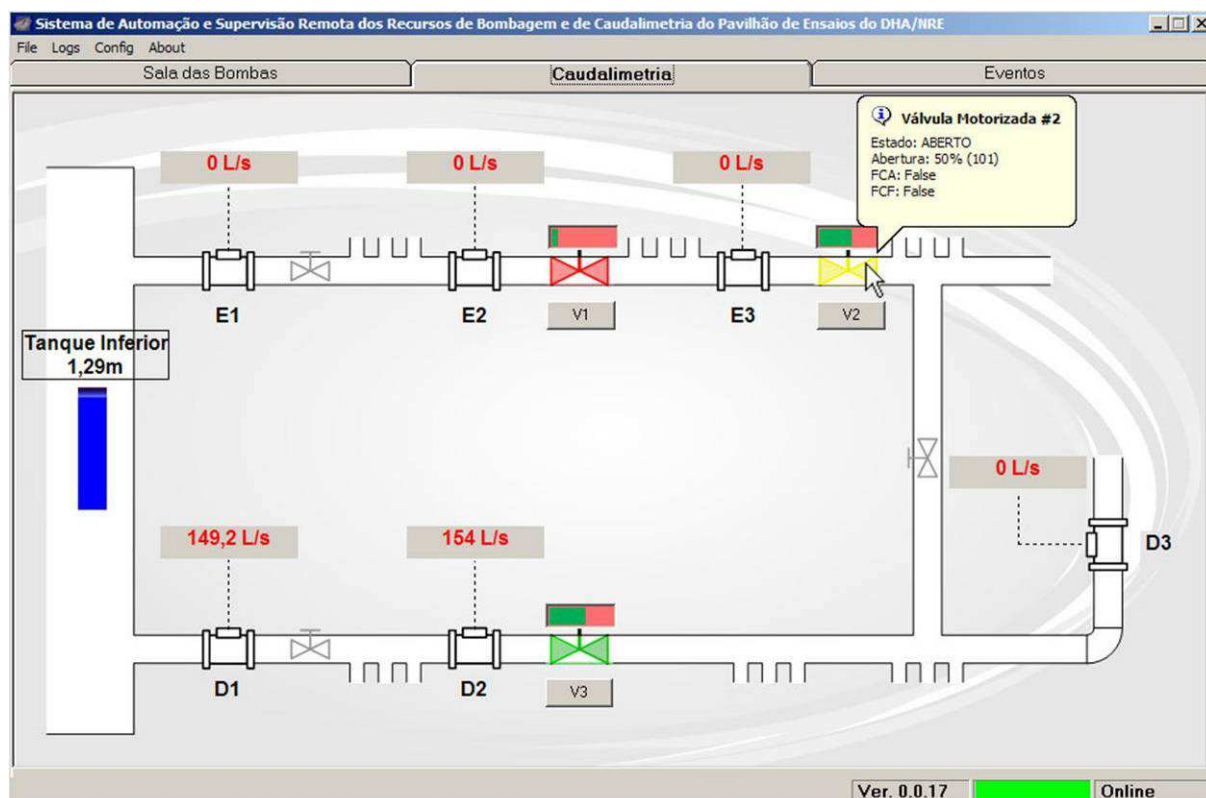
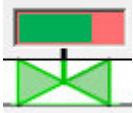

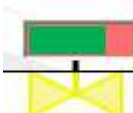
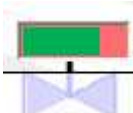


Fig. 19 Interface de monitorização e comando das válvulas e caudalímetros.

O caudal é apresentado numericamente no topo de cada caudalímetro com as respetivas unidades L/s. A representação das unidades e dos números de algarismos significativos são definidos no ficheiro de configuração (*config.xml*).

As válvulas são representadas pelo símbolo hidráulico correspondente. O símbolo é uma superfície interativa que veicula informação por alteração da sua cor (ver tabela 2) e pela apresentação de uma janela de diálogo que aparece quando o operador passa o cursor sobre o símbolo da válvula. A título de exemplo, é ilustrado na fig. 19 a janela de diálogo que apresenta os estados atuais da válvula nº 2.

Tabela 2 Estados possíveis da válvula.

Válvula	Estado	Notas
	Aberta	
	Fechada	O estado “fechado” é definido por um valor de limiar da abertura máxima, configurável no ficheiro <i>config.xml</i>
	Sinaliza a válvula em <u>comando</u> ou em <u>monitorização</u> detalhada	Quando a respetiva janela de <u>comando</u> é ativada a válvula muda de cor alternadamente entre o amarelo e a cor correspondente ao estado atual de abertura (verde ou vermelho)
	Sinaliza a válvula a receber ordens de <u>comando</u>	Quando é acionado um comando de “Abrir” ou “Fechar” a válvula muda de cor alternadamente entre o azul e a cor correspondente ao estado atual de abertura (verde ou vermelho)

O acesso à interface de comando da válvula é iniciado por clique sobre o respetivo símbolo ou sobre o botão de comando correspondente. Como é ilustrado na fig. 20, a interface é realizada por uma janela – bloqueante mas de posicionamento livre – com o título da válvula a comandar. Esta interface permite acionar os comandos “Abrir” ou “Fechar” enquanto os respetivos botões de comando estiverem premidos, reproduzindo-se a mímica de comando manual aplicado no painel de instrumentação das válvulas.

A interface de comando da válvula apresenta ainda uma barra de progresso que traduz a informação de abertura da válvula (à semelhança da interface de “caudalimetria” principal) mas com mais detalhe, nomeadamente a informação numérica da abertura relativa. Nos extremos desta barra de abertura da válvula são visualizados os estados de “fim de curso fechado” (FCF) e “fim de curso aberto” (FCA) por simulação de LED’s intermitentes que são acionados na sinalização dos respetivos estados.

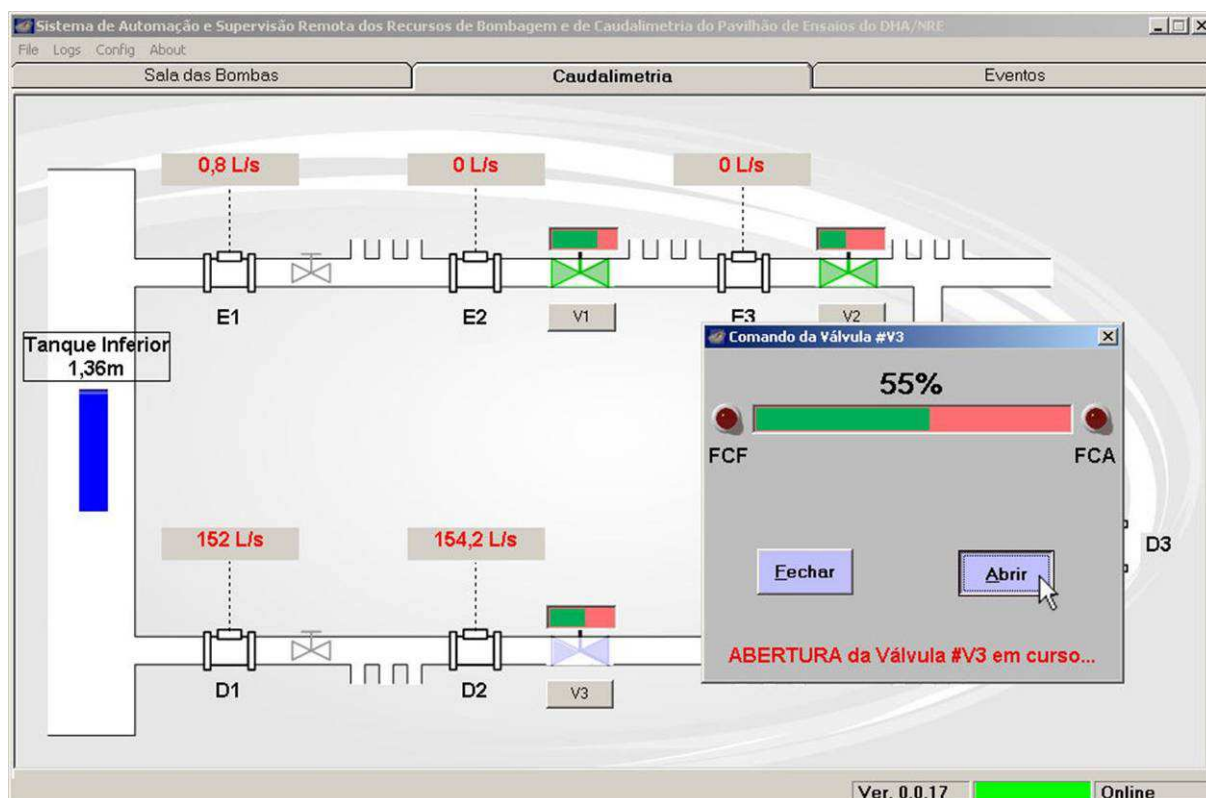


Fig. 20 Exemplo de operação de comando remoto das válvulas motorizadas.

A janela de comando pode ser fechada pelo botão de comando “X”, retomando-se ao programa de supervisão remota. Embora esta janela seja bloqueante, para circunscrever a atenção do operador no comando da respetiva válvula motorizada, o programa de supervisão não é interrompido, garantindo-se uma contínua monitorização do sistema, mesmo quando se está a comandar a válvula. Desta forma, e como é pratica comum nos ensaios realizados no NRE, o operador pode comandar a abertura ou fecho das válvulas de acordo com a observação do caudal atual numa ou várias condutas de abastecimento de água.

7.3 Eventos

Como já foi mencionado no Capítulo 5, foi criado um mecanismo de registo de todos os eventos do programa de supervisão remota com o objetivo de registar o histórico de todas as operações executadas, quer a nível da supervisão remota quer a nível da monitorização de comandos executados localmente no equipamento adstrito a este programa de supervisão. O histórico de eventos está organizado por datas de ocorrência e obedecem a um critério de classificação para melhor interpretação dos eventos:

- **Tipo** – Aviso (*Warning*): evento de natureza que não compromete o sistema mas necessita de observação; Erro (*Error*): evento de natureza que pode comprometer o sistema ou estabilidade do mesmo necessitando de intervenção imediata; Informação (*Information*): evento normal; Desconhecido (*Unknown*): evento não classificado.
- **Categoria** – Aplicação: ocorrência de origem no próprio programa de supervisão, normalmente destinado ao administrador do sistema; Comando: ocorrência de origem nos comandos lançados pelo próprio programa de supervisão; Supervisão: ocorrência de origem nos comandos lançados localmente no equipamento sem intervenção do programa de supervisão; Comunicação: ocorrência de origem nas comunicações entre o programa e o equipamento remoto; Desconhecido (*Unknown*): evento não classificado.
- **Evento** – Descrição sumária do evento.
- **Fonte** – Origem do evento ao nível da estrutura lógica do programa que identifica a função ou procedimento que originou o evento. Particularmente útil em caso de serem necessárias medidas corretivas.
- **Notas** – Campo extra de informação que pode ser usado para descrever com mais detalhe o evento ou para veicular medidas corretivas ao operador.

