



# UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Dissertação de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

## **Gestão Técnica do Edifício do Departamento de Engenharia Civil**

Oswaldo Miguel Fonseca Sousa

Coimbra, Fevereiro de 2015



**UNIVERSIDADE DE COIMBRA**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA E DE COMPUTADORES**

Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

## **Gestão Técnica do Edifício do Departamento de Engenharia Civil**

**Oswaldo Miguel Fonseca Sousa**

Júri:

Presidente: Professor Doutor Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira Gomes

Orientador: Professor Doutor António Manuel de Oliveira Gomes Martins

Co-Orientador: Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge

Vogal: Professor Doutor Pedro Manuel Soares Moura

Coimbra

Fevereiro de 2015

É difícil dizer o que é impossível: o sonho de ontem é a esperança de hoje e a realidade de amanhã.

Robert H. Goddar

# Agradecimentos

Antes de endereçar qualquer agradecimento, desejo manifestar que, olhando de forma retrospectiva este período, ainda que a uma curta distância, considero-me uma privilegiada relativamente às pessoas com quem tive o prazer de trabalhar e às vivências daí proporcionadas.

Em primeiro lugar quero agradecer ao Professor Doutor António Manuel de Oliveira Gomes Martins e ao Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge pela oportunidade e por proporcionarem a partilha de ideias e conteúdos temáticos na elaboração desta dissertação.

Aos técnicos do DEC Edmundo Pais e Ricardo Oliveira, pela disponibilidade ao longo de todo o trabalho.

Aos colegas do laboratório, pela ajuda, boa disposição e companheirismo manifestado diariamente.

Aos amigos de sempre, por toda a paciência e incentivo constante.

À minha família, por serem quem são e tornarem-me no que sou, acima de tudo por acreditar em mim.

À Ana pelo companheirismo, amizade e incentivo que sempre me transmitiu.

# Resumo

O potencial de poupança num edifício vai para além do projeto, instalações e recurso às renováveis, desta forma, a implementação de um sistema de gestão técnica pode proporcionar uma poupança no consumo de 20 %.

A necessidade de poupança energética é uma prioridade. Para alcançar um patamar de rentabilidade, eficiência e sustentabilidade, os edifícios são um ponto crítico pois representam cerca 40% do consumo global. Com efeito, neste setor é necessário investir e mudar comportamentos a fim de tornar produtores e reguladores de consumos, edifícios outrora somente consumidores. Assim, e para que se atinja as metas da UE, onde em 2020 os edifícios deverão ter um balanço energético muito próximo de “zero”, os sistemas de gestão técnica são uma ferramenta crucial.

Neste seguimento, e aquando da conceção do Departamento de Engenharia Civil (DEC) da Universidade de Coimbra (UC), foi instalado um SGT da marca Landis & Staefa pela empresa Sistavac. Contudo, não foi celebrado contrato para a manutenção inerente ao sistema e aos equipamentos que o constituem, mais concretamente o sistema AVAC. Em caso de avaria, são executadas operações de manutenção por parte dos técnicos do departamento.

Os objetivos principais desta dissertação são a inclusão na nova camada de aplicação do SGT, do sistema AVAC, do sistema de comando da iluminação e por último do sistema de monitorização dos consumos.

A aplicação desenvolvida permite controlar e monitorizar todos os equipamentos, pertencentes à iluminação de circulação, de forma direta ou condicionada por horário. Nesta foi incluído o sistema de monitorização de consumos de forma a disponibilizar as informações sobre esses consumos na aplicação de gestão técnica.

## **Palavras-chave:**

Sistema de Gestão Técnica, Sistema SCADA, Sistema AVAC, Monitorização de Consumos, Sistema de Controlo da Iluminação.

# Abstrat

The saving potential in a building goes beyond design, facilities and use of renewables. The technical implementation of a building management system (BMS) can add a saving in the consumption of 20%.

The need for energy saving is a priority. To achieve a level of profitability, efficiency and sustainability, the buildings are a critical point because they represent about 40% of global consumption. Indeed, in this sector it is necessary to invest and change behaviors in order to make buildings more sustainable and to account for the existence of energy production systems as well. Thus, BMS are a crucial tool to the achievement of the EU targets, namely nearly zero-energy buildings in 2020.

In this connection, and when designing the Department of Civil Engineering (DEC) of the University of Coimbra (UC), a BMS Landis & Staefa was installed by Sistavac company. However, this has drifted away from the inherent maintenance of the system and equipment, more specifically the HVAC system. In case of failure, maintenance operations are performed by the technicians of the Department.

The main objectives of this thesis are the inclusion in the new application layer of the BMS, the HVAC system, the lighting control system and finally the energy consumption monitoring system.

The developed application allows to control and monitor all equipment, either directly or conditioned by time. The application also includes the monitoring system that provides information about energy consumption.

## **Keywords:**

Building Management Systems, SCADA system, HVAC system, Energy Monitoring, Lighting Control System.

# Índice

Agradecimentos.....	III
Resumo.....	IV
Abstrat.....	V
Índice.....	VI
Índice de Figuras.....	VIII
Índice de Tabelas.....	IX
Lista de Abreviaturas.....	X
Capítulo I.....	1
Introdução.....	1
1.1. Enquadramento do Problema.....	2
1.2. Objetivos.....	4
1.3. Metodologia.....	5
1.4. Estrutura do trabalho.....	6
Capítulo II.....	7
Sistemas de Gestão Técnica.....	7
2.1 Sistemas de Gestão Técnica.....	8
2.2 Protocolos de comunicação.....	10
2.2.1. Protocolo de comunicação Modbus.....	11
2.2.2. Protocolo de comunicação BACnet.....	13
2.2.3. Protocolo OPC.....	15
2.3 Plataforma de monitorização de consumos.....	18
Capítulo III.....	21
Nova aplicação de gestão técnica.....	21
3.1. Software Visu+.....	22
3.2. Nova aplicação de gestão técnica.....	23
Capítulo IV.....	25
Iluminação do DEC.....	25
4.1. Sistema de Controlo da Iluminação no DEC.....	26
4.2. Controlo da iluminação na NAGT.....	28
Capítulo V.....	33
Monitorização de consumos no DEC.....	33

5.1. Sistema de Monitorização de Consumos .....	34
5.2. Monitorização de Consumos no Supervisor .....	36
Capítulo VI.....	39
Sistema AVAC do DEC .....	39
6.1. Sistema AVAC do DEC.....	40
6.2. Gateway utilizada para converter RS-Bus para BACnet .....	40
6.3. Conversão do protocolo BACnet para OPC.....	42
Capítulo VII.....	45
Documentação .....	45
7.1. Manuais de referência .....	46
7.2. Plano de Testes.....	46
7.3. Lista de Testes.....	47
7.4. Material de apoio ao sistema de monitorização de consumos .....	47
Capítulo VIII .....	49
Conclusão e Trabalho Futuro .....	49
Capítulo IX.....	51
Referências Bibliográficas .....	51
Apêndice A.....	A-1
Plano de Testes.....	A-1
Apêndice B.....	B-1
Lista de Testes.....	B-1
Apêndice C.....	C-1
Material de apoio ao sistema de monitorização de consumos .....	C-1
Apêndice D.....	D-1
Manual de Referência Twido Suite.....	D-1
Apêndice E .....	E-1
Manual de Referência Visu+.....	E-1

# Índice de Figuras

Figura 1: Esquema representativo das 7 camadas de um protocolo de comunicação OSI [8].....	9
Figura 2: Esquema representativo da hierarquia dos níveis de automação [9].....	10
Figura 3: Mensagem genérica em Modbus [16][15].....	11
Figura 4: Estrutura da mensagem do protocolo Modbus TCP/IP [17].....	12
Figura 5: Arquitetura BACnet baseada no modelo OSI [23].....	14
Figura 6: Funcionamento do OPC: (a) COM; (b) DCOM .....	15
Figura 7: Arquitetura Cliente – Servidor do OPC.....	16
Figura 8: Grupos e itens OPC [35].....	17
Figura 9: Plataforma MeWago.[30]. .....	18
Figura 10: Apresentação do ambiente de trabalho do Visu+. .....	22
Figura 11: Interface Principal.....	23
Figura 12: Esquema da ligação dos PLCs Twido. ....	26
Figura 13: Controlo da iluminação com o nível de intensidade 1 ativo (zona 2 do piso 2).....	28
Figura 14: Controlo da iluminação com o nível de intensidade 2 ativo (zona 2 do piso 2).....	28
Figura 15: Controlo da iluminação com o nível de intensidade 3 ativo (zona 2 do piso 2).....	28
Figura 16: Controlo da iluminação com o nível de intensidade 1, 2 e 3 ativo (zona 2 do piso 2).....	28
Figura 17: Interface correspondente ao funcionamento condicionado por horário. ....	29
Figura 18: Interface correspondente ao menu principal da iluminação de circulação. ....	30
Figura 19: Interface correspondente à Iluminação de circulação do Piso 2.....	31
Figura 20: Interface correspondente à Iluminação de circulação do Piso 3.....	31
Figura 21: Interface correspondente à Iluminação de circulação do Piso 4.....	32
Figura 22: Zelio Logic SR3B261BD com módulo Ethernet SR3NET01BD instalado no DEC. .	34
Figura 23: Interface correspondente à monitorização de consumos. ....	36
Figura 24: Visualização dos dispositivos que irão fazer parte do sistema de monitorização de energia elétrica. ....	37
Figura 25: Interface correspondente à monitorização de energia elétrica no contador geral.....	37
Figura 26: <i>Gateway</i> utilizada para converter o protocolo RS-Bus para BACnet.....	41
Figura 27: Diagrama da rede de comunicação atual. ....	43
Figura 28: Esquema representativo do sistema de monitorização de consumos do DEC.....	C-3

# Índice de Tabelas

Tabela 1: Listagem dos contadores de energia elétrica instalados no DEC.....	35
Tabela 2: Tabela referente ao Plano de Testes.....	B-2
Tabela 3: Tabela referente ao Modo Automático ON no Plano de Testes.....	B-2
Tabela 4: Tabela referente ao Modo Manual ON e Nível 1 no Plano de Testes.....	B-3
Tabela 5: Tabela referente ao Modo Manual ON e Nível 2 no Plano de Testes.....	B-3
Tabela 6: Tabela referente ao Modo Manual ON e Nível 3 no Plano de Testes.....	B-4
Tabela 7: Tabela referente às principais cargas na Oficina.....	C-2
Tabela 8: Tabela referente às principais cargas no laboratório de Geotecnia.....	C-2
Tabela 9: Tabela referente às principais cargas no laboratório LEMEC. ....	C-2
Tabela 10: Tabela referente às principais cargas no laboratório de Hidráulica. ....	C-2

# Lista de Abreviaturas

DEC – Departamento de Engenharia Civil

UC – Universidade de Coimbra

SGT – Sistema de Gestão Técnica

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

BMS – Building Management system

GUI – Graphical User Interface

HMI – human machine interface

OLE – Object Linking and Embedding

OPC – OLE for Process Control

SCADA– Supervisory Control And Data Acquisition

ISO – International Organization for Standardization

OSI – Open Systems Interconnection

ADU – Application Data Unit

PDU – Protocol Data Unit

RTU – Remote Terminal Unit

ASCII – American Standard Code for Information Interchange

BACnet – Building Automation Control network

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers

DDC – Microprocessor-based Direct Digital Control

OLE COM – Component Object Model

DCOM – Distributed Component Object Model

FDB – Function Block Diagram

SAPIM – Structure and Parameter Identification Menu

NAGT – Nova Aplicação de Gestão Técnica

# **Capítulo I**

## **Introdução**

## 1.1. Enquadramento do Problema

No mundo atual, existe uma enorme sensibilização para a implementação de medidas que promovam a eficiência energética. Contudo, garantir a eficiência energética de um edifício não passa somente por ter equipamentos eficientes, mas sim pela conjugação destes com uma adequada gestão dos consumos de energia, isto é, dotar os edifícios de “inteligência”. Tal é conseguido, recorrendo a sistemas de gestão técnica [1] [2].

Um sistema de gestão técnica (SGT) é um elemento essencial na estratégia de eficiência energética e na automatização de processos, pois assegura o comando, controlo, a supervisão e a gestão integrada das várias instalações existentes, tais como, climatização, iluminação, segurança e a contagem de energia, entre outros.

A utilização destes sistemas, permite poupanças na ordem dos 20%, além de enviar avisos e alertas ao serviço de manutenção no caso de anomalia ou avaria dos equipamentos, para que sejam tomadas as medidas necessárias à sua correção [3].

Neste seguimento, e aquando da conceção do Departamento de Engenharia Civil (DEC) da Universidade de Coimbra (UC), foi instalado um SGT da marca Landis & Staefa pela empresa Sistavac. Contudo, na ausência de contrato específico, a manutenção inerente ao sistema e aos equipamentos que o constituem, mais concretamente o sistema AVAC não tem sido efetuada. Em caso de avaria, são executadas operações de manutenção por parte dos técnicos do departamento [4].

Deste modo o sistema de gestão técnica do DEC carece de revisão funcional e substituição da camada de aplicação residente num computador. Com efeito, e a fim de solucionar este problema, dividiu-se em várias dissertações de mestrado do curso de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, a realização deste projeto.

O primeiro trabalho, intitulado “Sistema de Gestão Técnica do Departamento de Engenharia Civil da FCTUC” consistiu no levantamento e mapeamento de todas as entradas e saídas dos controladores, modos de ligação da workstation aos controladores, identificação das cargas e levantamento do funcionamento do software instalado, devido à falta de informação.

O segundo trabalho, com o título “Desenvolvimento de uma Aplicação de Gestão Técnica do Edifício do DEC” consistiu no desenvolvimento da aplicação para o AVAC, assim como a escolha do software específico para a execução da mesma. Criou-se uma plataforma de simulação, elaborou-se o manual de referência e o plano de testes.

No presente trabalho, o terceiro do projeto, é necessário a determinação do protocolo de comunicação proprietário utilizado na rede de controladores do sistema AVAC, bem como a ampliação funcional deste sistema. Para além do sistema de climatização pretende-se incluir no SGT o sistema de iluminação dos espaços de circulação do edifício, pois é potencialmente controlável, e os dados disponíveis sobre consumos de energia, total e parciais.

Pretende-se explorar estas possibilidades de forma incremental, assegurando em primeiro lugar a modernização da camada de aplicação do SGT existente, o que passa também por concretizar a interface de comunicação com a rede de controladores distribuídos.