Os eventos são registados numa janela com uma tabela dividida em colunas de tamanho variável e cabeçalho interativo. A tabela é preenchida por ordem de chegada dos eventos, i.e. de acordo com a data e hora da sua ocorrência. O cabeçalho interativo permite organizar os eventos de acordo com os critérios definidos na classificação, podendo-se, a título de exemplo, agrupar todos os eventos da categoria “Error” ou “Categoria”. No topo desta janela é colocada a informação com o totalizador de eventos discriminando-se os totalizadores da categoria “Tipo” para uma avaliação imediata do estado operacional do programa de supervisão remota.

Ainda na interface gráfica “Eventos”, é disponibilizada uma gestão dos parâmetros da aquisição de dados automática no ficheiro *modFisicos.csv*. A moldura “Parâmetros do Log em CSV” pode ser acessível em qualquer umas das interfaces principais diretamente pelo menu “Logs” > “Edit”, conforme se ilustra na fig. 21, e permite modificar o período de aquisição automático, em segundos ou em minutos, consoante as necessidades de amostragem do operador para a aquisição automática de dados. No mesmo menu é

disponibilizado o comando de parar (Stop) ou iniciar a aquisição automática com o período de amostragem definido pelo operador (Start @ <período de amostragem>).

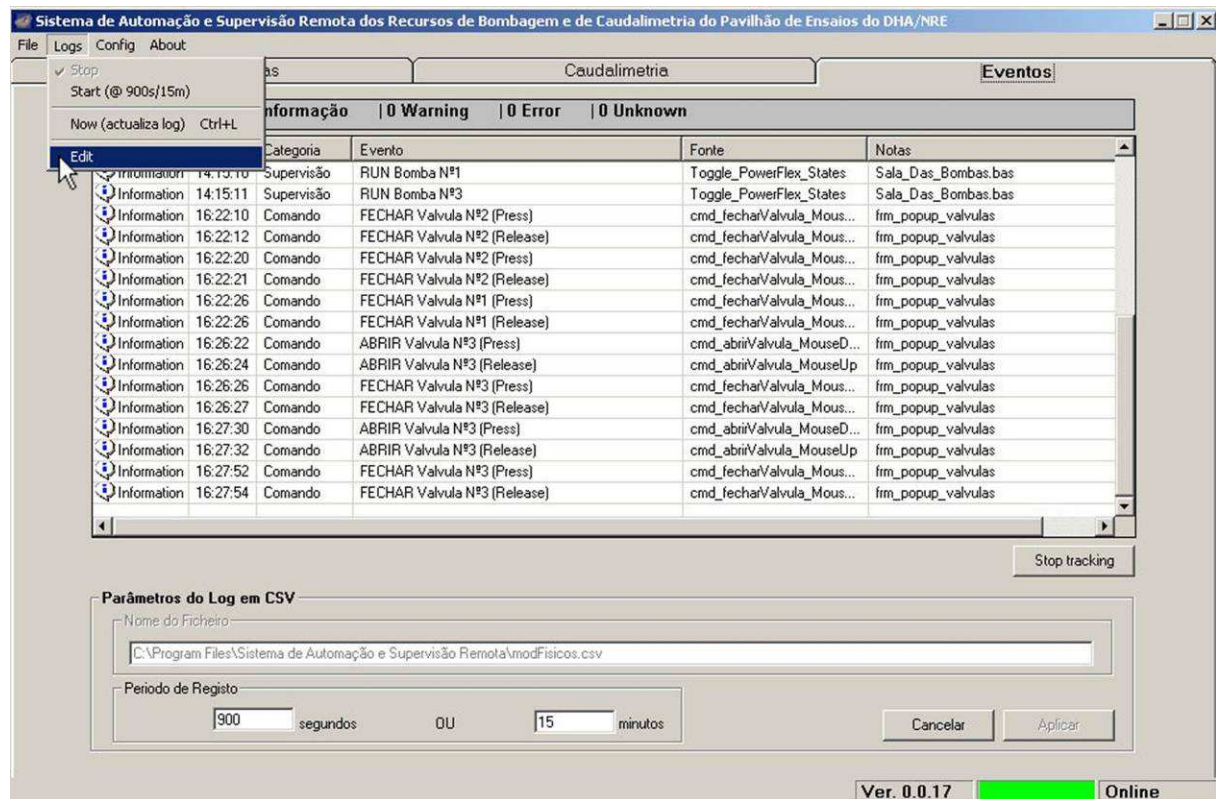


Fig. 21 Interface para monitorização dos eventos e configuração do mecanismo de aquisição de dados.

Na versão atual do programa de supervisão remota, o nome do ficheiro para aquisição automática de dados não é editável pela interface “Eventos”. No entanto, essa funcionalidade é oferecida pelo ficheiro de configuração **config.xml**, bem como a alteração do período de aquisição automática por defeito e a possibilidade de se iniciar essa aquisição logo que o programa de supervisão remota é lançado.

8 MECANISMO DE ALARMES

Para proporcionar uma forma de chamar a atenção do operador para ocorrência de anomalias, que ponham em risco a segurança do equipamento, foi implementado um mecanismo de alarmes gráficos e sonoros. Atualmente, o programa de supervisão implementa alarmes para as seguintes ocorrências:

- Nível mínimo de água no reservatório de alimentação (subterrâneo), para impedir a cavitação das bombas por pressão insuficiente de água na aspiração;
- Nível máximo de água no reservatório de alimentação (subterrâneo), para impedir o possível alagamento da sala de bombas;
- Nível máximo do tanque inferior de alimentação aos modelos físicos, para sinalizar bombagem de água excessiva;
- Nível mínimo do tanque inferior de alimentação aos modelos físicos, para sinalizar bombagem de água insuficiente;
- Bloqueio das válvulas motorizadas por possível *trip* térmico.

Não obstante, está previsto que o mecanismo possa evoluir para cobrir outras ocorrências, no sentido de salvaguardar os operadores e o equipamento.

Na fig. 22 é ilustrado a estrutura de alarme desenvolvido, que implementa duas formas de alerta gráfico, um alerta sonoro e um mecanismo de registo perpétuo em ficheiro.

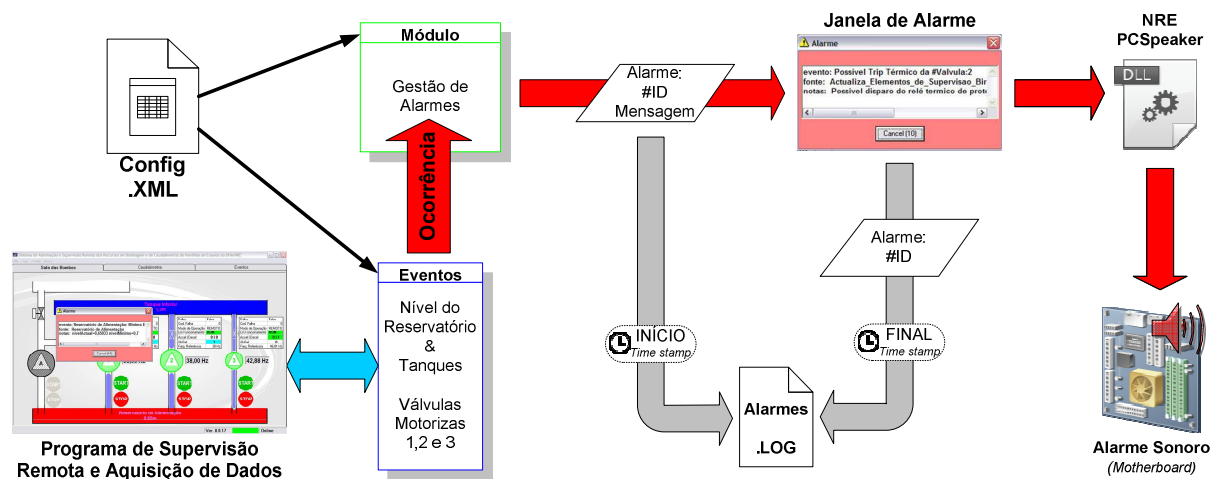


Fig. 22 Mecanismo de alarme implementado

Os alarmes são configuráveis, mesmo em tempo de execução, pelo ficheiro de configuração **config.xml**. Podem ser modificados quer os mecanismos de eventos que despoletam as ocorrências (limiar dos níveis mínimos e máximos dos tanques e reservatório) quer a forma como os alarmes são lançados (duração e frequências do alarme sonoro, inibição do sinal sonoro, etc.).

O alarme gráfico é realizado por uma animação na interface gráfica do programa de supervisão – para a localização da ocorrência – e uma janela de alarme com uma descrição da ocorrência. Em simultâneo é acionado o alarme sonoro para uma maior eficácia do aviso ao operador.

O alarme sonoro é realizado por um conjunto de rotinas desenvolvidas (*NRE_PCspeaker.dll*) e dedicadas exclusivamente ao acesso da interface do altifalante integrado na *motherboard* do computador. Uma vez que esta interface é muito limitada, não disponibilizando meios de manipulação da intensidade do som, foram testadas e escolhidas duas frequências do sinal sonoro perto do modo ressonante do altifalante integrado do computador. Com esta abordagem foi possível reproduzir, de forma eficaz, alarmes sonoros num PC sem interface de áudio disponível.

Para avaliação e depuramento dos alarmes existe um ficheiro de histórico perpétuo (**Alarmes.log**) onde são registados os eventos de início e fim de alarme, nomeadamente a hora a que o alarme ocorreu e a hora em que o operador tomou conhecimento da ocorrência, por cancelamento do alarme.

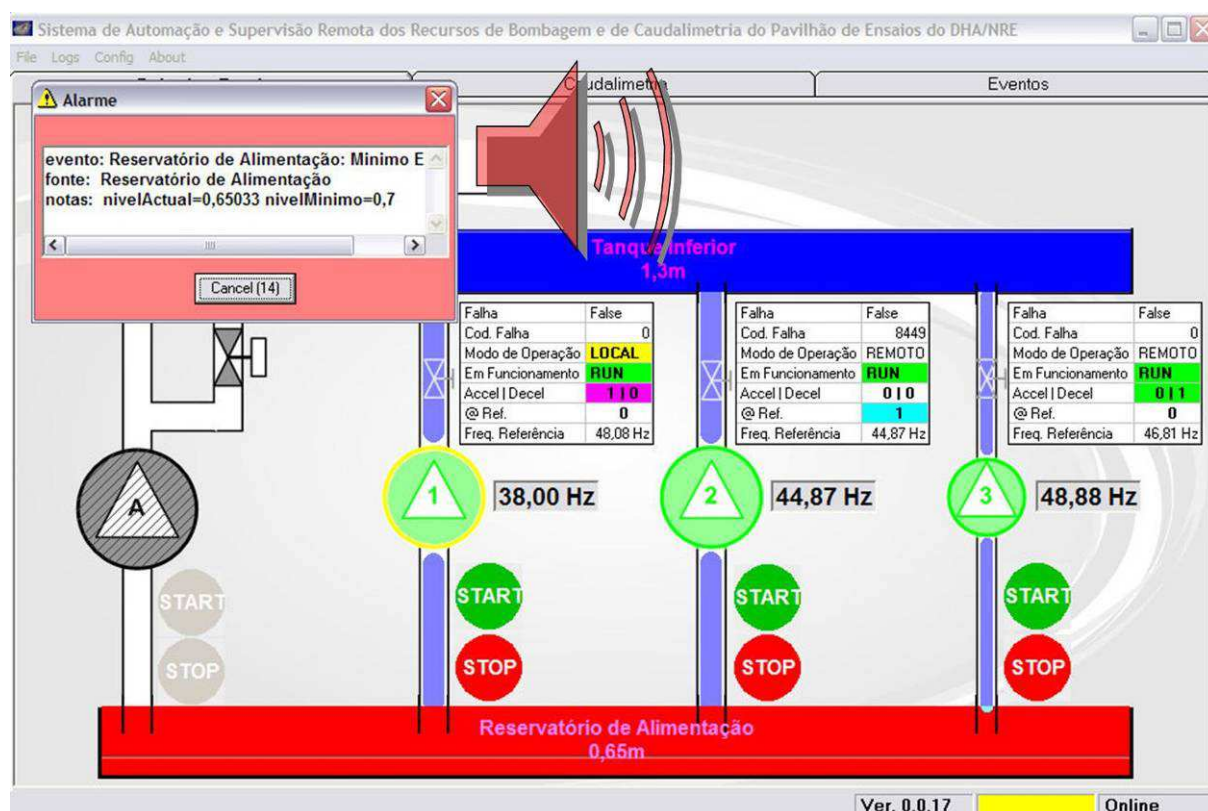


Fig. 23 Exemplo do alarme para nível insuficiente no reservatório de alimentação.

A fig. 23 ilustra um exemplo de um alarme para sinalizar o nível insuficiente no reservatório. O alarme gráfico é realizado por uma animação do nível do reservatório alternando entre as cores azul e vermelho, para localizar a anomalia. A janela de alarme – de fundo vermelho – surge com uma descrição da ocorrência e com um botão de comando que permite ao operador cancelar o alarme e retomar ao programa de supervisão. A janela de alarme é não-bloqueante e permite uma intervenção imediata do operador mesmo antes deste cancelar o alarme, dando-se assim prioridade ao programa de supervisão no acionamento das medidas corretivas por parte do operador.

Durante os ensaios *in situ* do programa de supervisão e aquisição de dados, verificou-se não existir forma de sinalizar o disparo das proteções térmicas (*trip* térmico) associadas às válvulas motorizadas. A experiência dos operadores relata que a ocorrência deste tipo eventos é frequente mas sem registo tipificado.

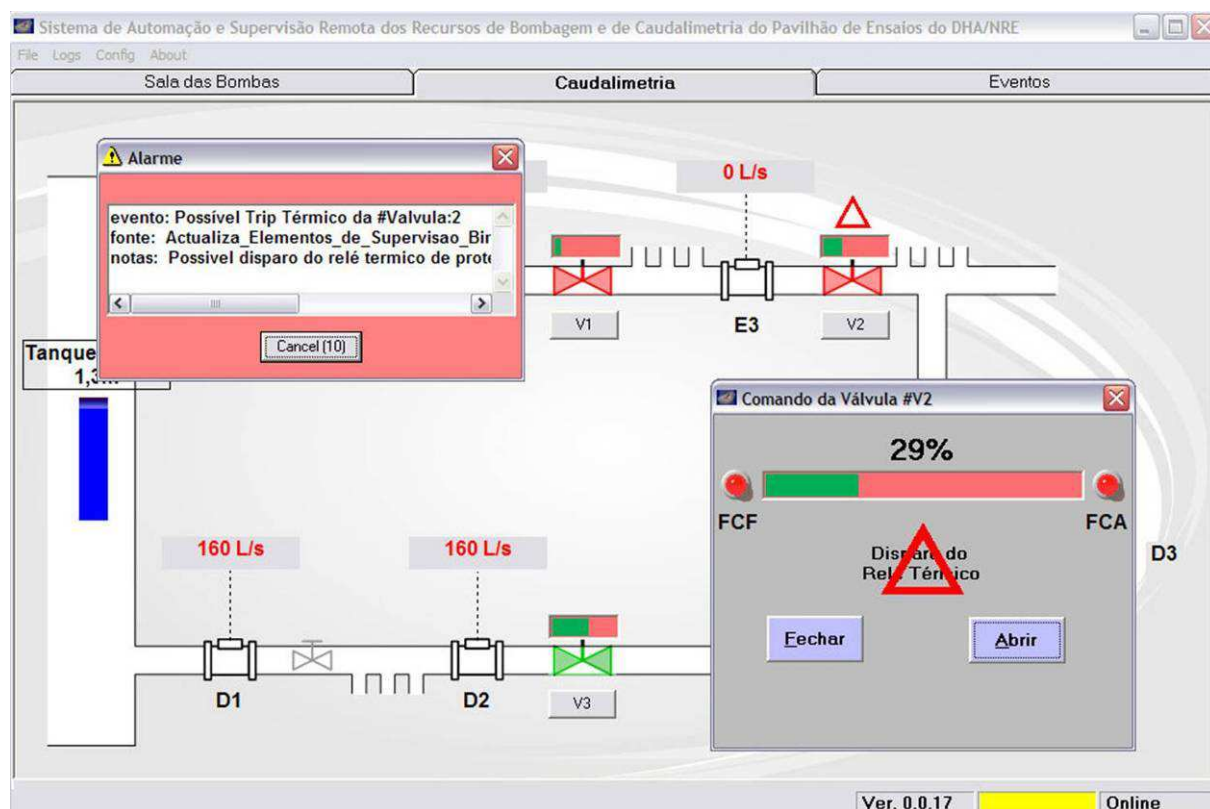


Fig. 24 Exemplo do alarme e sinalização para o disparo térmico (*trip* térmico) da válvula 2.

Depois de uma avaliação da lógica do comando e proteção das válvulas motorizadas, foi possível implementar uma solução que permitisse detetar o disparo térmico no programa de supervisão, deduzindo indiretamente o estado de “*trip* térmico” por

ocorrência simultânea dos estados FCA e FCF, uma vez que FCA e FCF são estados mutuamente exclusivos e aos quais o programa de supervisão tem acesso.

Na fig. 24 é ilustrado um exemplo da ocorrência do disparo da proteção térmica da válvula 2. É despoletado um alarme, de acordo com a descrição anterior, com uma mensagem (no campo *notas* da janela do alarme) da medida que o operador deve acionar: “*Possível disparo do relé térmico de proteção da válvula. É necessário fazer o reset manual*”.

O programa de supervisão assinala o disparo térmico colocando um sinal triangular intermitente na válvula respetiva. Esta sinalização manter-se-á até ser executado o *reset manual* do relé térmico da proteção da respetiva válvula.

No entanto, o alarme é sinalizado como “possível disparo térmico”, uma vez que podem existir outras ocorrências que despoletem a simultaneidade de FCA e FCF, nomeadamente o desligamento integral da alimentação das bombas motorizadas. Esta situação corresponde a um falso “*trip térmico* que é facilmente identificável pela simultaneidade da mesma ocorrência em todas as válvulas.

A implementação da sinalização e alarme de ocorrência de *trip térmico*, em especial o seu registo em ficheiros de históricos perpétuos, permite rastrear temporalmente este tipo de ocorrências contribuindo para mecanismos de avaliação e prevenção de eventuais avarias das válvulas motorizadas.

9 TESTES E COLOCAÇÃO EM SERVIÇO

O programa de supervisão remota e aquisição de dados foi minuciosamente testado, de forma a garantir que cumpria cabalmente as funções para que foi projetado.

Foram elaborados testes exaustivos com simuladores de comunicação *ModBus* para garantir a operacionalidade das comunicações entre o programa e os equipamentos remotos. Os ensaios em simulador serviram também para validar o mecanismo de troca de mensagens entre o programa de supervisão e o *Modlink*.

Foram igualmente conduzidos testes em simulador para avaliação da robustez e estabilidade do programa a fenómenos de *avalanche de eventos*. Os ensaios mais agressivos evidenciaram que, mesmo em condições limite – em que o programa não

consiga responder a todos os eventos em simultâneos, – a estabilidade a longo prazo do sistema é garantida pela arquitetura do programa que completa o ciclo de ação da cadeia de comando e monitorização com a retroação do estado do equipamento remoto. Na eventualidade de ocorrer uma falha de atualização do conteúdo do programa, por avalanche de eventos, a atualização dos mesmos ocorrerá, no limite, no ciclo seguinte de comunicação com o equipamento. No entanto, não se registou, até ao momento, nenhum efeito de instabilidade nos ensaios experimentais do programa em funcionamento real.

As comunicações entre o computador e cada equipamento foram testadas e verificadas individualmente em ensaios *in situ*. Os testes de comando local e remoto dos variadores de velocidade foram particularmente intensivos e permitiram confirmar a robustez das comunicações digitais relativamente a perturbações eletromagnéticas provocadas pelos variadores de velocidade, quer em vazio quer em diferentes regimes de carga.

Durante os ensaios *in situ* verificou-se que existem avarias em duas válvulas motorizadas (V1 e V2, ambas instaladas na conduta esquerda), que as deixam sem capacidade de manobra mesmo pelo quadro de comando local, aguardando-se a sua reparação. No entanto, o programa de supervisão foi testado com sucesso para o comando integral das válvulas motorizadas e está capacitado a operar remotamente estas válvulas, mesmo sem necessidade de qualquer tipo de intervenção ou modificação do programa.

Do total de seis caudalímetros que são monitorizados pelo programa de supervisão existe apenas um que não está a ser monitorizado. O caudalímetro em questão – D3 – e respetivo secundário estão montados no extremo norte do pavilhão, aguardando-se a montagem de um cabo, por parte do NRE, para se proceder à sua ligação ao sistema de automação e supervisão. Entretanto, o programa de supervisão já está capacitado para monitorizar o referido caudalímetro, tendo sido testado com sinal proveniente de outro caudalímetro.