## 1.2. Objetivos

Nesta dissertação, pretende-se realizar a interligação do sistema AVAC com o supervisor e a inclusão, na nova camada de aplicação do SGT, do sistema de comando da iluminação e por último do sistema de monitorização dos consumos.

Numa primeira abordagem, pretende-se a familiarização, com todas as soluções técnicas e tecnologias de base do SGT já existentes, bem como com desenvolvimentos anteriores, incluindo as especificações funcionais e de teste e com o suporte de programação GUI utilizado para a implementação do sistema.

De seguida, é necessário identificar os requisitos da camada de comunicação existente e adaptar o programa de supervisão às necessidades de comunicação da mesma com os controladores locais, existentes na rede do SGT no DEC.

No que diz respeito ao controlo da iluminação do edifício, é necessário o levantamento da instalação de iluminação de circulação, incluindo dos eventuais dispositivos de comando distribuído e identificação do potencial de comando centralizado e automatizado do serviço.

Concluído este processo, é necessário desenvolver novas funcionalidades relativas ao comando da iluminação, sobre a plataforma de desenvolvimento HMI (*human machine interface*) existente, para acrescentar ao programa de supervisão atual. Realizar testes em ambiente de simulação, de acordo com as especificações desenvolvidas. Montar no local da solução aumentada as opções de comando de iluminação, e realizar testes de operacionalidade das novas funcionalidades de acordo com as especificações de teste desenvolvidas para o efeito.

No que concerne à monitorização de consumos no DEC, pretende-se analisar as soluções existentes e a inclusão das informações sobre estes consumos no programa de supervisão.

Por último, é necessário a realização do manual de referência, da programação dos autómatos respetivos ao controlo da iluminação e a atualização do manual de referência do programa de aplicação do SGT.

## 1.3. Metodologia

A presente dissertação encontra-se dividida em sete fases:

Numa primeira fase foi realizada a familiarização com todas as soluções técnicas e tecnologias de base ao SGT existente. De seguida, foi realizada a familiarização com os desenvolvimentos em dissertações anteriores, incluindo as especificações funcionais e de teste. E por último, a identificação dos requisitos de comunicação da camada de ligação de dados da rede de controladores existentes no edifício DEC.

Na segunda fase, realizou-se o levantamento da instalação de iluminação de circulação do edifício e identificação do potencial de comando centralizado e automatização da iluminação de circulação.

Na terceira fase procedeu-se à programação dos autómatos pertencentes ao sistema de controlo da iluminação e ao desenvolvimento de novas funcionalidades relativas ao comando da iluminação sobre a plataforma HMI existente, para acrescentar ao programa de supervisão existente.

Numa quarta fase, foram analisadas as soluções existentes de monitorização de consumos do DEC e procedeu-se à inclusão de informação sobre estes consumos no programa de supervisão.

A quinta fase, foi realizada uma pesquisa sobre o protocolo de comunicação BACnet e o protocolo de comunicação OPC, para seleccionar um padrão OPC adequado às necessidades de comunicação.

Na sexta fase, foram desenvolvidas as novas funcionalidades sobre a plataforma HMI relativas à monitorização de consumos no departamento, a montagem no local da solução aumentada e a realização de testes de operacionalidade, das novas funcionalidades, com as especificações de teste desenvolvidas para o efeito.

Numa última fase, foi realizada a revisão dos manuais de utilização e de referência do SGT e testes da *gateway* adquirida e do servidor OPC.

## **1.4. Estrutura do trabalho**

A dissertação encontra-se dividida em nove capítulos, referências bibliográficas e apêndice.

O presente capítulo, Capítulo 1, pretende enquadrar o problema e dar a conhecer os objetivos desta dissertação. Neste capítulo é ainda apresentada a metodologia base utilizada durante a dissertação.

No segundo capítulo são apresentadas, de forma sucinta, características dos sistemas de gestão técnica, bem como os diferentes protocolos de comunicação. Neste capítulo é dada particular ênfase aos protocolos de comunicação utilizados no presente trabalho.

No terceiro capítulo, é descrito de forma sucinta o software SCADA utilizado e introduzida a nova aplicação de sistema de gestão técnica do DEC.

O quarto capítulo incide no sistema do controlo da iluminação de circulação do DEC. Neste é descrito o sistema de controlo da iluminação do DEC e as várias interfaces criadas na aplicação de gestão técnica.

O quinto capítulo é referente à monitorização de consumos. Neste são descritos os constituintes e como funciona o sistema de monitorização, as interfaces criadas no supervisor, e os equipamentos envolvidos.

O sexto capítulo é referente ao sistema AVAC do DEC. São apresentados os protocolos de comunicação utilizados e algumas particularidades na sua implementação.

O sétimo capítulo enumera a documentação que foi necessário desenvolver para apoio à aplicação e à realização dos testes de campo.

Por último, o oitavo capítulo apresenta as principais conclusões desta dissertação.

Em apêndice são apresentadas as tabelas de teste e os manuais de referência.

# **Capítulo II**

## **Sistemas de Gestão Técnica**

## 2.1 Sistemas de Gestão Técnica

A necessidade de poupança energética é uma prioridade. Com efeito, e sabendo que o potencial de poupança num edifício vai para além do projeto, instalações e recurso às energias renováveis, urge a necessidade de implementar sistemas de gestão técnica, pois estes bem parametrizados podem acrescentar uma poupança no consumo de cerca de 20 % [3] [5].

Os edifícios representam cerca 40% do consumo global de energia. Assim, e a fim de alcançar um patamar de rentabilidade, eficiência e sustentabilidade é necessário investir e mudar comportamentos neste sector, de forma a tornar produtores e reguladores de consumos, edifícios outrora somente consumidores. Deste modo, e para que sejam atingidas as metas da UE, onde em 2020 os edifícios deverão ter um balanço energético muito próximo de “zero”, os sistemas de gestão técnica são uma ferramenta crucial [5] [6].

Os sistemas de gestão técnica são sistemas que supervisionam, controlam e realizam a aquisição de dados, sobre tarefas necessárias ao funcionamento da instalação (ex. iluminação, AVAC, monitorização de consumos). Estes são amplamente usados em edifícios porque permitem aumento da eficiência na utilização de recursos (água, energia elétrica, gás), aumento da segurança das pessoas (ex. no caso de ocorrência de um incêndio), tornam o processo de supervisão mais cómodo, reduzem custos com pessoal. Aliado a um sistema de gestão técnica aparece o sistema de supervisão designado por SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) com o intuito de receber a informação de vários equipamentos de aquisição de dados numa instalação, compilá-la, analisá-la e armazená-la para posteriormente a apresentar ao utilizador [7].

Os sistemas estão cada vez mais inteligentes, autónomos e mais próximos do utilizador. Atualmente, o SGT evoluiu para um sistema integrado e computadorizado de todos os elementos que constituem os serviços do edifício. Deste modo, é imperativo que exista comunicação com todos os equipamentos que suportam os diferentes serviços do edifício, independentemente do fabricante, através de protocolos *standard* de mercado, permitindo uma recolha e uma gestão de dados centralizada. Uma vez disponibilizada esta informação, ela constituirá um elemento essencial para a tomada de decisões e de ações que visem a melhoria da eficiência e do conforto dos ocupantes do edifício.

Em 1984, foi desenvolvida pela *International Organization for Standardization (ISO)*, uma norma que define as comunicações entre redes de computadores com o intuito de estratificar as diferentes fases pelas quais a informação passa através da rede, de um dispositivo para outro. Este modelo é representado através de 7 camadas, e designado por *Open Systems Interconnection (OSI)* (figura 1) [8].

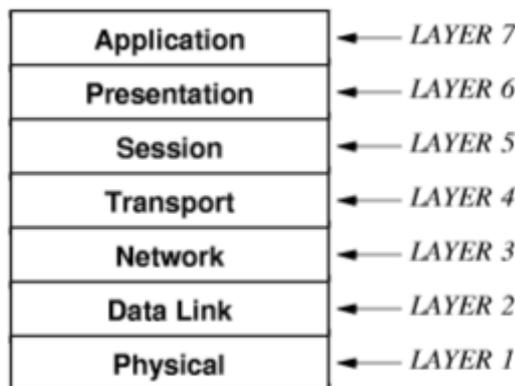


Figura 1: Esquema representativo das 7 camadas de um protocolo de comunicação OSI [8].

Nas primeiras três camadas/níveis, não existe uma interação direta com os utilizadores finais. A primeira (camada física), define as características do meio físico de transmissão da rede (equipamento básico da rede). O nível da ligação de dados utiliza os serviços da camada física para enviar pacotes de dados entre dois equipamentos ligados à mesma rede física. Neste nível, é imprescindível controlar o acesso ao meio físico de transmissão e os erros da camada física. A camada de rede, é responsável por suportar os mecanismos necessários ao encaminhamento dos pacotes entre sistemas interligados, independentemente da rede física. O nível de transporte (quarta camada), é responsável pelo controlo de informação, segmentação e controlo de erros. A camada de sessão, controla (estabelece, realiza e termina a gestão), as sessões entre aplicações. Em muitas arquiteturas este nível não existe ou então está parcialmente englobado noutra camada. O nível de apresentação assegura a compatibilização da informação entre camadas de aplicação de sistemas diferentes fabricantes de computadores [8].

As funcionalidades que um SGT proporciona são ao nível de campo, de automação e de gestão. O nível de campo garante a recolha da informação (sensores) e a execução de ações de controlo (atuadores). O nível de automação é o meio que implementa e executa algoritmos de controlo, tolerância a falhas, instrumentação de *software*, entre outros, enquanto o nível de gestão é responsável pela configuração e gestão do sistema (monitorização).

Na figura 2, estão representados diversos protocolos de comunicação, bem como, os níveis de automação proporcionados por um SGT.

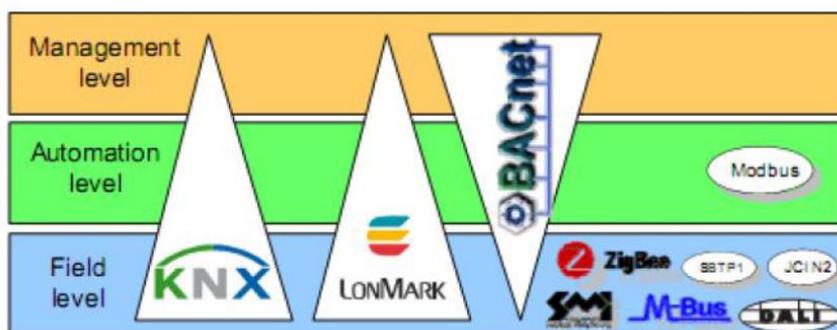


Figura 2: Esquema representativo da hierarquia dos níveis de automação [9].

## 2.2 Protocolos de comunicação

No início, cada fabricante estabelecia o seu próprio protocolo (protocolo de comunicação proprietário). Com efeito, não se conseguia estabelecer a comunicação quando os equipamentos eram de diversos fabricantes. Tal limitação, tem sido superada recorrendo a protocolos abertos. Estes protocolos permitem a interligação de vários PLC's, de fornecedores distintos. O utilizador fica assim livre de escolher o fabricante, e com a flexibilidade de expandir ou modificar facilmente o sistema. De entre os protocolos de comunicação abertos, destacam-se o BACnet e o Modbus [10]. De notar que, enquanto nos equipamentos com o mesmo protocolo a comunicação é direta, nos equipamentos com diferentes protocolos geralmente é necessário recorrer a uma *gateway* ou a outro tipo de “tradutor” para poder trocar informações [11].

## 2.2.1. Protocolo de comunicação Modbus

O protocolo Modbus, que foi desenvolvido pela *Modicon Industrial Automation Systems*, em 1979, é hoje um protocolo aberto pertencente ao grupo Schneider. A sua elevada simplicidade e facilidade de implementação faz com que seja utilizado em grande escala, em sistemas de automação industrial e edifícios [10] [12].

A aproximação Modbus ao modelo OSI ocorre ao nível das camadas 1, 2 e 7, respetivamente camada física, de ligação e de aplicação. A camada física, permite a implementação da comunicação série através dos padrões RS232 e RS485. A camada de ligação de dados possibilita o acesso à rede através de uma arquitetura mestre/escravo, onde a iniciativa do envio das mensagens está restringida ao mestre. Se for requerida uma resposta aos escravos, estes respondem à solicitação do mestre e, se tal não acontecer, limitam-se a executar as ações solicitadas por este. O mestre pode dirigir-se individualmente a cada escravo, ou difundir mensagens dirigidas a todos. Na camada de aplicação definem-se as funções de leitura e escrita das variáveis, faz-se o diagnóstico e as estatísticas de ocorrência da rede [13] [14].

No caso das comunicações série RS232 e RS485 são definidos dois modos de transmissão: o Modbus ASCII e o Modbus RTU.

Atualmente, requerem-se sistemas cada vez mais rápidos e versáteis. Com efeito, de modo a aumentar o desempenho do protocolo Modbus, foi desenvolvida uma nova variante que utiliza Ethernet como meio físico. Assim, nasceu o protocolo Modbus TCP/IP que acrescenta à simplicidade do Modbus as vantagens do TCP/IP sobre Ethernet.

Na estrutura da mensagem do protocolo Modbus a ADU (*Application Data Unit*) depende da camada física. O protocolo define ainda um PDU (*Protocol Data Unit*) na ADU independente do meio físico a utilizar, figura 3 [15].

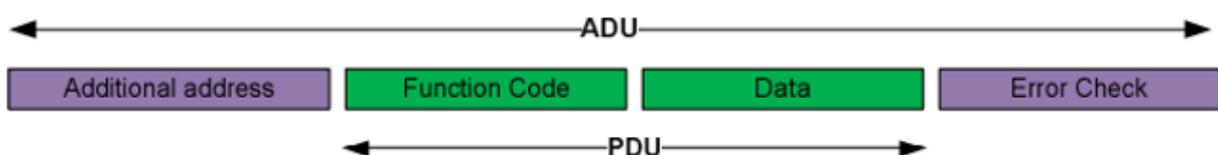


Figura 3: Mensagem genérica em Modbus [16][15].

Em Modbus TCP/IP é introduzido um campo específico, designado por *Modbus Application Protocol Header* (MBAP Header) figura 4. A verificação dos erros na mensagem fica a cargo do protocolo TCP/IP. No Modbus TCP/IP, qualquer equipamento pode ser cliente e servidor simultaneamente [17].

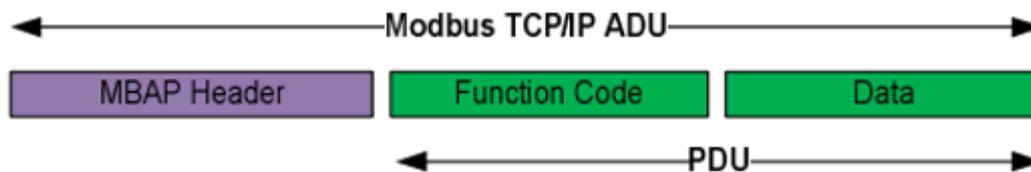


Figura 4: Estrutura da mensagem do protocolo Modbus TCP/IP [17].

Numa rede Ethernet, pode ocorrer mais do que uma comunicação em simultâneo, assim, no caso de se ter dois equipamentos com características de escravo e mestre, podem ocorrer duas comunicações em simultâneo. O equipamento terá a porta TCP 502 (reservada a comunicações Modbus TCP/IP) para troca de mensagens no escravo e outra para troca de mensagens no mestre [17].

## 2.2.2. Protocolo de comunicação BACnet

O BACnet - *Building Automation and Control Network*, é um protocolo de comunicação que foi desenvolvido em 1987, pela *American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) [18][19].

Na década de 80, os sistemas *microprocessor-based direct digital control* (DDC), eram extremamente utilizados em sistemas de controlo do AVAC, nos edifícios. Estes sistemas, através de um controlo distribuído, forneciam uma elevada flexibilidade operacional, e uma redução dos custos de energia em comparação com sistemas de controlo pneumáticos [20].

Mesmo com os avanços tecnológicos e consequentemente a redução do custo da tecnologia, os “edifícios inteligentes” mantiveram-se por muitos anos como uma promessa e um dos principais obstáculos, foi a falta de protocolos de comunicação padrão [20].

Atualmente, tem havido dificuldades em atualizar ou expandir o sistema de controlo devido à existência de protocolos de comunicação proprietários incompatíveis com os produtos mais antigos até do mesmo fornecedor. Assim, e para que esta situação seja ultrapassada, os fabricantes viram-se obrigados a desenvolver *gateways* e outros produtos “tradutores” dos protocolos de comunicação proprietários [20].

O Bacnet fornece a infraestrutura de comunicação necessária de forma a integrar produtos de diferentes fabricantes e serviços do edifício que são independentes, tal como, a monitorização, o controlo do ar condicionado e ventilação e iluminação.

Os dados num dispositivo BACnet são organizados como uma série de objetos de diversos tipos com um conjunto de propriedades associadas. Um dispositivo é constituído pelo menos por um objeto utilizado para representar o próprio [21].

Assim, quem utiliza o BACnet não necessita de saber como um determinado dispositivo funciona internamente, pois este é tratado como uma coleção de objetos os quais podem ser acedidos através dos serviços BACnet. Tal facilita o tratamento de dados dos dispositivos de diferentes fabricantes, pois as características internas de cada um ficam “ocultas”. Um outro ponto interessante, é que não há necessidade de saber quais são os outros protocolos, pois estes funcionarão em conjunto com o BACnet [21] [22].

Na figura 5, é possível observar a arquitetura BACnet com base na arquitetura colapsada do modelo OSI. Esta arquitetura, faz referência a quatro das sete camadas deste modelo.

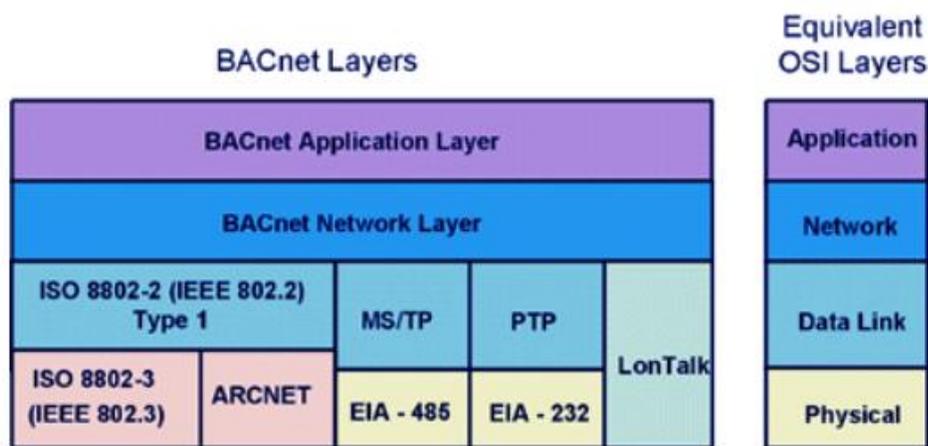


Figura 5: Arquitetura BACnet baseada no modelo OSI [23].

A solução para compreender a camada de aplicação do BACnet, é pensar nesta como duas partes distintas, mas intimamente relacionadas. Assim, nesta camada, existem as informações contidas num dispositivo de automação e um grupo de funções ou "serviços" utilizado para trocar esta informação.

No caso da arquitetura e configuração de um dispositivo ser de natureza proprietária o protocolo de comunicação BACnet irá ultrapassar este obstáculo, definindo um conjunto de estruturas de dados abstratos chamados objetos com propriedades representativas do hardware, software, e do funcionamento do dispositivo. Os objetos BACnet fornecem meios de identificação e acesso à informação sem a necessidade de conhecimento dos detalhes do projeto interno de um dispositivo [21].

Este protocolo de comunicação fornece várias opções para a tecnologia de rede permitindo uma flexibilidade de projeto com base no custo e performance. Assim, é possível utilizar uma única tecnologia de rede ou a combinação de várias tecnologias para formar uma rede BACnet. O objetivo do protocolo de camada de rede é o de proporcionar meios através dos quais as mensagens podem ser encaminhadas de uma rede BACnet para outra, independentemente da tecnologia de rede BACnet usada na mesma.

Os protocolos de rede aos quais o BACnet dá suporte são: Ethernet, ARCNET, MS/TP (Master Slave/Tolken Passing), LonTalk e PTP (Point To Point). Estes diferem na velocidade, topologia e custo e podem ser interligados de forma a ter uma rede BACnet [20] [22].

### 2.2.3. Protocolo OPC

Um dos grandes problemas da diversidade de equipamentos e sistemas é a sua difícil integração. A fim de colmatar este problema, foi desenvolvido em 1996 por uma equipa liderada pela Microsoft, o padrão OPC. Este foi desenvolvido com o objetivo de solucionar o problema dos protocolos de comunicação proprietários, trazendo um padrão para onde antes só existiam soluções específicas [24].

O padrão OPC (do inglês “*OLE for Process Control*”) é um padrão baseado nas tecnologias Microsoft OLE COM (*Componet Object Model*) e DCOM (*Distributed Componet Object Model*), com a finalidade de facilitar a integração entre diferentes sistemas distribuídos.

Como é observado na figura 6, quando o servidor e o cliente OPC estão instalados no mesmo computador, o OPC utiliza o COM para estabelecer a comunicação entre ambos. Porém quando o servidor e cliente OPC estão instalados em computadores diferentes dentro de uma rede, o OPC passa a utilizar DCOM [25].

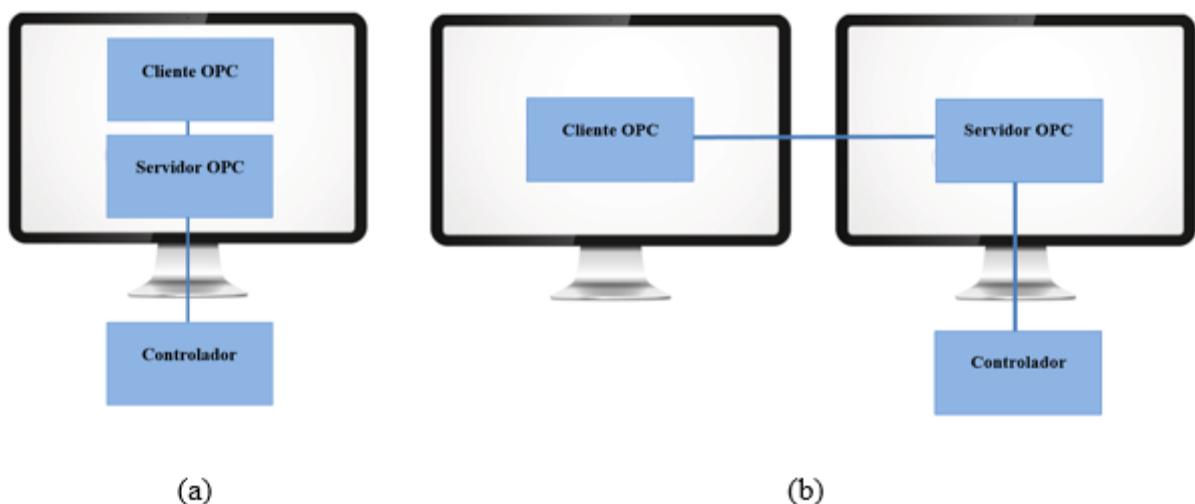


Figura 6: Funcionamento do OPC: (a) COM; (b) DCOM

O OPC estabelece um padrão que permite criar servidores para extrair dados de qualquer fonte, equipamento ou aplicação, e fornecê-los a uma aplicação cliente.

O funcionamento do OPC é baseado na tradicional arquitetura cliente-servidor, conforme representado na figura 7.



Figura 7: Arquitetura Cliente – Servidor do OPC.

Um ou mais servidores fornecem dados para uma ou mais aplicações cliente. Neste caso o software de supervisão solicita um dado ao servidor OPC, que lhe responde com o dado solicitado. Uma aplicação cliente pode solicitar dados a um ou mais servidores OPC, e o inverso também é possível. Portanto, o OPC possibilita uma grande variedade de comunicações, sendo para tal necessário apenas que os aplicativos sejam compatíveis com OPC [25].

Este protocolo não elimina o protocolo proprietário nativo do PLC ou equipamento de campo. O servidor OPC só “traduz” este protocolo proprietário para o padrão OPC. Portanto, é necessário o desenvolvimento de um servidor OPC específico para cada um dos diferentes protocolos de comunicação existentes [25].

O OPC está dividido em diferentes especificações, desenvolvidas para solucionar necessidades específicas relacionadas com a integração de informações. Tais especificações utilizam um conjunto de funções básicas, que generalizam as necessidades comuns das diferentes especificações, permitindo que as mesmas sejam utilizadas em uma mesma aplicação [25].

A primeira especificação OPC, que posteriormente se veio a chamar de *OPC Data Access*, permite somente a troca de dados em tempo real. Existem também as especificações *OPC HDA- Historical Data Access*, *OPC AE- Alarms & Events* [26][27].

No modelo *OPC Data Access*, o servidor OPC é um objeto COM. Este permite à aplicação cliente gerir os grupos, os itens em cada grupo, ver os atributos ou campos, associar mensagens significativas a códigos de erro e saber o estado do servidor.

Na figura 8 pode ser observada a hierarquia dos objetos no modelo OPC DA.

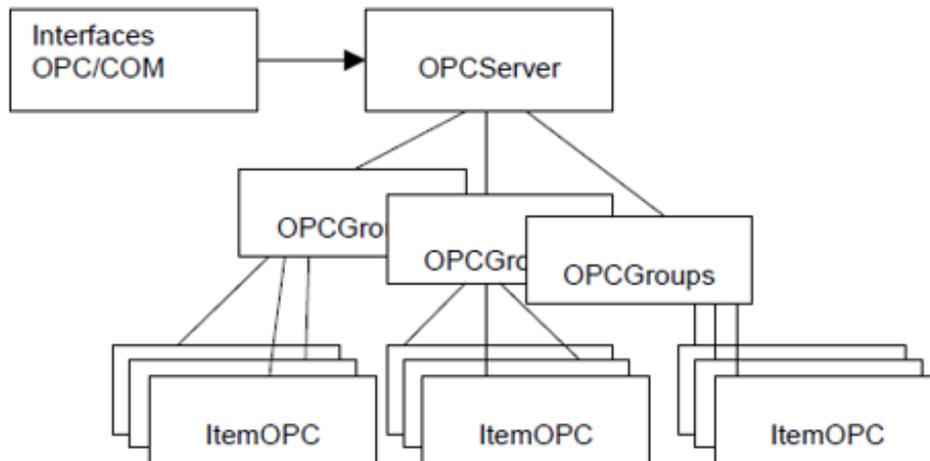


Figura 8: Grupos e itens OPC [35].

Um cliente OPC comunica com um servidor OPC que por sua vez comunica com uma fonte de dados subjacente. Assim, o objeto *OPC Server* fornece uma forma de acesso ou de comunicação a um conjunto de fontes de dados *OPC Groups*. Um objeto *OPC Group* permite ao cliente organizar os dados a que pretende aceder. Este disponibiliza uma coleção de *OPC Items* que podem facultar uma conexão a um item de dados na fonte de dados subjacente. Pode ser ativado ou desativado como uma unidade.[24].

A maior evolução do OPC está a surgir agora, com a especificação *OPC Unified Architecture* ou OPC UA. Este novo modelo OPC começou a ser desenvolvido em 2004 e as primeiras partes da especificação começaram a ser disponibilizadas em 2006. Como o seu nome sugere, o OPC UA irá unificar todas as especificações OPC, nomeadamente a OPC DA, HDA e AE. O que significa que, caso um equipamento ou sistema seja compatível com OPC UA, será possível a troca de todos os tipos de dados, sejam estes dados em tempo real, históricos ou alarmes. O OPC UA também vem ao encontro da evolução da informática e da internet e, além de ser multiplataforma, também é baseado em tecnologias orientadas para a web como TCP/IP, http, SOAP e XML [27] [28].

## 2.3 Plataforma de monitorização de consumos

No contexto da eficiência energética e a sua necessidade crescente, têm sido desenvolvidos diversos projetos no departamento de engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Universidade de Coimbra, com o objetivo de criar um sistema de análise e monitorização energética.

Neste seguimento, aparece o sistema MeWaGo, que é o sistema de monitorização de consumos em funcionamento nos edifícios dos departamentos de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Mecânica e Civil, com a finalidade de criar um sistema único e eficaz capaz de comunicar com qualquer equipamento de contabilização energética instalado numa edificação, manter um histórico de consumos energéticos através dos dados armazenados continuamente por localização ou por equipamento de monitorização [29].

Na figura 9, é apresentada a arquitetura do MeWaGo.