9.1 Desenvolvimentos futuros

Ate à data de escrita deste relatório o programa de supervisão e aquisição de dados, atualmente instalado e em serviço na Sala de Supervisão do NRE, já conta com mais de mil horas de serviço. A atual versão já incorpora modificações e melhoramentos de vários aspetos pela experiência de serviço e recolha de opiniões dos operadores. Nesse contexto, é assumida uma abordagem evolutiva deste programa em convergência com as

necessidades operacionais. Nessa perspetiva, é fundamental dispor de *feedback* regular da experiência de utilização do programa de supervisão.

Existem outras funcionalidades que poderão a ser abordadas em futuras versões do programa de supervisão, nomeadamente a implementação de controlo automático de caudal por manobra (lenta) das válvulas motorizadas. O controlo automático de caudal serve a necessidade de garantir um caudal específico para os ensaios físicos em curso, quer sejam caudais constantes ou variáveis no tempo. A implementação desta abordagem conta já com a experiência do CIC em sistema semelhantes, como é exemplo o Sistema para Controlo de Caudais de Cheia em Modelo Físico [19].

10 CONCLUSÃO

Foi desenvolvido um programa de supervisão remota e aquisição de dados ajustado às necessidades específicas dos ensaios físicos que há muito se fazem no Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas do Departamento de Hidráulica e Ambiente (DHA/NRE). Para além das funções de supervisão remota propriamente ditas, o programa proporciona meios de aquisição automática e arquivo de dados, mecanismos de alarmes configuráveis e diagnóstico de falhas, materializando-se assim num contributo real para a modernização e o incremento operacional dos recursos deste laboratório.

O programa de supervisão remota e aquisição de dados centraliza num computador a monitorização e o comando de um conjunto de equipamentos distribuídos pela nave de ensaios do NRE, que outrora careciam de operação local. A vertente de aquisição de dados acrescenta uma nova dimensão aos ensaios físicos, possibilitando o registo sistemático, e em ficheiros, das variáveis observáveis (e.g. níveis de água dos tanques e reservatório, caudais nas condutas de distribuição, estado de abertura das válvulas, etc.) e de eventos (e.g. comandos remotos ou locais aplicados às bombas de água, disparos térmicos das válvulas motorizadas, alarmes de nível mínimo do reservatório de água, etc.), o que até ao presente ou não era feito ou era executado manualmente.

O ficheiro de configuração *config.xml* permite flexibilizar o funcionamento da aplicação permitindo a alteração de um conjunto de variáveis e parâmetros de forma expedita. A validação do mesmo ficheiro de configuração por chaves de encriptação permite implementar um mecanismo de segurança, quer do respetivo conteúdo quer do acesso ao ficheiro de configuração. Como o acesso à validação do ficheiro de configuração depende

das chaves de encriptação, é possível restringir o acesso à modificação do *config.xml* pela restrição do acesso à aplicação *ValidaFicheiroMD5.exe*.

O mecanismo de alarmes gráficos e sonoros implementados permite chamar a atenção do operador para a ocorrência de anomalias. Em conjunto com o registo detalhado de eventos e de registos históricos contínuos da monitorização, os alarmes contribuem para melhorar aspetos de prevenção e manutenção do equipamento. Este aspeto não só contribui para o aumento da vida útil e da segurança do equipamento, como é essencial para garantir a qualidade dos ensaios em modelos físicos realizados no NRE. A experiência de serviço deste mecanismo de alarmes, não só é importante para registos perpétuos dos eventos de alarmes como é importante para sua localização no tempo. Esta arquitetura mostrou-se ser particularmente profícua na detenção de falsos positivos.

Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, novembro de 2011

VISTO

O Chefe do NSE



José Almeida Garrett

O Diretor do CIC



Carlos Oliveira Costa

AUTORIA



Gustavo Esteves Coelho
Eng.º Eletrotécnico, Mestre
Bolseiro de Iniciação à Investigação Científica



João C. P. Palma
Engº Eletrotécnico, Doutor
Investigador Principal

BIBLIOGRAFIA

- [1] Coelho, G.; Palma, J. - "Automação e Supervisão Remota de Recursos de Bombagem e de Caudalimetria - Aplicação ao Pavilhão de Ensaios de Hidráulica de Estruturas" - rel. 317/2011, LNEC, Lisboa, 2011.
- [2] - " Modbus Organization " - www.modbus.org.
- [3] Modicon - "Modicon Modbus Protocol Reference Guide" - 1996.
- [4] Schneider Electric - "Modicon Modbus Plus Network - Planning and Installation Guide" - 2001.
- [5] - " OPC Foundation " - www.opcfoundation.org.
- [6] Palma, J.C.P.; Fernandes, J.F.C. - "Automação e Controlo de Níveis no Sistema de Bombagem do NHE" - relatório 160/95, LNEC, Lisboa, 1995.
- [7] FTDI chip - "USB to RS485 Serial Converter Cable - Datasheet" - 2010.
- [8] Télémecanique (Schneider Electric) - "Twido Programmable Controllers - Software Reference Guide - TWD USE 10AE Ver3.2" - S/Data.
- [9] Télémecanique (Schneider Electric) - "Twido - TwidoSoft Operation Guide - Online Help ver 3.2" - S/Data.
- [10] Schneider - "Modicon ModLink User Guide - ver. 2.0" - 1999.
- [11] Microsoft - " DDE Protocol " - [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms648774\(VS.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms648774(VS.85).aspx).
- [12] Coelho, G.; Palma, J. - "Novo Programa de Supervisão Remota da Central de Pressurização de Óleo da Plataforma Sísmica Triaxial" - rel. 205/2009, LNEC, Lisboa, 2009.
- [13] RFC1321 - " The MD5 Message-Digest Algorithm " - <http://www.ietf.org/rfc/rfc1321.txt>.
- [14] Microsoft - " Windows API " - [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa383723\(VS.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa383723(VS.85).aspx).

- [15] Cyberlogic Technologies Inc. - "MBX Driver for Modbus Plus Host Interface Adapters - Ver. 6.0 for Windows XP/2000/NT/Server 2003" - 2007.
- [16] - " FTDI Virtual COM Port " - <http://www.ftdichip.com/Drivers/VCP.htm>.
- [17] Schneider - "Modicon Modbus Plus Host interface Device Driver - Manual for Windows NT" - 1998.
- [18] Schneider Electric - "Modicon Modbus Plus Network IBM Host Based Devices - User's Guide" - 1998.
- [19] Palma, J. - "Sistema para Controlo de Caudais de Cheia em Modelo Físico" - rel. 315/99 - CPCE, LNEC, Lisboa, 1999.

Anexo A

Listagem dos Registos para Comunicações na Rede de Campo

Espaço de Registos ModBus

Autómato TWIDO CAE 40DRF: Comando e Supervisão do sistema de válvulas e caudalímetros

Endereço	Slave ID	Tipo	Leitura/Escrita (R/W)	Descrição	Modlink DDE path	Endereço físico no Autómato ⁸	Endereço Lógico no Autómato ⁹	Notas
40011	01	Inteiro	Leitura (R)	(V1) Informação de abertura da Válvula 1	40011,i 9	IW2.0 (Analog In)	%MW10	Input Range: 0-20mA Max Overload: 40mA Data Type: 0 to 4095 (12bit) LSB:4,8µA
40012	01	Inteiro	Leitura (R)	(V2) Informação de abertura da Válvula 2		IW2.1 (Analog In)	%MW11	Input Range: 0-20mA Max Overload: 40mA Data Type: 0 to 4095 (12bit) LSB:4,8µA
40013	01	Inteiro	Leitura (R)	(V3) Informação de abertura da Válvula 3		IW2.2 (Analog In)	%MW12	Input Range: 0-20mA Max Overload: 40mA Data Type: 0 to 4095 (12bit) LSB:4,8µA

⁸ Nomenclatura: Ix.y – Entradas Binárias; IWx.y – Entradas Discretas; Qx.y – Saídas Binárias; x – Endereço do Controlador Modular; y – Número do Canal.

⁹ Nomenclatura: %Mx – Bit; %MWx – Words de 16bits; x – Posição de memória.

40014	01	Inteiro	Leitura (R)	(C1 ou E1) Informação de caudal		I0.1 (VFC0) ¹⁰	%MW13	Valor em Hz	
40015	01	Inteiro	Leitura (R)	(C2 ou E2) Informação de caudal		I0.2 (FC0) ¹¹	%MW14	Valor em Hz	
40016	01	Inteiro	Leitura (R)	(C3 ou E3) Informação de caudal		I0.3 (FC1)	%MW15	Valor em Hz	
40017	01	Inteiro	Leitura (R)	(C4 ou D1) Informação de caudal		I0.4 (FC2)	%MW16	Valor em Hz	
40018	01	Inteiro	Leitura (R)	(C5 ou D2) Informação de caudal		I0.5 (FC3)	%MW17	Valor em Hz	
40019	01	Inteiro	Leitura (R)	(C6 ou D3) Informação de caudal		I0.7 (VFC1)	%MW18	Valor em Hz	
10001	01	Binário	Leitura (R)	FCA	V1	10001,i 6	I0.6	%M0	Sinaliza o Fim de Curso Aberto
10002	01	Binário	Leitura (R)	FCF			I0.0	%M1	Sinaliza o Fim de Curso Fechado
10003	01	Binário	Leitura (R)	FCA	V2		I0.9	%M2	Sinaliza o Fim de Curso Aberto
10004	01	Binário	Leitura (R)	FCF			I0.8	%M3	Sinaliza o Fim de Curso Fechado

¹⁰ Very Fast Counters (VFC0 e VFC1), para sinais até **20kHz**.

¹¹ Fast Counters (FC0,1,2,3), para sinais até **5kHz**.