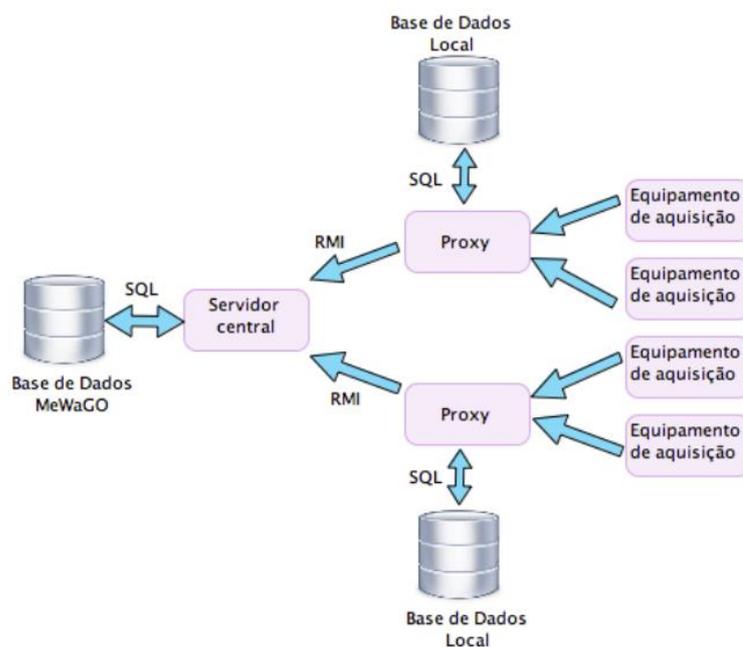


Figura 9: Plataforma MeWago.[30].

O sistema MeWaGo, é constituído por equipamentos de aquisição, proxys, por um servidor central e bases de dados. Os equipamentos de aquisição são responsáveis por registar os recursos consumidos, a cada 15 minutos, numa determinada localização. De seguida, estes dados seguem para um proxy que é o componente responsável por recolher os dados dos vários equipamentos de aquisição instalados num edifício. Cada proxy tem uma base de dados local onde as leituras dos equipamentos de aquisição são armazenadas temporariamente, até serem transferidas para o

servidor central. Por último, e após as leituras serem transferidas para o servidor central são armazenadas na base de dados, principal do sistema MeWaGo [30][29].



# **Capítulo III**

## **Nova aplicação de gestão técnica**

### 3.1. Software Visu+

Os sistemas SCADA melhoram a eficiência do processo de monitorização e controlo, na medida em que disponibilizam em tempo real o estado do sistema através de previsões, gráficos e relatórios. Esta capacidade, permite a tomada de decisões operacionais apropriadas quer automaticamente, quer por iniciativa do operador.

O Visu+ foi o software selecionado, no segundo trabalho, com o título “Desenvolvimento de uma Aplicação de Gestão Técnica do Edifício do DEC”, para criar a nova aplicação de gestão técnica que irá funcionar no departamento de engenharia civil [7].

Esta plataforma permite criar aplicações, executar projetos de monitorização e controlar processos.

O seu ambiente de desenvolvimento é intuitivo, e possui bibliotecas de objetos pré-definidos para um grande leque de sistemas de controlo e monitorização. Este é dividido em dois modos de funcionamento: o modo *Runtime* e um modo de desenvolvimento. O modo de funcionamento *Runtime*, tem como objetivo facilitar o desenvolvimento de testes do projeto. Enquanto o modo de desenvolvimento, permite a criação de projetos. Este programa possui uma árvore de recursos denominada *Project Explorer*, à esquerda da área central de trabalho. À direita da área de trabalho podemos encontrar as propriedades apresentadas por cada item. Este programa possui também uma área destinada a programar em Ladder.

Na figura 10, é apresentado o ambiente de trabalho do Visu+.

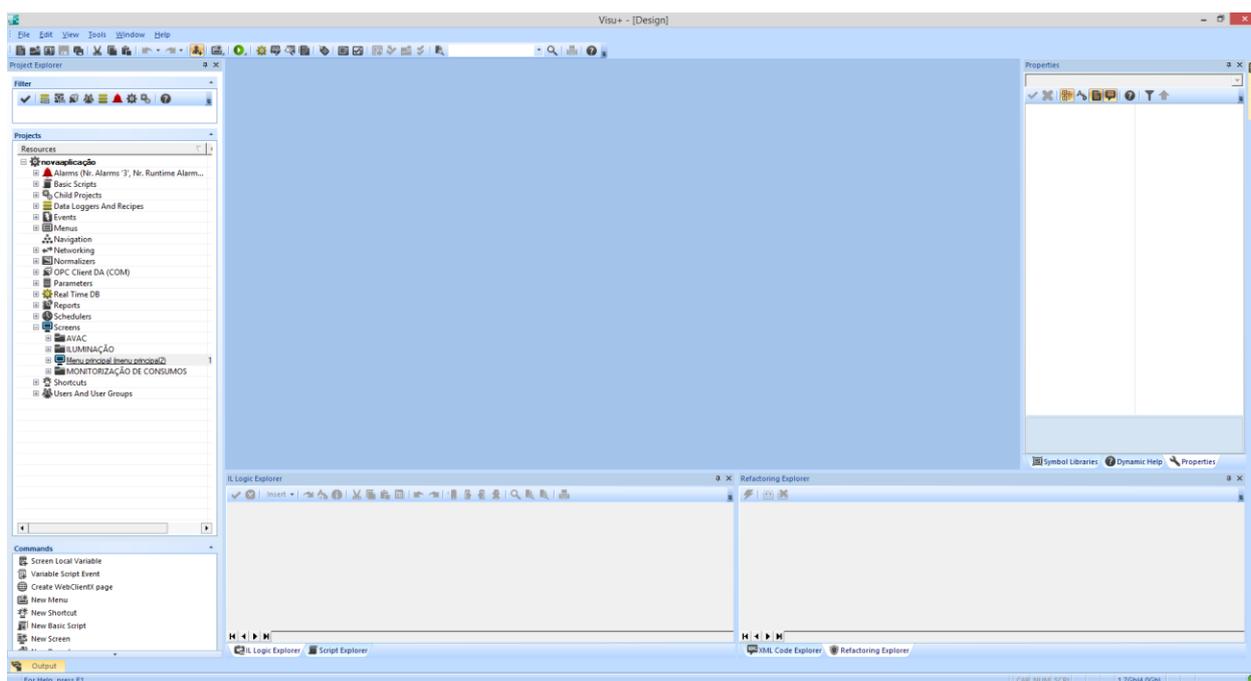


Figura 10: Apresentação do ambiente de trabalho do Visu+.

## 3.2. Nova aplicação de gestão técnica

No segundo trabalho, com o título “Desenvolvimento de uma Aplicação de Gestão Técnica do Edifício do DEC” foram realizadas um conjunto de interfaces, contudo estas somente diziam respeito ao sistema AVAC. Com efeito, no presente trabalho, foi necessária a reformulação das interfaces para padronizar a aplicação, aquando da inserção de novas funcionalidades.

Na figura 11, é apresentada a interface principal do sistema de gestão técnica.

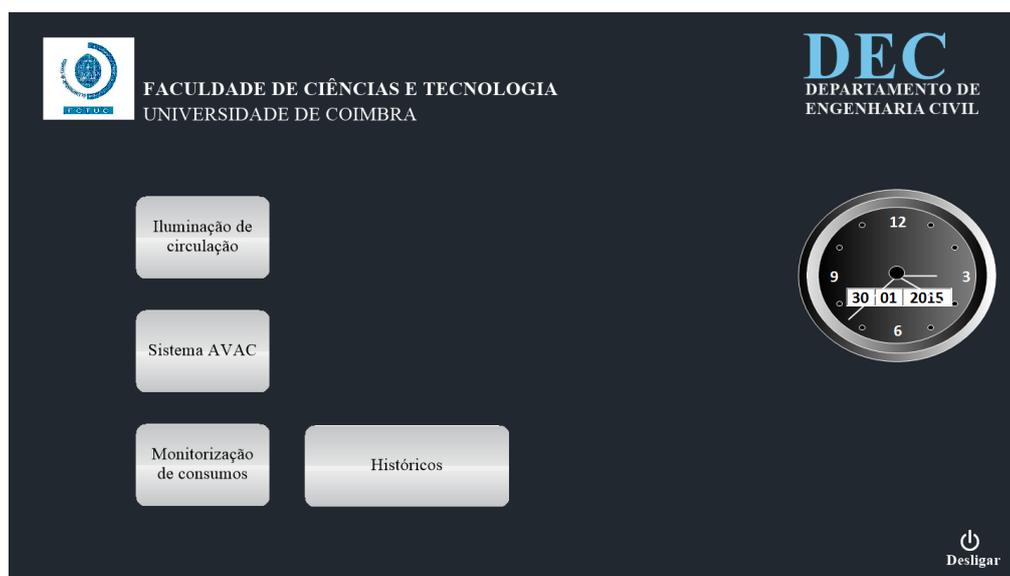


Figura 11: Interface Principal.

A aplicação de gestão técnica implementada, é constituída por um conjunto de interfaces/janelas associadas a diversas funcionalidades do SGT.

A interface principal desta aplicação, é constituída por uma série de botões de pressão. Estes permitem monitorizar e/ou controlar os sistemas referentes à iluminação de circulação, ao AVAC, e monitorização de consumos. Esta janela também contém um botão que remete para os históricos das variáveis de temperatura ambiente, eletrobombas, ventiladores, caldeiras e unidades condicionadoras, correspondentes ao sistema AVAC.

Aquando do seu desenvolvimento, teve-se em consideração a necessidade de ser intuitiva. Com efeito, foi criado um padrão de apresentação ao utilizador. Neste seguimento, independentemente do sistema existe sempre um conjunto de botões estáticos referentes às especificações do sistema. Além disso, nas interfaces correspondentes aos vários sistemas que fazem parte do SGT, existe sempre um botão que permite o retorno à interface principal do programa de aplicação.



# **Capítulo IV**

## **Iluminação do DEC**

## 4.1. Sistema de Controlo da Iluminação no DEC

Os responsáveis do DEC planearam, à cerca de dois anos, a instalação de um sistema de controlo para iluminação de circulação. Neste seguimento, foram instalados um conjunto de PLCs Twido Schneider, mas não se procedeu à ligação dos circuitos de iluminação aos autómatos nem à programação dos mesmos.

No modelo inicial para a rede de controlo, a Schneider propôs a existência de um mestre (TWDLCAE40DRF) e sete escravos (TWDLCAA16DRF). Neste modelo, o mestre (piso 2) comunicava através de Modbus com um dos escravos dos pisos três e quatro, que por sua vez, comunicavam com os restantes escravos do piso a que pertenciam através do protocolo de comunicação proprietário *Remote Link*.

Na figura 12, é apresentado o esquema de ligações da rede de PLCs Twido, idealizado pela Schneider.

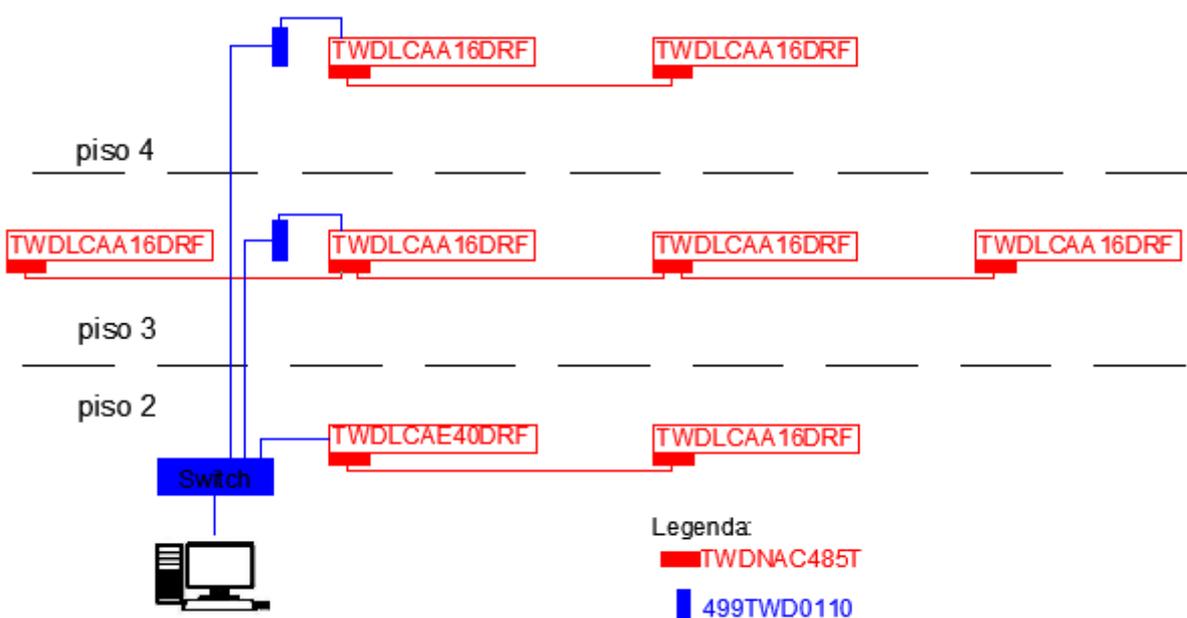


Figura 12: Esquema da ligação dos PLCs Twido.

Na rede de comunicação da figura 12, as ligações a azul representam a comunicação através do protocolo de comunicação aberto Modbus entre PLCs ou entre o PLC mestre e o supervisor, e a vermelho o protocolo de comunicação proprietário *Remote Link*.

O PLC Twido TWDLCAE40DRF contém 24 entradas, 16 saídas e uma porta Ethernet incorporada. O PLC TWDLCAA16DRF contém 9 entradas e 7 saídas, comunica através do Modbus e contém um módulo de interface chamada TwidoPort 499TWDO1100 que permite aos autômatos programáveis Twido a ligação à rede Ethernet através de uma das portas série do autômato. Todos os PLCs da rede, representados na figura 11, contêm um cartucho de comunicação série RS485 chamado de TWDNAC485T [31] [32] [33].

No modelo proposto pela Schneider e anteriormente descrito o sistema de controlo da iluminação seria totalmente independente do supervisor. Contudo, e de modo a ser possível incorporar o sistema de controlo da iluminação no supervisor, foi necessário alterar a configuração da rede. Nesta nova configuração, existe um mestre por piso. Com efeito, o controlo de cada piso fica independente, cada mestre comunica com o supervisor através do Modbus. O mestre de piso irá comunicar com os escravos, do mesmo piso através de *Remote link*.

O PLC mestre do segundo piso do edifício é o TWDLCAE40DRF, enquanto no terceiro e quarto piso os autômatos adotados são TWDLCAA16DRF, conjugados com a interface TwidoPort 499TWD01100. Os restantes autômatos são do modelo TWDLCAA16DRF e são escravos.

Nesta solução, existem três mestres ligados ao supervisor através de um *switch*, e são programados através do software “Twido Suite” com recurso à linguagem de programação Ladder. Nos escravos apenas se realiza a configuração do hardware e do endereço utilizado, correspondente à rede *Remote Link*. Assim, as entradas e saídas dos escravos são programadas através do mestre do piso correspondente.

Cada PLC Twido, quer seja mestre ou escravo, está destinado a controlar três circuitos distintos correspondentes a três níveis de intensidade luminosa.

## 4.2. Controlo da iluminação na NAGT

Para uma boa gestão da iluminação, os circuitos da iluminação de circulação irão ser divididos em três circuitos distintos correspondentes a três níveis de intensidade luminosa. Nas figuras 13, 14 e 15 são ilustrados os diferentes circuitos criados, na zona 2 do piso 2, para os níveis de intensidade 1, 2 e 3. Na figura 16, é possível observar os três níveis ligados em simultâneo.



Figura 13: Controlo da iluminação com o nível de intensidade 1 ativo (zona 2 do piso 2).



Figura 14: Controlo da iluminação com o nível de intensidade 2 ativo (zona 2 do piso 2).



Figura 15: Controlo da iluminação com o nível de intensidade 3 ativo (zona 2 do piso 2).

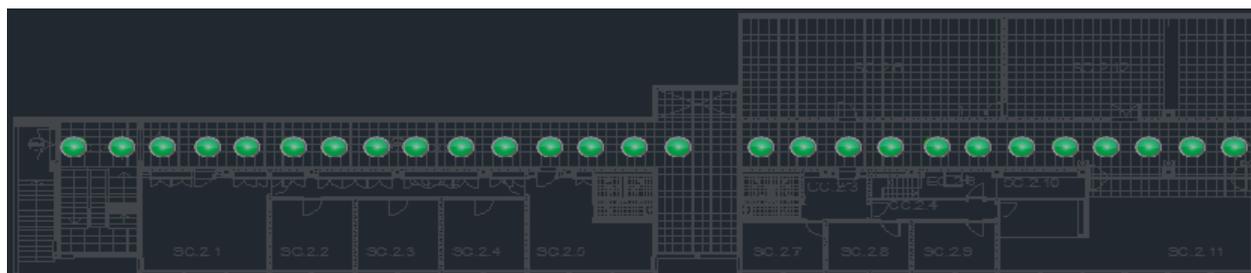


Figura 16: Controlo da iluminação com os níveis de intensidade 1, 2 e 3 ativos (zona 2 do piso 2).

O controlo da iluminação pode ser realizado de forma automática ou manual. Em modo automático, o controlo é realizado tendo em conta a informação obtida de dois sensores crepusculares instalados numa claraboia do edifício e através da escolha do horário pretendido na aplicação de gestão técnica

No modo manual, são utilizados os botões de pressão existentes na aplicação de gestão técnica para seleccionar a zona pretendida e o nível de intensidade. Assim, ao seleccionar o modo manual é possível controlar todas as zonas de circulação, com recurso a diferentes níveis de intensidade luminosa por selecção de diferentes circuitos.

No entanto, caso seja seleccionado o modo automático, só é possível controlar os níveis de intensidade 1 e 2 a partir dos sensores crepusculares 1 e 2, respetivamente e dos horários pré-definidos. O nível de intensidade 3, fica assim apenas disponível a partir de um botão físico temporizável ligado ao PLC mestre do piso ou através de uma opção disponível no supervisor.

A figura 17, ilustra a interface correspondente ao funcionamento condicionado por horário.



Figura 17: Interface correspondente ao funcionamento condicionado por horário.

Uma das características importantes deste sistema é a possibilidade de funcionamento condicionado por horário, permitindo ao utilizador introduzir um horário de início e de paragem de um dado equipamento. O utilizador tem assim a possibilidade de introduzir na aplicação de gestão técnica os períodos horários que pretende para o controlo da iluminação de circulação,

nos diversos dias da semana. De notar que o agendamento de um horário está interligado com o modo automático, enquanto que em modo manual o horário não tem qualquer interferência no funcionamento dos equipamentos.

Na figura 18, está representada a interface correspondente ao menu principal da iluminação de circulação.

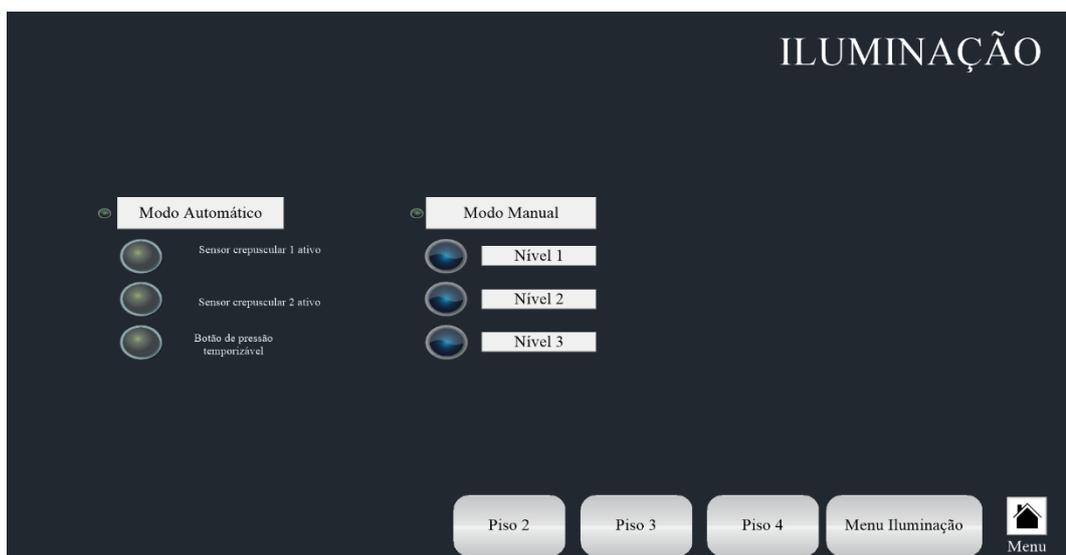


Figura 18: Interface correspondente ao menu principal da iluminação de circulação.

O controlo da iluminação de cada piso, a partir do supervisor é realizado a partir de uma janela correspondente ao mesmo. No entanto, está presente no SGT uma interface onde é possível controlar todos os pisos através de botões correspondentes ao modo automático e modo manual. Ao selecionar o modo automático nesta vista, todos os pisos ficarão em modo automático, com a particularidade de cada piso poder estar com um horário de funcionamento distinto, tanto para o nível de intensidade 1 como para o nível de intensidade 2.

Na janela correspondente ao menu principal (figura 18) é também possível monitorizar o estado dos sensores crepusculares e do botão de pressão ligado a uma das entradas do autómato.

Na figura 19, é possível observar a interface correspondente à iluminação de circulação do piso 2.

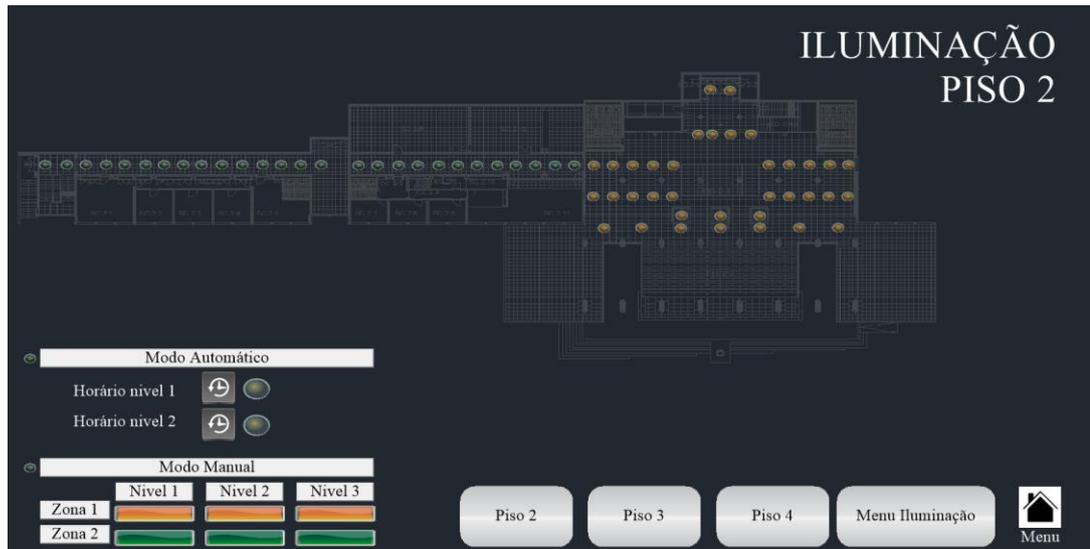


Figura 19: Interface correspondente à Iluminação de circulação do Piso 2

Neste piso existem dois autômatos que controlam duas zonas da iluminação. O controle da zona 1 é realizado através do mestre do piso, enquanto, da zona 2 é realizado através do escravo. Cada PLC, quer seja mestre ou escravo está destinado a controlar uma zona com recurso a três níveis de intensidade luminosa.

Na figura 20, é apresentada a interface correspondente à iluminação de circulação do piso 3.

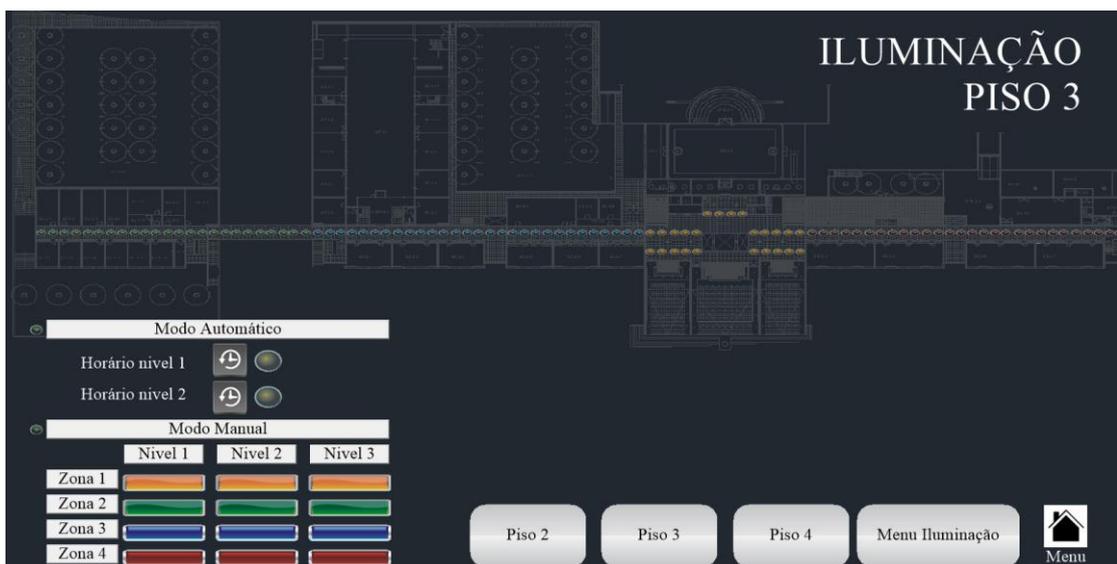


Figura 20: Interface correspondente à Iluminação de circulação do Piso 3

Neste piso, o controlo da iluminação é realizado a partir de 4 PLCs (1 mestre e 3 escravos). O mestre controla a zona 1 assinalada a laranja, o escravo 1 controla a zona 2 (verde), o escravo 2 controla a zona 3 (azul) e o escravo 3 controla a zona quatro (vermelho).

Os sensores crepusculares, encontram-se instalados neste piso e estão ligados ao PLC que controla a zona 3.

Na figura 21, é apresentada a interface correspondente à iluminação de circulação do Piso 4.

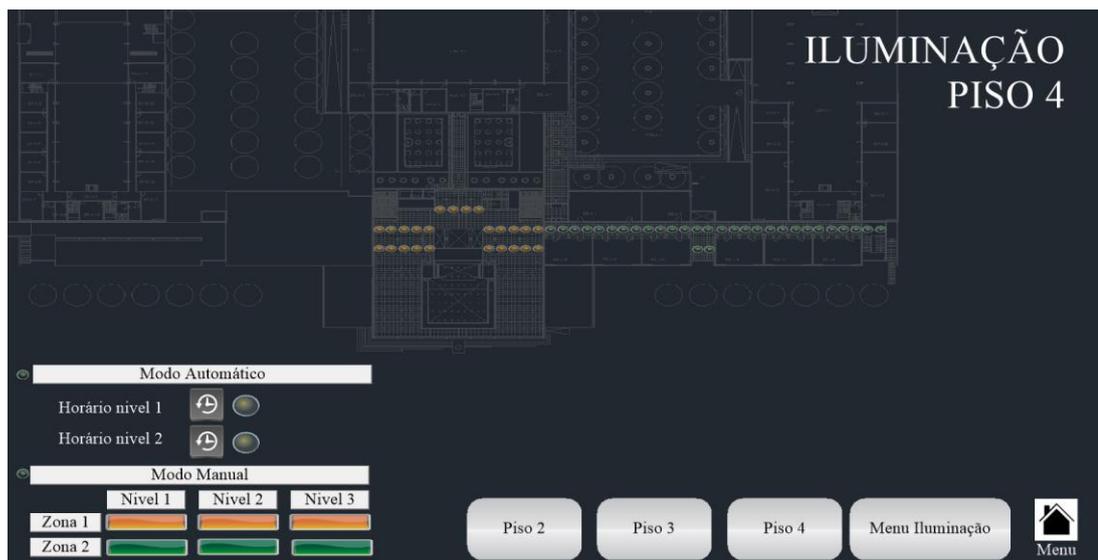


Figura 21: Interface correspondente à Iluminação de circulação do Piso 4.

Neste piso, tal como no segundo piso, o mestre está a controlar a zona 1 (laranja) e o escravo a controlar a zona 2 (verde).