10005	01	Binário	Leitura (R)	FCA	V3		I0.11	%M4	Sinaliza o Fim de Curso Aberto
10006	01	Binário	Leitura (R)	FCF			I0.10	%M5	Sinaliza o Fim de Curso Fechado
00011 ¹²	01	Binário	Escrita (W)	(V1) Comando Abrir	00011	Q0.3		%M10	
00012	01	Binário	Escrita (W)	(V1) Comando Fechar	00012	Q0.2		%M11	
00013	01	Binário	Escrita (W)	(V2) Comando Abrir	00013	Q0.5		%M12	
00014	01	Binário	Escrita (W)	(V2) Comando Fechar	00014	Q0.4		%M13	
00015	01	Binário	Escrita (W)	(V3) Comando Abrir	00015	Q0.7		%M14	
00016	01	Binário	Escrita (W)	(V3) Comando Fechar	00016	Q0.6		%M15	
00007	01	Binário	R/W	Sinal Pulsante que implementa o mecanismo de <i>timeout</i> das comunicações DDE/ModBus	00007	--		%M6	Afeta a saída %Q0.9 OFF– Comm OK ON – Comm Timeout
40021	01	Inteiro	Leitura (R)	Contador de <i>timeouts</i> ocorridos das comunicações DDE/ModBus	40021	C0.V		%MW20	Comandado pela saída %Q0.9

¹² Existem colisões dos registos ModBus com os endereços de memória do Autómato: ex. o endereço de memória binário %M0 pode ser lido/escrito pelos registos binários ModBus 10001 e 00001. Por este motivo, o espaço dos registos ModBus deve acautelar o mapeamento do espaço dos endereços de memória do autómato.

---	---	Binário	Leitura (R)	Período de amostragem do <i>Timer</i>	--	Q0.0	%M20	Aux – Sinal pulsante. Sinaliza o período de amostragem dos FC's
---	---	Inteiro	Leitura (R)	Constante do período de amostragem do <i>Timer</i>	--	--	%MW0	<u>Não editável</u>, valor em segundos
---	---	Binário	---	FC0 <i>overflow</i>	--	Q0.10	--	Sinaliza o overflow dos contadores
---	---	Binário	---	FC1 <i>overflow</i>	--	Q0.11	--	Sinaliza o overflow dos contadores
---	---	Binário	---	FC2 <i>overflow</i>	--	Q0.12	--	Sinaliza o overflow dos contadores
---	---	Binário	---	FC3 <i>overflow</i>	--	Q0.13	--	Sinaliza o overflow dos contadores
---	---	Binário	---	VFC0 <i>overflow</i>	--	Q0.14	--	Sinaliza o overflow dos contadores
---	---	Binário	---	VFC1 <i>overflow</i>	--	Q0.15	--	Sinaliza o overflow dos contadores

Variadores PowerFlex400: Comando e Supervisão das Bombas de Água

Endereço	Slave ID	Tipo	(R/W)	Descrição	Modlink DDE path	Endereço Lógico no Variador	Notas
48193	101	Inteiro	R/W	(B1) Comando do Variador da Bomba1	48193	8192	Estado lógico em 16 bits
48194	101	Inteiro	R/W	(B1) Comando da frequência da Bomba1	48194	8193	A decimal value entered as xxx.xx where the decimal point is fixed. For example, a decimal "1000" equals 10.00 Hz and "543" equals 5.43 Hz.
48449	101	Inteiro	R	(B1) Estados lógicos da Bomba 1	48449,i 4	8448	Estado lógico em 16 bits
48450	101	Inteiro	R	(B1) Código de Falha/Erro da Bomba1		8449	Valor decimal correspondente ao código de erro interno
48452	101	Inteiro	R	(B1)Frequência de Saída da Bomba1		8451	A xxx.xx decimal value where the decimal point is fixed. For xample, a decimal "1234" equals 12.34 Hz and "300" equals 3.00 Hz.
48193	102	Inteiro	R/W	(B2) Comando do Variador da Bomba 2	48193	8192	Estado lógico em 16 bits
48194	102	Inteiro	R/W	(B2) Comando da frequência da Bomba2	48194	8193	A decimal value entered as xxx.xx where the decimal point is fixed. For example, a decimal "1000" equals 10.00 Hz and "543" equals 5.43 Hz.
48449	102	Inteiro	R	(B2) Estados lógicos da Bomba 2	48449,i 4	8448	Estado lógico em 16 bits
48450	102	Inteiro	R	(B2) Código de Falha/Erro da Bomba2		8449	Valor decimal correspondente ao código de erro interno
48452	102	Inteiro	R	(B2)Frequência de Saída da Bomba2		8451	A xxx.xx decimal value where the decimal point is fixed. For example, a decimal "1234" equals 12.34 Hz and "300" equals 3.00 Hz.

48193	103	Inteiro	R/W	(B3) Comando do Variador da Bomba 3	48193	8192	Estado lógico em 16 bits
48194	103	Inteiro	R/W	(B3) Comando da frequência da Bomba3	48194	8193	A decimal value entered as xxx.xx where the decimal point is fixed. For example, a decimal "1000" equals 10.00 Hz and "543" equals 5.43 Hz.
48449	103	Inteiro	R	(B3) Estados lógicos da Bomba 3	48449,i 4	8448	Estado lógico em 16 bits
48450	103	Inteiro	R	(B3) Código de Falha/Erro da Bomba3		8449	Valor decimal correspondente ao código de erro interno
48452	103	Inteiro	R	(B3)Frequência de Saída da Bomba3		8451	A xxx.xx decimal value where the decimal point is fixed. For example, a decimal "1234" equals 12.34 Hz and "300" equals 3.00Hz.

Autômato Modicon 984-145 (AEG) Rede: ModBusPlus – Supervisão dos níveis de água nos tanques

Endereço	Slave ID	Tipo	(R/W)	Descrição	Modlink DDE path	Endereço físico no Autômato	Notas
30002	01	Inteiro	R	Nível do Tanque Inferior (MSP90)	30002,i 2	Módulo de entradas analógicas ADU 205 AD.2(X2.5 +X2.6)	Valores inteiros [4096, 6143] = [0, 20]mA Conversão linear: $y=mx + b$ $m= 9,77E-5$ $b= 0,799805$ y -> nível de água (metros) x -> valor digital da corrente de saída do sensor de nível (<i>ADU205 digital out</i>)
30003	01	Inteiro	R	Nível do Reservatório de alimentação (Liquiflex)		Módulo de entradas analógicas ADU 205 AD.3(X2.9 +X2.10)	Valores inteiros [4505, 6143] = [4, 20]mA Conversão linear: $y=mx + b$ $m= 1,6487E-3$ $b= - 7,4283$ y -> nível de água (metros) x -> valor digital da corrente de saída do sensor de nível (<i>ADU205 digital out</i>)
30001	01	Inteiro	-	Nível do Tanque Superior (Liquiflex)	-	-	(<u>NAO USADO</u> - atualmente fora de serviço)

Anexo B

Parâmetros de Configuração do Programa (*config.xml*)

VARIÁVEL	FUNÇÃO	TIPO	VALOR	NOTAS
Main_Form	Gestão do arranque da aplicação			
bln_AutoConnectDDE_OnStartup	Permite fazer a ligação automática do cliente DDE quando a aplicação é iniciada	boolean		
bln_ForceSStab_OnStartup	Força o Tab "sala das bombas" a ser mostrado no arranque da aplicação	boolean		
bln_MenuConfigIsEnable	Enable/Disable o menu "Config"	boolean		
Session_Manager	Gestão da sessão do programa			
SESSION_FILENAME	Nome do ficheiro com as posições atuais de cada uma das janelas da aplicação	string		
isRelative	Define se a <i>Path</i> é relativa ao diretório local do programa	boolean	true	
isEnable	Ativa a função de log	boolean	true	
DDE_Global_Module	Gestão das mensagens DDE			
DDE_bln_CHECK_BINARY_MESSAGE	valida a consistência das mensagens binárias	boolean		aumenta o OVERHEAD de DDE quando true
Log_2_Txt	Gestão do XML parser			
XMLPARSE_LOG_FILENAME	Nome do ficheiro para log do parsing do XML	string	xmlParse.log	
isRelative	Define se a <i>Path</i> é relativa ao diretório local do programa	boolean	true	
isEnable	Ativa a função de log	boolean	true	
Log_2_CSV	Gestão da aquisição de dados em CSV			
CSV_str_FILENAME	Nome do ficheiro para aquisição de dados	string	modFisicos.csv	
CSV_int_LogPeriodInSECONDS	período em segundos para o registo em ficheiro	long	900	
CSV_bln_AutoStartIsEnable	Arranque automático da aquisição de dados em CSV	boolean	false	
frm_popup_valvulas	POPUP do Comando das Válvulas da Caudalimetria			
LED_int_FLASH_INTERVAL	Período em milisegundos dos leds FCF/FCA	integer	300	
LED_int_ACTIVE_STATE	funcionamento dos leds	integer	2	0-OFF/1-ON/2-Flash
frm_popup_PowerFlex	Janela de Comando das Bombas de Água (Variadores PowerFlex400)			
bln_FORCE_START_COMMAND_CONFIRMATION	Força a MessageBox com a confirmação do comando START da bomba	boolean	true	
bln_DISABLE_POPUP_IN_LOCAL_MODE	Não permite abrir a janela de comando se Bomba estiver em MODO LOCAL	boolean	true	
bln_IN_LOCAL_MODE_WARNIG	Mostra o label "Em modo LOCAL" no na janela de comando	boolean	true	Válido para <bln_DISABLE_POPUP_IN_LOCAL_MODE> = false
bln_CLEAR_FAULTS_ENABLE	Permite o comando de <i>Clear Fault</i>	boolean	true	