# **Capítulo V**

## **Monitorização de consumos no DEC**

## 5.1. Sistema de Monitorização de Consumos

O sistema de monitorização em funcionamento no DEC é constituído por dois contadores (um monitoriza o quadro elétrico geral do edifício e outro um quadro elétrico parcial) de energia elétrica, um zélio Logic SR3B261BD (autómato) que tem a função de concentrar as contagens dos dois contadores e por um computador local (proxy) que interroga o zélio e posteriormente envia as contagens para a base de dados MeWaGo.

Na figura 22, é possível observar o Zélio Logic instalado no DEC.

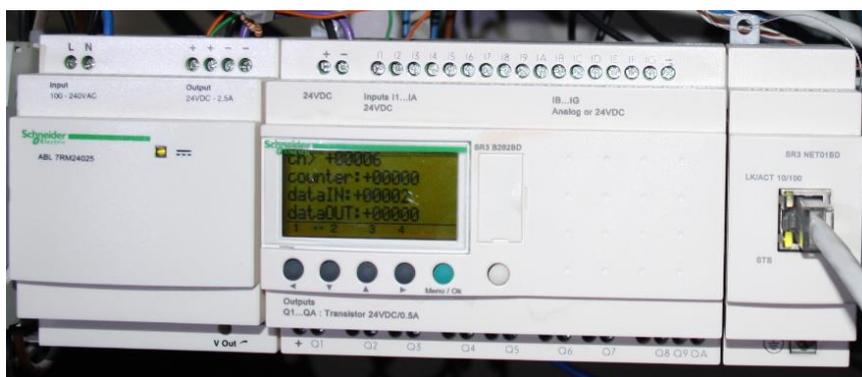


Figura 22: Zelio Logic SR3B261BD com módulo Ethernet SR3NET01BD instalado no DEC.

O Zelio Logic SR3B261BD, é um relé inteligente modular compacto que possui 16 entradas, 10 saídas e pode ainda receber extensões com mais 6, 10 ou 14 entradas ou saídas. Este detém um módulo de extensão SR3NET01BD que permite efetuar a comunicação para que os dados recolhidos sejam armazenados. O equipamento pode ser programado de forma independente, utilizando os botões do módulo lógico (linguagem Ladder) ou através de um computador, utilizando o software “Zelio Soft”. Ao utilizar o computador, a programação pode ser realizada em linguagem Ladder ou em diagrama de blocos de funções (FDB).

O módulo lógico apresentado recebe os impulsos enviados pelos contadores de energia trifásicos, da marca Carlo Gavazzi, modelo EM21 72D, adequado para medir tanto energia ativa como energia reativa. As medições de corrente são realizadas indiretamente através de transformadores de corrente, enquanto a tensão é medida de forma direta.

As necessidades de melhorar o controlo dos consumos energéticos, com a intenção de saber onde, quando e quanto está a ser consumido levou os responsáveis deste departamento a instalarem mais dispositivos de monitorização (tabela 1). Apesar de já se encontram em funcionamento ainda não estão ligados ao sistema de monitorização de consumos instalado. Deste modo, as leituras são registadas, por um responsável, uma vez por semana.

Tabela 1: Listagem dos contadores de energia elétrica instalados no DEC.

Local	Quadro
Bombas Hidráulicas	Q4.3.1
Hidráulica	Q4.3
Geotecnia	Q4.1
LEMEC	Q3.4
Urbanismo	Q3.5
Oficina	Q3.2.1
Bar	Q1.2
CGD	QCGD
Vodafone	Q4
Elevadores	QCM1
Informática	Q3.8
AVAC Biblioteca	Q4
Biblioteca	Q3.1
Geral	QGE
Fornos	QFornos

O equipamento destinado a recolher os impulsos, emitidos pelos contadores, não contém o número de entradas suficientes. Assim, e de modo a agregar os pontos de monitorização de energia elétrica (tabela 1) e os pontos de monitorização de gás e água é necessário substituir o zélio instalado por um com mais estradas ou então adicionar ao já existente uma extensão com pelo menos mais 6 entradas.

## 5.2. Monitorização de Consumos no Supervisor

Na figura 23, é possível observar a interface correspondente à monitorização de consumos no DEC.



Figura 23: Interface correspondente à monitorização de consumos.

Tendo em conta os dados disponíveis a partir da plataforma MeWaGo e a expansão que se irá realizar no sistema de monitorização de consumos do DEC, foi criado um conjunto de interfaces correspondentes à monitorização dos vários recursos consumidos, nomeadamente, energia elétrica, gás e água.

Na janela da monitorização de consumos, (figura 24) são apresentados os pontos de monitorização que se encontram neste momento a enviar as leituras para a base de dados. Neste caso, como ainda só estão ligados ao zélio, os contadores do quadro geral elétrico e dos fornos, apenas esses são visualizados. Este detém diversos botões de direcionamento à informação dos consumos de cada um dos laboratórios e da oficina.

Nesta interface existe um botão de pressão (Localização dos equipamentos de aquisição) que abre uma janela com um esquema representativo da localização de todos os equipamentos de aquisição de energia elétrica instalados no edifício (figura 24).

Na figura 24, é possível observar os dispositivos que irão fazer parte do sistema de monitorização da energia elétrica.

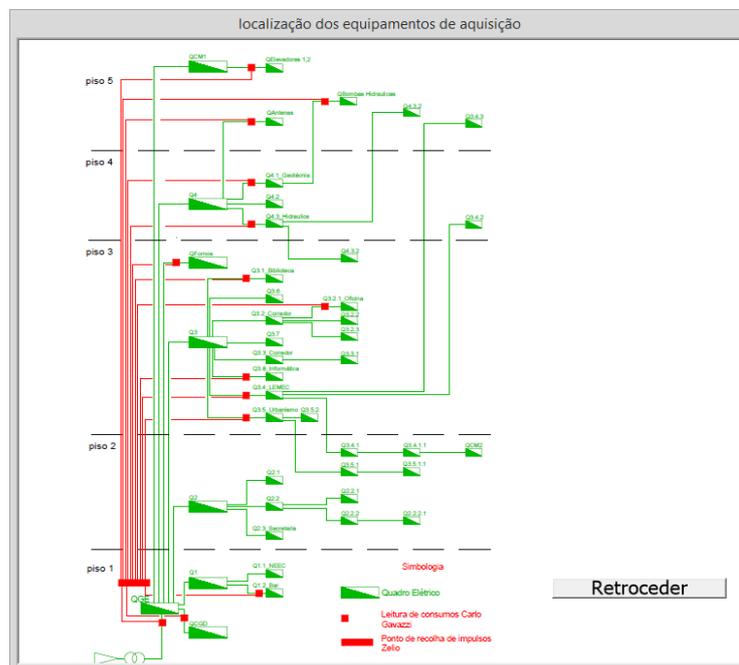


Figura 24: Visualização dos dispositivos que irão fazer parte do sistema de monitorização de energia elétrica.

Na figura 25, está representada a interface correspondente à monitorização de energia elétrica no contador que se encontra no quadro geral elétrico.

**Consumos de Hoje até ao momento**

id	convertedValue	time	Collector_Serial	Channel_ID	
1	1736371	0	00:00:00	2015-01-30	39
2	1736396	6640	00:15:00	2015-01-30	39
3	1736424	6600	00:30:00	2015-01-30	39
4	1736455	0	00:45:00	2015-01-30	39
5	1736480	0	01:00:00	2015-01-30	39
6	1736508	6640	01:15:00	2015-01-30	39
7	1736539	0	01:30:00	2015-01-30	39
8	1736567	0	01:45:00	2015-01-30	39
9	1736592	6650	02:00:00	2015-01-30	39
10	1736623	0	02:15:00	2015-01-30	39
11	1736651	0	02:30:00	2015-01-30	39
12	1736674	6480	02:45:00	2015-01-30	39
13	1736700	6320	03:00:00	2015-01-30	39
14	1736727	6400	03:15:00	2015-01-30	39
15	1736756	6320	03:30:00	2015-01-30	39
16	1736783	6360	03:45:00	2015-01-30	39
17	1736813	0	04:00:00	2015-01-30	39
18	1736843	0	04:15:00	2015-01-30	39
19	1736873	0	04:30:00	2015-01-30	39
20	1736903	0	04:45:00	2015-01-30	39

**Consumo total de ontem**  
convertedValue: 609679

**Consumo total de Hoje até ao momento**  
convertedValue: 145320

Botões: Energia Elétrica, Água, Gás, Menu Monitorização, Menu

Figura 25: Interface correspondente à monitorização de energia elétrica no contador geral.

Nesta interface é possível visualizar o consumo de energia elétrica do edifício no dia anterior e no próprio dia. Tal é conseguido através do registo das leituras armazenadas na base de dados.



# **Capítulo VI**

## **Sistema AVAC do DEC**

## 6.1. Sistema AVAC do DEC

O sistema AVAC do DEC é constituído por três caldeiras, oito eletrobombas, cinco *chillers* e vinte ventiladores que estão ligados a quatro quadros, denominados quadros AVAC, que alojam sete controladores. Estes controladores, designados de *Application Controllers* (NRK9/A e NRK16/A) e *Compact Controlers* (NRUE/A, NRUF/A e NRD24/A), têm capacidade de processamento e contêm algumas funções básicas no controlo dos dispositivos. A comunicação com o supervisor realiza-se através do meio físico RS-485. Existe ainda um *router*, denominado NARC, que efetua a passagem do meio físico RS-485 para RS-232 uma vez que o computador tem uma porta RS-232 [9].

Este sistema de controlo Siemens, designado INTEGRAL AS1000, é responsável pelo controlo de processos no sistema AVAC, através dos módulos *RS Controllers* (*Application Controllers e Compact Controlers*). O protocolo de comunicação utilizado neste sistema, é um protocolo proprietário denominado RS-Bus. Neste sistema a linguagem de programação utilizada é a SAPIM (*Structure and Parameter Identification Menu*), foi desenvolvida pela *Staefa Control System*, e é utilizada na programação do controlo e interligação dos módulos. Esta é constituída por uma vasta gama de funções básicas, que podem ser combinadas de forma a criar as estruturas necessárias [34].

## 6.2. Gateway utilizada para converter RS-Bus para BACnet

O protocolo de comunicação utilizado no sistema AVAC é um protocolo proprietário, e como tal, existe pouca ou quase nenhuma informação, acerca de como a comunicação é realizada. Assim, foi adquirida uma *gateway* à Siemens para converter o protocolo proprietário RS-Bus para um protocolo aberto BACnet. Esta solução, designada de interface PX RS pela Siemens, permite a integração dos controladores do sistema AS1000 diretamente no nível de automação DESIGO PX (gama de sistemas para edifícios siemens).

Na figura 26, está representada a *gateway* utilizada para converter o protocolo de comunicação proprietário no protocolo aberto.

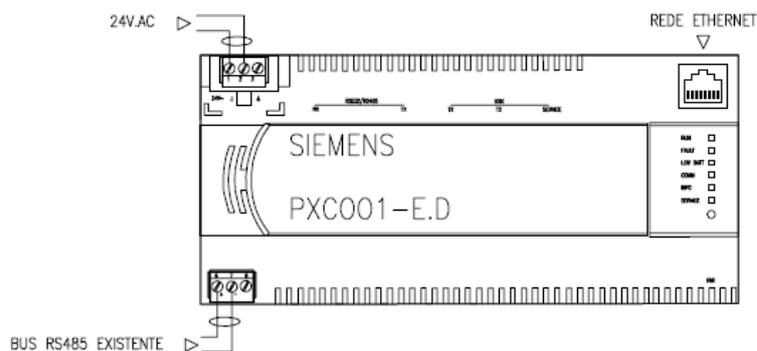


Figura 26: *Gateway* utilizada para converter o protocolo RS-Bus para BACnet.

A *gateway* Siemens PXC001-E.D (figura 26), substitui o conversor NARC utilizado para efetuar a passagem do meio físico RS-485 para RS-232. Deste modo, a interface PX RS está ligada diretamente ao bus RS utilizando a porta RS485. Esta solução, permite a integração dos controladores (NRUE/A, NRUF/A, NRD24/A, NRK9/A e NRK16/A) diretamente no nível de automação [34].

Através da *gateway*, o protocolo de comunicação BACnet irá definir um conjunto de estruturas de dados abstratos chamados objetos, com propriedades representativas do hardware, software, e do funcionamento do dispositivo. A interface PX RS é assim usada para ler e gravar os registros de dados nos módulos dos controladores RS. Estes são assim mapeados para objetos BACnet [34].

Cadeias de mapeamento de referências DESIGO são utilizadas no procedimento para definir o mapeamento dos registros de dados do Integral AS1000 para objetos BACnet. Para representar os registros como objetos BACnet, deve ser adicionada a informação de forma hierárquica. Esta hierarquia deve ser criada manualmente [34].

Na Gateway todas as informações SAPIM são mapeadas para objetos BACnet.

Foi necessária a instalação da Gateway e posteriormente foi realizado o seu comissionamento, onde em cada um dos controladores é necessário fazer o mapeamento dos registros de dados que podem ser do tipo: entradas e saídas analógicas ou digitais, *setpoints*, relógios e alarmes.

### 6.3. Conversão do protocolo BACnet para OPC

O BACnet não é um dos protocolos de comunicação compatíveis com o Visu+. Assim, e de forma a solucionar este problema, é necessário converter este protocolo de comunicação. Neste seguimento, e uma vez que o Visu+ oferece suporte cliente OPC a solução é ter um servidor OPC do lado do protocolo de comunicação BACnet.

A *gateway* adquirida não contém o suporte servidor OPC. Deste modo é necessário adquirir um servidor OPC, para “traduzir” o protocolo de comunicação BACnet. Neste sentido, realizou-se uma pesquisa de mercado, para selecionar um servidor OPC, que permitisse integrar a *gateway* e o supervisor.

Esta solução é comumente utilizada e, como tal, são muitas as empresas especializadas no seu desenvolvimento. Tendo em conta que o cliente OPC no supervisor apenas possui OPC DA 1.0A e 2.0, os servidores OPC selecionados, foram:

- KEP Server EX OPC Server- Kepware
- BACnet OPC Server for BACnet Devices- MatrikonOPC
- BACnet OPC Server- Software Toolbox
- BACnet OPC Server- SCADA Engine
- BACnet OPC Server- Cimetrics

Todos os servidores selecionados são creditados pela OPC Foundation, têm características similares e o seu custo é idêntico. Assim, selecionou-se o KEP Server EX OPC Server da empresa Kepware uma vez que esta tem representantes na Europa em diversos países e existe um grande número de documentos de apoio ao utilizador.

Na figura 27, está ilustrado o diagrama da rede de comunicação utilizando os protocolos RS-Bus, BACnet e OPC.

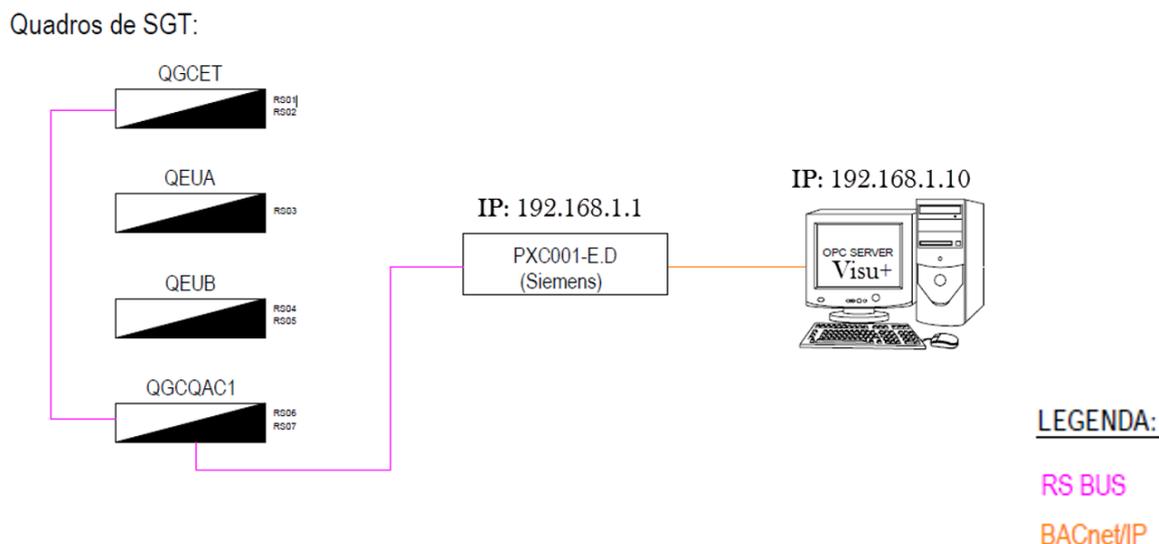


Figura 27: Diagrama da rede de comunicação atual.

Foram realizados testes no sentido de ligar a *gateway* ao supervisor, contudo apesar de o computador detetar a *gateway* através do seu IP, os servidores OPC testados não detetaram a *gateway* na altura do teste. Tal ocorreu devido à inserção de um dado errado (ID da *gateway*) na configuração do canal de comunicação do OPC *server*. Assim, a comunicação entre o supervisor com a nova aplicação será implementada brevemente.



# **Capítulo VII**

## **Documentação**

## **7.1. Manuais de referência**

Os manuais de referência têm como objetivo, servir de apoio à adição de novas funcionalidades aos programas desenvolvidos, substituir um determinado equipamento ou integrar um novo sistema.

Os programas utilizados na programação e configuração do sistema de controlo da iluminação foram o software SCADA/HMI Visu+ e o software Twido Suite.

No manual de referência do Twido Suite são descritos todos os passos utilizados na programação e configuração dos autómatos, como também os necessários à configuração do hardware, endereços usados nos PLCs mestre, criação de variáveis e a sua correspondência com as variáveis do supervisor, construção do programa e como se transfere para o autómato.

O manual de referência do visu+ contém as informações relativas à exposição e descrição de todas as entradas e saídas dos equipamentos controlados diretamente pelo supervisor, descrevendo que parâmetros recebem as entradas e que informações enviam as saídas. Além disso, o manual de referência descreve e detalha as funções utilizadas, nomeadamente as manipulações e operações efetuadas.

## **7.2. Plano de Testes**

Um plano de testes tem por objetivo detalhar todos os testes, assim como enunciar todos os equipamentos e meios humanos necessários à realização dos mesmos.

Neste seguimento, finalizada a programação do sistema de controlo da iluminação do DEC foi necessário a realização de um conjunto de testes de campo com a finalidade de verificar todas as funcionalidades.

No decorrer do trabalho foram realizados todos os testes descritos no plano. Nesta realização foram detetados erros, nomeadamente variáveis que tinham o endereço incorreto, contudo todos foram solucionados.

### **7.3. Lista de Testes**

É necessário registrar, durante a realização dos testes, os dados recolhidos e as informações que possam ser consideradas importantes. Assim, foram elaboradas tabelas, para registo de todos os dados do plano de testes da iluminação.

A primeira tabela elaborada, tem como objetivo registrar a data do teste, nomes das pessoas envolvidas e o material utilizado. A tabela teste 2 (Apêndice B) tem como finalidade testar a comunicação entre os autómatos e o supervisor em modo automático na iluminação de circulação. As restantes tabelas realizadas (Apêndice B), dizem respeito ao teste da comunicação em modo manual.

### **7.4. Material de apoio ao sistema de monitorização de consumos**

Foi realizado o mapeamento das principais cargas do DEC e da localização dos dispositivos de monitorização existentes para ter como material de apoio do sistema de monitorização de consumos do DEC.



# **Capítulo VIII**

## **Conclusão e Trabalho Futuro**

É de extrema importância a atualização dos sistemas de gestão técnica implementados nos edifícios de modo a aumentar a *performance* dos mesmos.

No que diz respeito ao controlo da iluminação do edifício, este foi implementado com sucesso tanto do lado da rede de PLCs Twido programados como do supervisor. Esta etapa pressupôs o levantamento da instalação da iluminação de circulação, incluindo dispositivos de comando distribuído e a identificação do potencial de comando centralizado e automatizado do serviço. Foram desenvolvidas novas funcionalidades relativas ao comando da iluminação sobre a plataforma de HMI existente para acrescentar ao programa de supervisão existente. Foram ainda testadas com sucesso as novas funcionalidades de acordo com as especificações de teste desenvolvidas para o efeito.

No que concerne à monitorização de consumos no DEC além de analisar as soluções existentes foram incluídas as informações sobre esses consumos na aplicação de gestão técnica. Contudo, devido à limitação de tempo, não foi possível explorar como se pretendia a utilização de gráficos para a apresentação das leituras. Além disto, realizou-se o levantamento das cargas que mais impacto têm no consumo de energia elétrica.

No sistema AVAC, apesar de se ter descoberto o protocolo de comunicação proprietário utilizado e de se ter selecionado a *gateway* para se conseguir converter, devido a limitação de tempo e a deficiência na parametrização da *gateway* adquirida não foi possível implementar a nova camada de aplicação.

A presente dissertação foi mais um passo dado no desenvolvimento de uma plataforma modular devidamente testada e documentada, para servir melhorar a gestão de energia no DEC.

Para trabalho futuro é importante reforçar o controlo da iluminação no edifício. Assim deve-se acrescentar ao controlo da iluminação de circulação a iluminação das escadas, do exterior. Seria interessante controlar algumas zonas do edifício, nomeadamente as instalações sanitárias, recorrendo a sensores de presença.

No que concerne ao sistema de monitorização do DEC é importante acrescentar mais pontos de monitorização ao sistema já existente de forma a melhorar o controlo dos consumos energéticos.

Por último, é indispensável a instalação da aplicação desenvolvida para o sistema AVAC com recurso ao servidor OPC selecionado.

# **Capítulo IX**

## **Referências Bibliográficas**

- [1] R. Ascenso, “Edifícios e Energia,” *Gestão técnica centralizada- Um enorme potencial de poupança!*, 2015. .
- [2] J. Mourinho, “Projeto de Instalações Elétricas : Estudo comparativo entre uma solução tradicional com uma solução energeticamente eficiente,” Universidade do Porto, 2014.
- [3] R. Spinar, P. Muthukumaran, R. de Paz, D. Pesch, W. Song, A. Chaudhry, C. Sreenan, E. Jafer, B. O’Flynn, J. O’Donnell, A. Costa, and M. Keane, “Efficient Building Management with IP-based Wireless Sensor Network,” in *6th European Conference on Wireless Sensor Networks. Cork, Ireland*, 2009, pp. 1–2.
- [4] J. Mendes, “Sistemas de Gestão Técnica nos edifícios da Universidade de Coimbra.” Coimbra, 2013.
- [5] Siemens Switzerland Ltd, “Building automation – impact on energy efficiency,” pp. 5–14, 2012.
- [6] E. Maldonado, “Implementing the Energy Performance of Building Directive (EPBD).” 2013.
- [7] J. Figueiredo, “Desenvolvimento de uma Aplicação de Gestão Técnica do Edifício do DEC,” Universidade de Coimbra, 2014.
- [8] S. Nunes, “Redes de Comunicação,” *Design*. pp. 1–41, 2004.
- [9] R. A. Gonçalves, “Sistema de Gestão Técnica do Departamento de Engenharia Civil da FCTUC,” Universidade de Coimbra, 2014.
- [10] E. Schneider, “Redes de Comunicação Industrial,” 2007.
- [11] E. Damaso, “Plataforma Configurável para Gestão de Edifícios baseadas em IEC 61499,” Universidade do Porto, 2011.
- [12] J. Powell, “PROFIBUS AND MODBUS : A COMPARISON,” *Automation.com*, pp. 1–5, 2013.
- [13] B. G. Thomas, “Introduction to Modbus Serial and Modbus TCP,” *Ext. A Tech. Suppl. to Control Netw.*, vol. 9, no. 5, pp. 4–7, 2008.
- [14] S. Pefhany, “Modbus Protocol,” *Penthon Media Inc*, vol. 5, no. January, p. 74, 2000.
- [15] National Instruments, “Introdução ao Modbus - National Instruments,” 2014. [Online]. Available: <http://www.ni.com/white-paper/7675/pt/>. [Accessed: 27-Jan-2015].
- [16] Modbus - ICA, “Modbus Application Protocol Specification.” pp. 1–51, 2006.
- [17] A. Jorge, “Eficiência Energética Sistema de Comunicação para Monitorar Consumos de Energia,” Universidade Nova de Lisboa, 2010.
- [18] B. D. Fisher, “How BACnet is Changing Building Automation Networking,” vol. 8, no. 2, pp. 1–4, 2007.

- [19] F. Pinto, “Desenvolvimento de um Protótipo de um Sistema Domótico,” Instituto Superior Técnico, 2010.
- [20] “BACnet - A standard communication infrastructure for intelligent buildings.” [Online]. Available: <http://www.bacnet.org/Bibliography/AIC-97/AIC1997.htm>. [Accessed: 26-Jan-2015].
- [21] H. Merz, T. Hansemann, and C. Hubner, *Building Automation*. 2009.
- [22] I. Couras, “Gestão Técnica de Edifícios- Aplicação em Edifício Escolar,” Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2011.
- [23] Echelon Corporation, “Building Automation Technology Review.” 2003.
- [24] O. Foundation, “OPC Data Access Automation Specification,” *Most*. 1999.
- [25] H. Jacobsen, C. Beuthel, P. George, and U. Topp, “Section 4: The Internet, Web, and IT Technologies in Industrial Automation and Design,” 2005.
- [26] “Classic - OPC Foundation.” [Online]. Available: <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-classic/>. [Accessed: 31-Jan-2015].
- [27] A. Fernbach, W. Granzer, and W. Kastner, “Interoperability at the management level of building automation systems: A case study for BACnet and OPC UA,” *IEEE Int. Conf. Emerg. Technol. Fact. Autom. ETFA*, 2011.
- [28] B. J. Thomas, “OPC Unified Architecture,” *OPC Found.*, vol. 3, pp. 60–65, 2010.
- [29] A. Iodice, “Desenvolvimento de plataforma para monitorização de consumos em edifícios,” Universidade de Coimbra, 2012.
- [30] A. Jorge, “Desenvolvimento de plataforma para monitorização de consumos em edifícios ( Frontend ),” Universidade de Coimbra, 2013.
- [31] E. Schneider, “TWDLCAA16DRF Product data sheet.” 2014.
- [32] E. Schneider, “TWDLCAE40DRF Product data sheet.” pp. 16–18, 2014.
- [33] S. R. Guide, “Twido programmable controllers Software Reference Guide.”
- [34] Siemens, “DESIGO PX OPEN PX RS-Bus.” 2008.
- [35] C. Filho, “Arquiteturas de sistemas de automação - Uma introdução.” Universidade Federal de Minas Gerais, p. 48, 2002.



# **Apêndice A**

## **Plano de Testes**

## **Material:**

- Supervisor
- Computador portátil
- Cabo de ligação ao Twido suite
- Um sistema de comunicação via rádio (Walkie talkie)

## **Pessoas envolvidas:**

- Duas pessoas (pelo menos)

## **No supervisor clicar em modo automático**

- a. Verificar o conteúdo da memória com o endereço correspondente ao sensor crepuscular 1 no PLC
  - b. Verificar o estado do sensor crepuscular 1 no supervisor
  - c. Verificar o conteúdo da memória com o endereço correspondente ao sensor crepuscular 2 no PLC
  - d. Verificar o estado do sensor crepuscular 2 no supervisor
2. Clicar o botão de pressão disponível no PLC twido do piso 2
  - a. Verificar led correspondente ao botão de pressão no supervisor
  - b. Verificar o conteúdo da memória com o endereço correspondente ao botão de pressão do PLC
3. No piso 2 introduzir uma data e hora no horário nível 1
  - a. Verificar o estado do led no Supervisor
  - b. Verificar o conteúdo da memória com o endereço correspondente do PLC Twido
4. No piso 2 introduzir uma data e hora no horário nível 2
  - a. Verificar o estado do led no Supervisor
  - b. Verificar o conteúdo da memória com o endereço correspondente do PLC Twido
5. No piso 3 introduzir uma data e hora no horário nível 1
  - a. Verificar o estado do led no Supervisor
  - b. Verificar o conteúdo da memória com o endereço correspondente do PLC Twido
6. No piso 3 introduzir uma data e hora no horário nível 2
  - a. Verificar o estado do led no Supervisor
  - b. Verificar o conteúdo da memória com o endereço correspondente do PLC Twido
7. No piso 4 introduzir uma data e hora no horário nível 1
  - a. Verificar o estado do led no Supervisor
  - b. Verificar o conteúdo da memória com o endereço correspondente do PLC Twido
8. No piso 4 introduzir uma data e hora no horário nível 2

- a. Verificar o estado do led no Supervisor
- b. Verificar o conteúdo da memória com o endereço correspondente do PLC Twido

## **No supervisor clicar em modo manual**

O teste de nível a seguir, deve ser repetido três vezes para cada nível de intensidade luminosa.