VARIÁVEL	FUNÇÃO	TIPO	VALOR	NOTAS
Modelos Físicos	Gestão da janela de caudalimetria			
Automato	Gestão do autómato da caudalimetria			
TWIDO_COMPORNT	Porto de comunicação	string	com2	
TWIDO_SLAVE_ID	Identificação do slave	string	01	
caudalímetros	Gestão do caudalímetros			
SHOW_NOVA_NOMENCLATURA_LABELS	Mostra a nova nomenclatura dos Caudalímetros	boolean	true	
Cx_bln_PARAMS_EXIST	conversão dos valores em frequência do caudalímetro x para unidades L/s	boolean	true	x = [1 a 6]
Cx_sng_PARAMS_CONST	parâmetro de conversão	single	0,08	
CAUDAL_Ing_RoundDigits	Número de casas decimais do valor de caudal	long	2	não afeta os valores que são registados no ficheiro de aquisição
CAUDAL_str_UNIDADES_DE_SAIDA	String com a unidades de caudal	string	L/s	
CAUDAL_str_FONT_NAME	Estilo da fonte para caudal	string	Arial	
CAUDAL_sng_FONT_SIZE	Tamanho da fonte para caudal	single	12	
CAUDAL_bln_FONT_BOLD	Fonte para caudal a <i>bold</i>	boolean	true	
CAUDAL_Ing_FONT_COLOR	Cor da fonte para caudal	long	HFF	Valor em hexadecimal
CAUDAL_int_BORDER_STYLE	Moldura onde é mostrado o caudal	integer	0	0-transparent/1-opaque
CAUDAL_int_BACK_STYLE	Moldura onde é mostrado o caudal	integer	1	0-none/1-fixed single
CAUDAL_Ing_BACK_COLOR	Cor de fundo da moldura onde é mostrado o caudal	long	H800000F	Valor em hexadecimal
CAUDAL_bln_AUTOSIZE	Ajuste automático das dimensões da moldura	boolean	false	
CAUDAL_sng_HEIGHT	Altura da moldura	single	7	
CAUDAL_sng_WIDTH	Largura da moldura	single	29	
CAUDAL_Ing_LINE_BORDER_COLOR	Cor do conector da moldura	long	H0	Valor em hexadecimal
CAUDAL_int_LINE_BORDER_STYLE	Estilo do conector da moldura	integer	3	
CAUDAL_int_LINE_BORDER_WIDTH	Espessura do conector da moldura	integer	1	
válvulas	Gestão das válvulas			
VALVE_Ing_PROGRESSBAR_BARCOLOR	Barra de progresso da válvula	long	H57AE00	
VALVE_Ing_PROGRESSBAR_BACKCOLOR	Barra de progresso da válvula	long	H726FFF	
VALVE_int_PROGRESSBAR_SCROLLING	Barra de progresso da válvula	integer	1	0-segmented scrolling/1-Scrolling appears smooth
VALVE_str_PROGRESSBAR_STRING	Barra de progresso da válvula	string	%	
VALVE_bln_PROGRESSBAR_IsRealPercentage	Barra de progresso da válvula	boolean	true	
VALVE_Ing_ACTIONTEXT_FONT_COLOR	Janela de diálogo automática	long	HF	Valor em hexadecimal
VALVE_str_ACTIONTEXT_FONT_NAME	Janela de diálogo automática	string	Arial	
VALVE_sng_ACTIONTEXT_FONT_SIZE	Janela de diálogo automática	single	12	
VALVE_bln_ACTIONTEXT_FONT_BOLD	Janela de diálogo automática	boolean	true	
VALVE_int_MOLDURA_FLASH_INTERVAL	Período em milissegundos de intermitência da moldura	integer	350	
VALVE_Ing_MOLDURA_COR_SELECTED	Cores para o estado SELECINADO	long	H00F0F0	
VALVE_Ing_MOLDURA_COR_ABERTO	Cores para o estado ABERTO	long	H0000C000	
VALVE_Ing_MOLDURA_COR_FECHADO	Cores para o estado FECHADO	long	H000000FF	
VALVE_Ing_MOLDURA_COR_DISABLE	Cores para o estado DESATIVADA	long	H00000000	

VALVE_sng_THRESHOLD_ABERTO	Limiar que se considera a estado ABERTO	single	0,3	Relativo à Abertura Maxima
VALVE_sng_ABERTURA_MAX_Vx	Valores máximos admissíveis da abertura da válvula X	single	-	Específico à válvula
VALVE_sng_ABERTURA_MIN_Vx	Valores mínimos admissíveis da abertura da válvula X	single	-	Específico à válvula
bln_Enable_TripTermico_Warning	Sinaliza um possível trip do relé térmico	boolean	true	
Sala_Das_Bombas	Gestão da sala das bombas			
PowerFlex400_ComPort	Porto de comunicação	string	com2	
SLAVE_ID_BOMBA_1	Identificação do <i>Slave</i> do variador da bomba 1	string	101	
SLAVE_ID_BOMBA_2	Identificação do <i>Slave</i> do variador da bomba 2	string	102	
SLAVE_ID_BOMBA_3	Identificação do <i>Slave</i> do variador da bomba 3	string	103	
BOMBA_X_OPERACIONAL	Bomba de água X operacional	boolean	true	x = [1 a 3] No caso de alguma bomba ficar fora de serviço deve colocar-se o respetivo campo a "false"
FREQ_MAX_BOMBA_X	Frequência máxima admissível em Hz para de comando da Bomba X	single	-	Específico ao respetivo variador de velocidade
FREQ_MIN_BOMBA_X	Frequência mínima admissível em Hz para de comando da Bomba X	single	-	Específico ao respetivo variador de velocidade
Niveis_dos_Tanques	Gestão dos níveis dos reservatórios de água			
Modicon_ComPort	Porto de comunicação	string	com2	
Modicon_SlaveID	Identificação do slave	string	03	
Tanque_0X	Gestão do sensor de nível para cada reservatório X			x = [1 a 3]
Is_Enable	Ativação do sensor	boolean	true	Útil caso o sensor de nível esteja fora de serviço ou em manutenção
Nome	Designação do reservatório	string	-	Específico ao reservatório
Unidades_Display	Unidades do sensor	string	m	
m	Parâmetros da reta $Y = mZ + b$ para conversão em <Unidades_Display>	single	-	Específico ao sensor
b		single	-	Específico ao sensor
Nivel_Max	Nível máximo admissível	single	-	Define níveis no quadro sinóptico, não altera a reta de conversão
Nivel_Min	Nível mínimo admissível	single	-	Define níveis no quadro sinóptico, não altera a reta de conversão
Sensibilidade_de_Variacao_Caudal	Define a variação mínima de caudal para alterar o sinóptico	single	0,005	
isEnable	Ativa a função Sensibilidade_de_Variacao_Caudal	boolean	true	
Alarme_Nivel_MAXIMO	Define o limiar para o alarme de nível máximo	single	-	
isEnable	Ativa a função de Alarme_Nivel_MAXIMO	boolean	true	
soundBeep	Ativa o modo de a alarme sonoro	boolean	false	
Alarme_Nivel_MINIMO	Define o limiar para o alarme de nível mínimo	single	-	
isEnable	Ativa a função de Alarme_Nivel_MINIMO	boolean	true	
soundBeep	Ativa o modo de a alarme sonoro	boolean	true	

VARIÁVEL	FUNÇÃO	TIPO	VALOR	NOTAS
Gestao_LogEvent	Gestão do registo prepétuo para os eventos do programa de supervisão e aquisição			
bln_EnableLocalLog	Ativa o Log local dos eventos	boolean	true	
Modlink_Application_Settings	Gestão do arranque automático do Modlink			
Launch_OnStartup	Lança o Modlink no início da sessão	boolean	true	
Terminate_OnExit	Termina o Modlink no fim da sessão	boolean	true	
Exec_Path	Executável do Modlink	string	D:\modlink\modlink.exe	
isRelative	Define se a <i>Path</i> é relativa ao diretório local do programa	boolean	false	
Hide_Window	Força a janela do Modlink em modo invisível	boolean	true	
Window_Title	Nome da janela do Modlink	string	Modicon Modlink	workaround à maquina virtual pelo PID ser partilhado
WaitIdle_Timeout	Tempo máximo de espera em milissegundos para lançar o Modlink	long	5000	
Modulo_EstatisticasDaAplicacao	Gestão do registo perpétuo para o número de horas do programa e contadores de categorias dos eventos			
LogFileName	Nome do ficheiro para log	string	estatisticasLog.log	
isRelative	Define se a <i>Path</i> é relativa ao diretório local do programa	boolean	true	
Alarmes_PopupSonoros	Gestão da janela de alarmes			
LogFileName	Nome do ficheiro para log	string	Alarmes.log	
isRelative	Define se a <i>Path</i> é relativa ao diretório local do programa	boolean	true	
IsAllEnable	Ativa as funções de alarme	boolean	true	
SoundIsEnable	Ativa o modo alarme sonoro	boolean	true	
Frequencia_1	Frequência do sinal de alarme em Hz	long	3000	
Frequencia_2	Frequência do sinal de alarme em Hz	long	1000	
Duracao_1	Duração do sinal sonoro em milissegundos	long	100	
Duracao_2	Duração do sinal sonoro em milissegundos	long	300	
LoopInterval	Duração de cada ciclo de alarme sonoro em milissegundos	long	2000	Modo StartLoop
TimerInterval	Intervalo de repetição do ciclo de alarme sonoro em milissegundos	long	2000	Modo StartTimer
IgnoreAlarmsOnStartup	Ignora alarmes persistentes	boolean	true	Apenas sinaliza os alarmes ocorridos depois de o programa ter iniciado
AutoShutSound	Intervalo em segundos para desativar automaticamente o alarme sonoro	long	20	Não afeta a janela do alarme, apenas o alarme sonoro
IsEnable	Ativa o modo <AutoShutSound>	booleano	true	

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
```

```
<ProgramSettings>

<!--
;.....
;                               AVISO:
;NÃO APAGAR OU MODIFICAR ESTE FICHEIRO EM QUALQUER CIRCUNSTANCIA!!!
;
;POR RAZÕES DE SEGURANÇA, A ALTERAÇÃO DESTE FICHEIRO SEM VALIDAÇÃO
;SUSPENDE O FUNCIONAMENTO TOTAL DA APLICAÇÃO!!!
;
;Para alteração deste ficheiro, pff contacte o autor.
;
;ESTE FICHEIRO É ESSENCIAL AO FUNCIONAMENTO DA APLICAÇÃO:
;"Sistema de Automação e Supervisão Remota dos Recursos de Bombagem
;e de Caudalimetria do Pavilhão de Ensaios do DHA/NRE"
;
;*****
; Nome Original do Ficheiro      : config.xml
; Data                          : 03-06-2011
; Autor                         : Gustavo E. Coelho (gfcoelho@lnec.pt)
; Companhia                     : LNEC/CIC/NSE
; Descrição                     : Ficheiro de configuração e parametrização da aplicação
;.....
-->

<arguments> </arguments>

<windowsTile type='string'>Sistema de Automação e Supervisão Remota dos Recursos de
Bombagem e de Caudalimetria do Pavilhão de Ensaios do DHA/NRE</windowsTile>
<windowsTile_shortName type='string'>Sistema de Automação e Supervisão Remota
</windowsTile_shortName>
<year>2011</year>
<version>7.0.0</version>
<company>LNEC/CIC/NSE</company>
<author>Gustavo Esteves Coelho</author>
<mail>gfcoelho@lnec.pt</mail>

<!-- Corresponde à Form1 -->
<Main_Form>
  <!-- Permite fazer a ligação do cliente DDE quando a aplicação eh iniciada -->
  <bln_AutoConnectDDE_OnStartUp type='boolean'>true</bln_AutoConnectDDE_OnStartUp>

  <!-- Força o Tab "sala das bombas" a ser mostrado no arranque da aplicação-->
  <bln_ForceSStab_OnStartUp type='boolean'>>false</bln_ForceSStab_OnStartUp>

  <!-- Enable/Disable o menu "Config"-->
  <bln_MenuConfigIsEnable type='booleans'>true</bln_MenuConfigIsEnable>

</Main_Form>
```

```

<Session_Manager>
  <!-- Ficheiro com as posições actuais de cada uma das janelas da aplicação -->
  <SESSION_FILENAME isRelative='true' isEnabled='true'>session.ini</SESSION_FILENAME>
</Session_Manager>

<DDE_Global_Module>
  <!-- valida a consistência das mensagens binárias -->
  <!-- +++++aumenta o OVERHEAD de DDE quando esta "true"+++++ -->
  <DDE_bln_CHECK_BINARY_MESSAGE type='boolean'>>false</DDE_bln_CHECK_BINARY_MESSAGE>

</DDE_Global_Module>

<Log_2_Txt>
  <XMLPARSE_LOG_FILENAME isRelative='true' isEnabled='true'>xmlParse.log
  </XMLPARSE_LOG_FILENAME>

</Log_2_Txt>

<Log_2_CSV>
  <CSV_str_FILENAME isRelative='true' isEnabled='true'>modFisicos.csv</CSV_str_FILENAME>
  <!-- período dos logs em SEGUNDOS -->
  <CSV_int_LogPeriodInSECONDS type='long'>900</CSV_int_LogPeriodInSECONDS>
  <!-- 'auto-start' do Log CSV no arranque da aplicação -->
  <CSV_bln_AutoStartIsEnable type='boolean'>>false</CSV_bln_AutoStartIsEnable>

</Log_2_CSV>

<!-- POPUP do Comando das Valvulas da Caudalimetria -->
<frm_popup_valvulas>
  <LED_int_FLASH_INTERVAL type='integer'>300</LED_int_FLASH_INTERVAL><!-- com
  "LED_int_ACTIVE_STATE=2" -->
  <LED_int_ACTIVE_STATE type='integer'>2</LED_int_ACTIVE_STATE><!-- 0-OFF/1-ON/2-Flash -->

</frm_popup_valvulas>

<!-- POPUP do Comando das Bombas de Agua (Variadores PowerFlex400) -->
<frm_popup_PowerFlex>
  <!-- Força a MessageBox com a confirmação do comando START da bomba de água -->
  <bln_FORCE_START_COMMAND_CONFIRMATION type='boolean'>true
  </bln_FORCE_START_COMMAND_CONFIRMATION>
  <!-- Não abre o Popup da Bomba de Agua, se esta estiver em MODO LOCAL -->
  <bln_DISABLE_POPUP_IN_LOCAL_MODE type='boolean'>true</bln_DISABLE_POPUP_IN_LOCAL_MODE>
  <!-- Mostra o label "Em modo LOCAL" no Popup quando
  bln_DISABLE_POPUP_IN_LOCAL_MODE=false -->
  <bln_IN_LOCAL_MODE_WARNIG type='boolean'>true</bln_IN_LOCAL_MODE_WARNIG>
  <!-- Possibilita o Clear Fault -->
  <bln_CLEAR_FAULTS_ENABLE type='boolean'>true</bln_CLEAR_FAULTS_ENABLE>

```



```

</frm_popup_PowerFlex>

<Modelos_Fisicos>
  <Automato>
    <TWIDO_COMPOR_T type='string'>com2</TWIDO_COMPOR_T>
    <TWIDO_SLAVE_ID type='string'>01</TWIDO_SLAVE_ID>
  </Automato>

  <caudalímetros>

    <!-- mostra/esconde os labels com a nova nomenclatura dos caudalímetros
    (C1=E1;...;C6=D3) -->
    <SHOW_NOVA_NOMENCLATURA_LABELS type='boolean'>true</SHOW_NOVA_NOMENCLATURA_LABELS>

    <!-- conversão dos valores em frequência dos caudalímetros para unidades L/s -->
    <!-- Cx_valor em L/s = Cx_sinal em frequência * Cx_sng_PARAMS_CONST -->
    <C1_bln_PARAMS_EXIST type='boolean'>true</C1_bln_PARAMS_EXIST>
    <C1_sng_PARAMS_CONST type='single'>0,08</C1_sng_PARAMS_CONST>
    <C2_bln_PARAMS_EXIST type='boolean'>true</C2_bln_PARAMS_EXIST>
    <C2_sng_PARAMS_CONST type='single'>0,08</C2_sng_PARAMS_CONST>
    <C3_bln_PARAMS_EXIST type='boolean'>true</C3_bln_PARAMS_EXIST>
    <C3_sng_PARAMS_CONST type='single'>0,08</C3_sng_PARAMS_CONST>
    <C4_bln_PARAMS_EXIST type='boolean'>true</C4_bln_PARAMS_EXIST>
    <C4_sng_PARAMS_CONST type='single'>0,08</C4_sng_PARAMS_CONST>
    <C5_bln_PARAMS_EXIST type='boolean'>true</C5_bln_PARAMS_EXIST>
    <C5_sng_PARAMS_CONST type='single'>0,08</C5_sng_PARAMS_CONST>
    <C6_bln_PARAMS_EXIST type='boolean'>true</C6_bln_PARAMS_EXIST>
    <C6_sng_PARAMS_CONST type='single'>0,08</C6_sng_PARAMS_CONST>

    <!-- Numero de casas decimais do valor de caudal -->
    <!-- (não afecta os valores reais guardados em logfile) -->
    <CAUDAL_lng_RoundDigits type='long'>2</CAUDAL_lng_RoundDigits>

    <CAUDAL_str_UNIDADES_DE_SAIDA type='string'>L/s</CAUDAL_str_UNIDADES_DE_SAIDA>
    <CAUDAL_str_FONT_NAME type='string'>Arial</CAUDAL_str_FONT_NAME>
    <CAUDAL_sng_FONT_SIZE type='single'>12</CAUDAL_sng_FONT_SIZE>
    <CAUDAL_bln_FONT_BOLD type='boolean'>true</CAUDAL_bln_FONT_BOLD>
    <CAUDAL_lng_FONT_COLOR type='long'>&Hff</CAUDAL_lng_FONT_COLOR>
    <CAUDAL_int_BORDER_STYLE type='integer'>0</CAUDAL_int_BORDER_STYLE> <!--
    0-transparent/1-opaque -->
    <CAUDAL_int_BACK_STYLE type='integer'>1</CAUDAL_int_BACK_STYLE> <!-- 0-none/1-fixed
    single -->
    <CAUDAL_lng_BACK_COLOR type='long'>&H800000F</CAUDAL_lng_BACK_COLOR> <!-- cor
    de fundo -->

    <CAUDAL_bln_AUTOSIZE type='boolean'>false</CAUDAL_bln_AUTOSIZE> <!-- auto resize to
    contents -->
    <CAUDAL_sng_HEIGHT type='single'>7</CAUDAL_sng_HEIGHT> <!-- altura do label -->
    <CAUDAL_sng_WIDTH type='single'>29</CAUDAL_sng_WIDTH> <!-- largura do label -->

    <CAUDAL_lng_LINE_BORDER_COLOR type='long'>&H0</CAUDAL_lng_LINE_BORDER_COLOR>
    <!-- cor da linha do conector -->

```

```

<CAUDAL_int_LINE_BORDER_STYLE type='integer'>3</CAUDAL_int_LINE_BORDER_STYLE> <!--
0-transparent/1-solid/2-dash/3-dot/...6 -->
<CAUDAL_int_LINE_BORDER_WIDTH type='integer'>1</CAUDAL_int_LINE_BORDER_WIDTH> <!--
espessura do conector -->
</caudalímetros>

<valvulas>
<!-- <VALVE_lng_PROGRESSBAR_BARCOLOR type='long'
isEnabled='true'>&H0000FF</VALVE_lng_PROGRESSBAR_BARCOLOR> --> <!-- VERMELHO -->
<VALVE_lng_PROGRESSBAR_BARCOLOR type='long' isEnabled='true'>&H57AE00
</VALVE_lng_PROGRESSBAR_BARCOLOR>
<!-- <VALVE_lng_PROGRESSBAR_BACKCOLOR type='long'
isEnabled='false'>&HE2DFE0</VALVE_lng_PROGRESSBAR_BACKCOLOR> --> <!-- CINZA -->
<VALVE_lng_PROGRESSBAR_BACKCOLOR type='long' isEnabled='true'>&H726FFF
</VALVE_lng_PROGRESSBAR_BACKCOLOR>
<VALVE_int_PROGRESSBAR_SCROLLING type='integer'>1</VALVE_int_PROGRESSBAR_SCROLLING>
<!-- 0-segmented scrolling/1-Scrolling appears smooth -->
<VALVE_str_PROGRESSBAR_STRING type='string'>%</VALVE_str_PROGRESSBAR_STRING> <!--
String da ProgressBar do Popup das Valvulas -->

<VALVE_bln_PROGRESSBAR_IsRealPercentage type='boolean'>true
</VALVE_bln_PROGRESSBAR_IsRealPercentage> <!-- ((x-min)/(max-min))*100 -->

<VALVE_lng_ACTIONTEXT_FONT_COLOR type='long'>&Hf0
</VALVE_lng_ACTIONTEXT_FONT_COLOR>
<VALVE_str_ACTIONTEXT_FONT_NAME type='string'>Arial</VALVE_str_ACTIONTEXT_FONT_NAME>
<VALVE_sng_ACTIONTEXT_FONT_SIZE type='single'>12</VALVE_sng_ACTIONTEXT_FONT_SIZE>
<VALVE_bln_ACTIONTEXT_FONT_BOLD type='boolean'>true</VALVE_bln_ACTIONTEXT_FONT_BOLD>

<!-- <VALVE_lng_MOLDURA_COLOR type='long'>&Hf0</VALVE_lng_MOLDURA_COLOR> -->
<VALVE_int_MOLDURA_FLASH_INTERVAL type='integer'>350
</VALVE_int_MOLDURA_FLASH_INTERVAL> <!-- ms -->

<VALVE_lng_MOLDURA_COR_SELECTED type='long'>&H00F0F0
</VALVE_lng_MOLDURA_COR_SELECTED>
<VALVE_lng_MOLDURA_COR_ABERTO type='long'>&H0000C000
</VALVE_lng_MOLDURA_COR_ABERTO>
<VALVE_lng_MOLDURA_COR_FECHADO type='long'>&H000000FF
</VALVE_lng_MOLDURA_COR_FECHADO>
<VALVE_lng_MOLDURA_COR_DISABLE type='long'>&H00000000
</VALVE_lng_MOLDURA_COR_DISABLE>

<!-- Limiar da Abertura Maxima que se considera a Valvulas no estado ABERTO -->
<VALVE_sng_THRESHOLD_ABERTO type='single'>0,3</VALVE_sng_THRESHOLD_ABERTO>
<!-- <VALVE_sng_THRESHOLD_FECHADO type='single'>0,1</VALVE_sng_THRESHOLD_FECHADO> -->

<!-- Valores Maximos e Minimos do estado de abertura da valvula -->
<!--***** apenas valores positivos, Condição Imposta pelo
ProgressBar ActiveX***** -->
<VALVE_sng_ABERTURA_MAX_V1 type='single'>100</VALVE_sng_ABERTURA_MAX_V1>
<VALVE_sng_ABERTURA_MIN_V1 type='single'>0</VALVE_sng_ABERTURA_MIN_V1>
<VALVE_sng_ABERTURA_MAX_V2 type='single'>200</VALVE_sng_ABERTURA_MAX_V2>

```

```

<VALVE_sng_ABERTURA_MIN_V2 type='single'>2</VALVE_sng_ABERTURA_MIN_V2>
<VALVE_sng_ABERTURA_MAX_V3 type='single'>300</VALVE_sng_ABERTURA_MAX_V3>
<VALVE_sng_ABERTURA_MIN_V3 type='single'>3</VALVE_sng_ABERTURA_MIN_V3>

<!-- Alarme! -->
<!-- Sinaliza um possivel trip do relé térmico (possivel porque o estado é obtido
de forma indirecta) -->
<bln_Enable_TripTermico_Warning type='boolean'>true</bln_Enable_TripTermico_Warning>

</valvulas>

</Modelos_Fisicos>

<Sala_Das_Bombas>
  <Variador_PowerFlex400>
    <PowerFlex400_ComPort type='string'>com2</PowerFlex400_ComPort>
    <SLAVE_ID_BOMBA_1 type='string'>101</SLAVE_ID_BOMBA_1>
    <SLAVE_ID_BOMBA_2 type='string'>102</SLAVE_ID_BOMBA_2>
    <SLAVE_ID_BOMBA_3 type='string'>103</SLAVE_ID_BOMBA_3>

    <!-- Define quais as bombas de água que estão operacionais,
    no caso de alguma bomba ficar fora de serviço deve colocar-se o respectivo
    campo a "false"-->
    <BOMBA_1_OPERACIONAL type='boolean'>true</BOMBA_1_OPERACIONAL>
    <BOMBA_2_OPERACIONAL type='boolean'>true</BOMBA_2_OPERACIONAL>
    <BOMBA_3_OPERACIONAL type='boolean'>true</BOMBA_3_OPERACIONAL>

    <!-- Frequencia [Hz] de Comando dos Variadores, Maximas e Minimas de cada Bomba de
    Agua -->
    <FREQ_MAX_BOMBA_1 type='single'>50</FREQ_MAX_BOMBA_1>
    <FREQ_MIN_BOMBA_1 type='single'>35</FREQ_MIN_BOMBA_1>

    <FREQ_MAX_BOMBA_2 type='single'>47</FREQ_MAX_BOMBA_2>
    <FREQ_MIN_BOMBA_2 type='single'>38</FREQ_MIN_BOMBA_2>

    <FREQ_MAX_BOMBA_3 type='single'>50</FREQ_MAX_BOMBA_3>
    <FREQ_MIN_BOMBA_3 type='single'>38</FREQ_MIN_BOMBA_3>

  </Variador_PowerFlex400>

</Sala_Das_Bombas>

<Niveis_dos_Tanques>
  <!--Porta de comunicação usada pelo Modlink-->
  <Modicon_ComPort type='string'>com2</Modicon_ComPort>
  <Modicon_SlaveID type='string'>03</Modicon_SlaveID>

  <Tanque_01> <!-- Reservatorio de Alimentação (das bombas de Agua)-->
  <!-- Sensor de nivel activo (Liquiflex)-->
  <!-- Registo do automato: 30003-->

```

```

<Is_Enable type='boolean'>true</Is_Enable>
<!-- Designação do Tanque-->
<Nome type='string'>Reservatório de Alimentação</Nome>
<!-- Grandeza final das unidades do sensor de nível-->
<Unidades_Display type='string'>m</Unidades_Display>
<!--recta Y=mX+b de conversão ADU205(leitura do automato)[X] para
metros (Liquiflex) [Y]-->
<m type='single'>1,6487E-3</m>
<b type='single'>-7,4283</b>

<!-- Definem APENAS os niveis maximos e minimos das animações GRÁFICAS,
não alteram as rectas de conversão-->
<Nivel_Max type='single'>2,7</Nivel_Max><!-- Corresponde ao parametro P04 no
Liquiflex-->
<Nivel_Min type='single'>0</Nivel_Min><!-- sem correspondencia no Liquiflex-->

<!-- Define a variação minima do valor de caudal para alterar a animação-->
<Sensibilidade_de_Variacao_Caudal type='single' isEnabled='true'>0,005
</Sensibilidade_de_Variacao_Caudal>

<!-- Alarme por log no ENVENTLOG e por piscar a animação grafica a vermelho -->
<Alarme_Nivel_MAXIMO type='single' isEnabled='true' soundBeep='false'>2,6
</Alarme_Nivel_MAXIMO>
<Alarme_Nivel_MINIMO type='single' isEnabled='true' soundBeep='true'>0,8
</Alarme_Nivel_MINIMO>
<!-- soundBeep = true -> pisca a animação e acciona o gestão de alarmes sonoros
soundBeep = false -> apenas pisca a animação
o estado de "isEnabled" predomina o estado de "soundBeep" -->

<!-- <Threshold_de_Minimo type='single'>Min</Threshold_de_Minimo>
<Threshold_de_Maximo type='single'>Max</Threshold_de_Maximo> -->
<!-- cor da animação q representa o nivel do Symbol Factory Cutaway-->
<!-- <SFC_LevelColor type='double'>a</SFC_LevelColor> -->

</Tanque_01>

<Tanque_02><!-- Tanque inferior (alimentação dos modelos das barragens)-->
<!-- Sensor de nível activo (MSP90)-->
<!-- Registo do automato: 30002-->
<Is_Enable type='boolean'>true</Is_Enable>
<!-- Designação do Tanque-->
<Nome type='string'>Tanque Inferior</Nome>
<!-- Grandeza final das unidades do sensor de nível-->
<Unidades_Display type='string'>m</Unidades_Display>
<!--recta Y=mX+b de conversão ADU205(leitura do automato)[X] para
metros (MSP90) [Y]-->
<m type='single'>9,77E-5</m>
<b type='single'>0,799805</b>

<!-- Definem APENAS os niveis maximos e minimos das animações GRÁFICAS,
não alteram as rectas de conversão-->
<Nivel_Max type='single'>1,4</Nivel_Max><!-- Corresponde ao parametro P05 no MSP90
-->

```

```

<Nivel_Min type='single'>1,2</Nivel_Min><!-- Corresponde ao parametro P04 no MSP90
-->

<!-- Define a variação minima do valor de caudal para alterar a animação-->
<Sensibilidade_de_Variacao_Caudal type='single' isEnabled='true'>0,005
</Sensibilidade_de_Variacao_Caudal>

<!-- Alarme por log no ENVENTLOG e por piscar a animação grafica a vermelho -->
<Alarme_Nivel_MAXIMO type='single' isEnabled='true' soundBeep='true'>1,4
</Alarme_Nivel_MAXIMO>
<Alarme_Nivel_MINIMO type='single' isEnabled='false' soundBeep='true'>1,2
</Alarme_Nivel_MINIMO>
<!-- soundBeep = true -> pisca a animação e acciona o gestão de alarmes sonoros
soundBeep = false -> apenas pisca a animação
o estado de "isEnabled" predomina o estado de "soundBeep" -->

<!-- <Threshold_de_Minimo type='single'></Threshold_de_Minimo>
<Threshold_de_Maximo type='single'></Threshold_de_Maximo> -->
<!-- cor da animação q representa o nivel do Symbol Factory Cutaway-->
<!-- <SFC_LevelColor type='double'></SFC_LevelColor> -->

</Tanque_02>

<Tanque_03>
  <Is_Enable type='boolean'>>false</Is_Enable>
  <Nome type='string'>Tanque Superior</Nome>
</Tanque_03>

</Niveis_dos_Tanques>

<!-- permite activar/desactivar o Log Local de eventos do aplicação de comando e supervisão
-->
<Gestao_LogEvent>
  <bln_EnableLocalLog type='boolean'>>true</bln_EnableLocalLog>
</Gestao_LogEvent>

<Modlink_Aplication_Settings>
  <Launch_OnStartup type='boolean'>>true</Launch_OnStartup> <!-- lança o modlink no inicio
da aplicação -->
  <Terminate_OnExit type='boolean'>>true</Terminate_OnExit> <!-- fecha o modlink no fim da
aplicação -->
  <Exec_Path type='string' isRelative='false'>D:\MODLINK\MODLINK.EXE</Exec_Path>
  <Hide_Window type='boolean'>>false</Hide_Window>
  <Window_Title type='string'>Modicon Modlink</Window_Title> <!-- string usada no
Hide/Restore/Terminate Aplication -->
  <WaitIdle_Timeout type='long'>5000</WaitIdle_Timeout> <!-- (em milisegundos)timeout de
espera para lançar o modlink -->

</Modlink_Aplication_Settings>

<Modulo_EstatisticasDaAplicacao>

```

```

    <LogFileName type= 'string' isRelative='true'>estatisticasLog.log</LogFileName>
</Modulo_EstatisticasDaAplicacao>

<Alarmes_PopupSonoros>

    <LogFileName type='string' isRelative='true'>Alarmes.log</LogFileName>
    <IsAllEnable type='boolean'>true</IsAllEnable> <!-- Enable/Disable alarme
(Popup+Sonoro) -->
    <SoundIsEnable type='boolean'>true</SoundIsEnable> <!-- Enable/Disable apenas o alarme
Sonoro -->
    <Frequencia_1 type='long'>3000</Frequencia_1> <!-- (Hz) Valores de frequencia do
primeiro sinal -->
    <Frequencia_2 type='long'>1000</Frequencia_2> <!-- (Hz) segunda frequencia -->
    <Duracao_1 type='long'>100</Duracao_1> <!-- (miliSegundos) duração da primeira
frequencia -->
    <Duracao_2 type='long'>300</Duracao_2> <!-- (miliSegundos) duração da segunda
frequencia -->
    <LoopInterval type='long'>2000</LoopInterval> <!--[default= 3/2 (Duracao_1+Duracao_2)]
duração de cada ciclo de beeps (modo StartLoop)-->
    <TimerInterval type='long'>2000</TimerInterval> <!-- intervalo de repetição dos beeps
(modos StartTimer) -->

    <IgnoreAlarmsOnStartup type='boolean'>true</IgnoreAlarmsOnStartup> <!-- não sinaliza os
alarmes iniciais (apenas sinaliza depois do load da Form1) -->

    <AutoShutSound type='long' IsEnable='true'>20</AutoShutSound> <!-- (segundos)
temporizador de "auto shutdown" dos alarmes sonoros -->

</Alarmes_PopupSonoros>

</ProgramSettings>

```