### **Teste nível**

1. No menu da iluminação do supervisor clicar em modo manual
2. No menu da iluminação do supervisor clicar em nível
  - a. Verificar o estado dos leds no supervisor correspondentes ao nível (menu principal, piso 2, piso 3 e piso 4)
  - b. Verificar o conteúdo da memória com o endereço do PLC Twido do piso 2
    - i. Zona 1
    - ii. Zona 2
  - c. Verificar o conteúdo da memória com o endereço da saída do PLC Twido do piso 2
    - i. Zona 1
    - ii. Zona 2
  - d. Verificar o conteúdo da memória com o endereço do PLC Twido do piso 3
    - i. Zona 1
    - ii. Zona 2
    - iii. Zona 3
    - iv. Zona 4
  - e. Verificar o conteúdo da memória com o endereço da saída do PLC Twido do piso 3
    - i. Zona 1
    - ii. Zona 2
    - iii. Zona 3
    - iv. Zona 4
  - f. Verificar o conteúdo da memória com o endereço do PLC Twido do piso 4
    - i. Zona 1
    - ii. Zona 2
  - g. Verificar o conteúdo da memória com o endereço da saída do PLC Twido do piso 4
    - i. Zona 1
    - ii. Zona 2



# **Apêndice B**

## **Lista de Testes**

Tabela 2: Tabela referente ao Plano de Testes.

<b>Data do teste:</b>		
<b>Pessoas envolvidas</b>		
Pessoa	Localização	Função
<b>Material usado</b>		
Material	Função	

Tabela 3: Tabela referente ao Modo Automático ON no Plano de Testes

<b>Modo Automático ON</b>		
<b>Modo Manual OFF</b>		
Início		Fim
Hora:		Hora:
Data:		Data:
		PLC Twido
		Supervisor
Sensor crepuscular 1		
Sensor crepuscular 2		
Interruptor		
Piso 2	Horário nível 1	
	Horário nível 2	
Piso 3	Horário nível 1	
	Horário nível 2	
Piso 4	Horário nível 1	
	Horário nível 2	

Tabela 4: Tabela referente ao Modo Manual ON e Nível 1 no Plano de Testes.

<b>Teste Nível 1</b> Modo Automático <b>OFF</b>								
Modo Manual <b>ON</b>								
		Supervisor	PLC piso 2		PLC piso 3		PLC piso 4	
		Nível 1	Nível 1	Saída	Nível 1	Saída	Nível 1	Saída
Menu Iluminação								
Piso 2	Zona 1							
	Zona 2							
Piso 3	Zona 1							
	Zona 2							
	Zona 3							
	Zona 4							
Piso 4	Zona 1							
	Zona 2							

<b>Teste Nível 2</b> Modo Automático <b>OFF</b>								
Modo Manual <b>ON</b>								
		Supervisor	PLC piso 2		PLC piso 3		PLC piso 4	
		Nível 2	Nível 2	Saída	Nível 2	Saída	Nível 2	Saída
Menu Iluminação								
Piso 2	Zona 1							
	Zona 2							
Piso 3	Zona 1							
	Zona 2							
	Zona 3							
	Zona 4							
Piso 4	Zona 1							
	Zona 2							

Tabela 5: Tabela referente ao Modo Manual ON e Nível 2 no Plano de Testes.

Tabela 6: Tabela referente ao Modo Manual ON e Nível 3 no Plano de Testes.

		<b>Teste Nível 3</b> .Modo Automático <b>OFF</b> Modo Manual <b>ON</b>						
		Supervisor	PLC piso 2		PLC piso 3		PLC piso 4	
		Nível 3	Nível 3	Saída	Nível 3	Saída	Nível 3	Saída
Menu Iluminação								
Piso 2	Zona 1							
	Zona 2							
Piso 3	Zona 1							
	Zona 2							
	Zona 3							
	Zona 4							
Piso 4	Zona 1							
	Zona 2							

# **Apêndice C**

## **Material de apoio ao sistema de monitorização de consumos**

## Principais cargas no DEC

Tabela 7: Tabela referente às principais cargas na Oficina.

Torno mecânico	
Serra 1	1,5 kW
Furador de coluna	1,6 kW
Fresadora	3,67 kW
Guilhotina	?
Serra 2	1,5 kW
Estação de soldar	14 kW
Serrote mecânico	1,84 kW

Tabela 8: Tabela referente às principais cargas no laboratório de Geotecnia.

Compressor de ar	15 kW
Compressor	2,64 kW
Secador de Ar	390 W
Prensa hidráulica	7 kW
Estufa	2800 W

Tabela 9: Tabela referente às principais cargas no laboratório LEMEC.

Câmara climática	140 kW/fase
Fornos (módulos horizontais e verticais)	8*90 kVA + 2*450 kVA
Grupo Hidráulico 100t	66 kW
Grupo Hidráulico 60t	23 kW
Grupo Hidráulico 20t	0,75 kW
Compressor	18,5 kW
Compressor (2 motores)	(2,2 + 2,2) kW
Serra elétrica 1	4,1 kW
Serra elétrica 2	4,0 kW
Betoneira	3,67 kW

Tabela 10: Tabela referente às principais cargas no laboratório de Hidráulica.

Ponte rolante	?
Bomba hidráulica (4 iguais)	4*22 kW

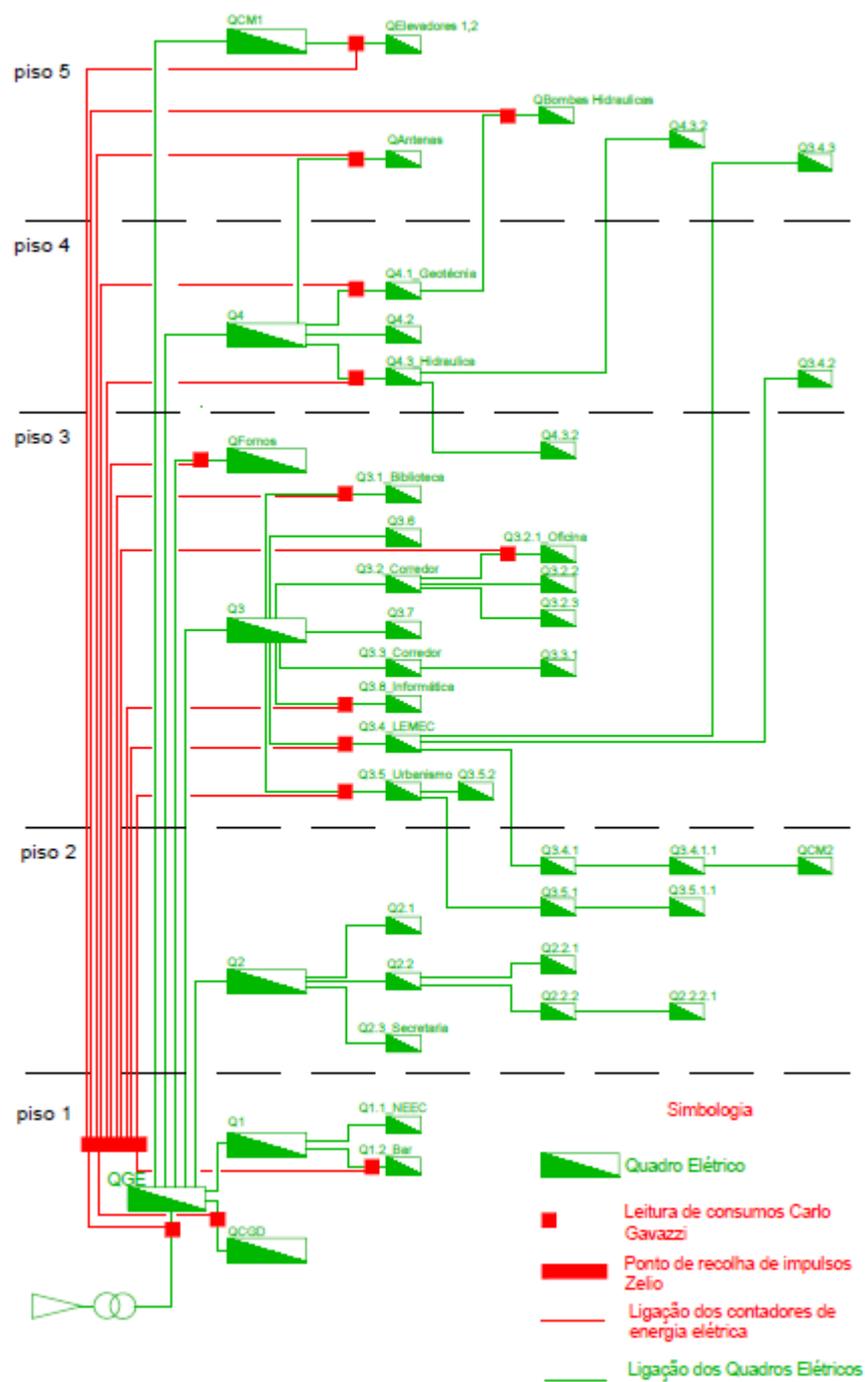


Figura 28: Esquema representativo do sistema de monitorização de consumos do DEC.



# **Apêndice D**

## **Manual de Referência Twido Suite**

## Índice de Figuras

Figura 1: Imagem ilustrativa do <i>Programming Mode</i> . .....	D-3
Figura 2: Configuração do <i>hardware</i> do mestre do segundo piso. ....	D-4
Figura 3: Configuração do <i>hardware</i> do mestre do terceiro piso. ....	D-5
Figura 4: Configuração do <i>hardware</i> do mestre do quarto piso. ....	D-6
Figura 5: Ilustração da construção do programa .....	D-10
Figura 6: Excerto Ladder do mestre do piso 3. ....	D-12
Figura 7: Excerto Ladder do mestre do piso 3. ....	D-13
Figura 8: Esquema representativo do conversor USB para RS485: TSXCUSB485 juntamente com o cabo TSXCRJMD25. ....	D-13
Figura 9: Ilustração dos passos a realizar para a transferência do programa de aplicação. ....	D-14

## Índice de Tabelas

Tabela 1: Descrição das variáveis do mestre do segundo piso. ....	D-8
Tabela 2: Descrição das variáveis do mestre do terceiro piso. ....	D-9
Tabela 3: Descrição das variáveis do mestre do quarto piso. ....	D-10

# 1. Introdução

O manual de referência tem como objetivo auxiliar o programador a utilizar as ferramentas essenciais do Twido Suite no contexto do sistema do controlo automático de iluminação de circulação do DEC. Com este documento não se pretende substituir os manuais de utilização, mas sim apresentar as variáveis criadas e o seu objetivo e funcionalidade, bem como todas as opções tomadas e a forma como o programador as executou. Os exemplos são todos relativos ao caso concreto do DEC.

## 2. Criar projeto

O primeiro passo, para desenvolver qualquer programa no Twido Suite, é criar um projeto. Esse projeto é criado, seleccionando o *Programming Mode*. Ao seleccionar este modo, é aberta a janela da figura 1.



Figura1: Imagem ilustrativa do *Programming Mode*.

De seguida, há que realizar os seguintes passos:

1. *Create a new project*;
2. Inserir informações sobre o Projeto;
3. Criar.

### 3. Configuração do Hardware

Após criar o projeto é necessário descrever o *hardware*, e definir as bases de comunicação. Deve-se ter em conta, na configuração, que a comunicação do PLC mestre com o supervisor se dá através do protocolo de comunicação *Modbus*, e com os escravos através de *Remote Link*. Com efeito, os passos necessários são:

1. Menu *Describe*;
2. Catálogo
  - a. Selecionar o controlador de base compacta;
  - b. Selecionar todos os dispositivos necessários para a comunicação *Remote Link* entre o mestre e os escravos e configurá-los com o respetivo endereço;
  - c. Selecionar a interface Ethernet para a comunicação entre mestre e o supervisor, através do protocolo *Modbus* e configurar a porta de comunicação.

Na figura 2, está esquematizada a configuração do *hardware* do mestre do segundo piso.

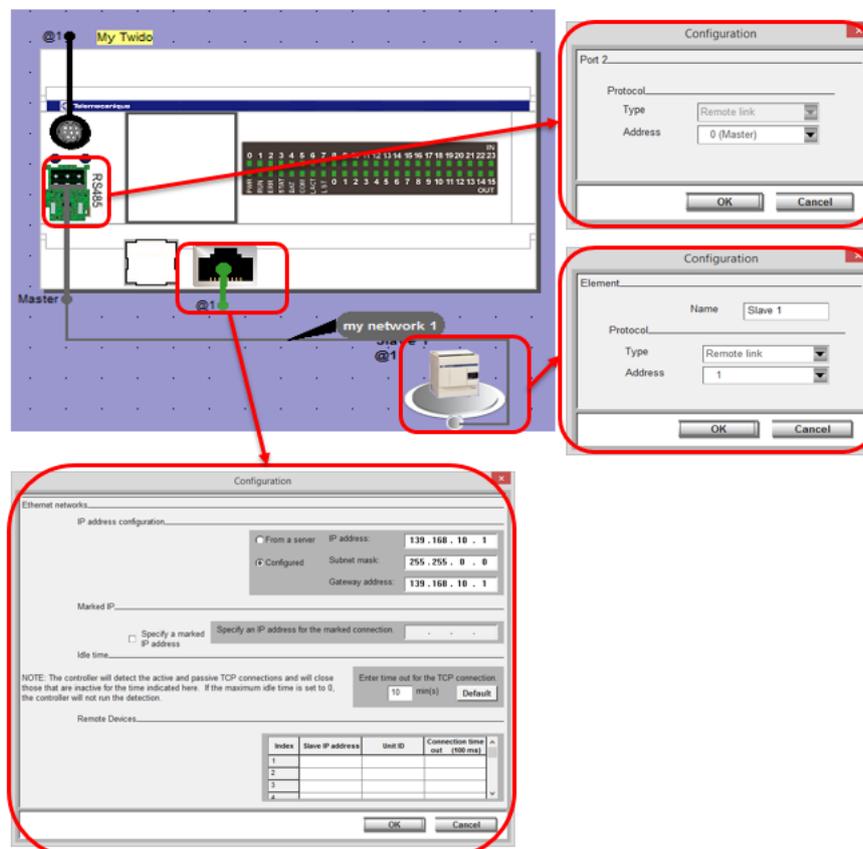


Figura 2: Configuração do *hardware* do mestre do segundo piso.

Na figura 3, é possível observar a configuração do *hardware* do mestre do terceiro piso.

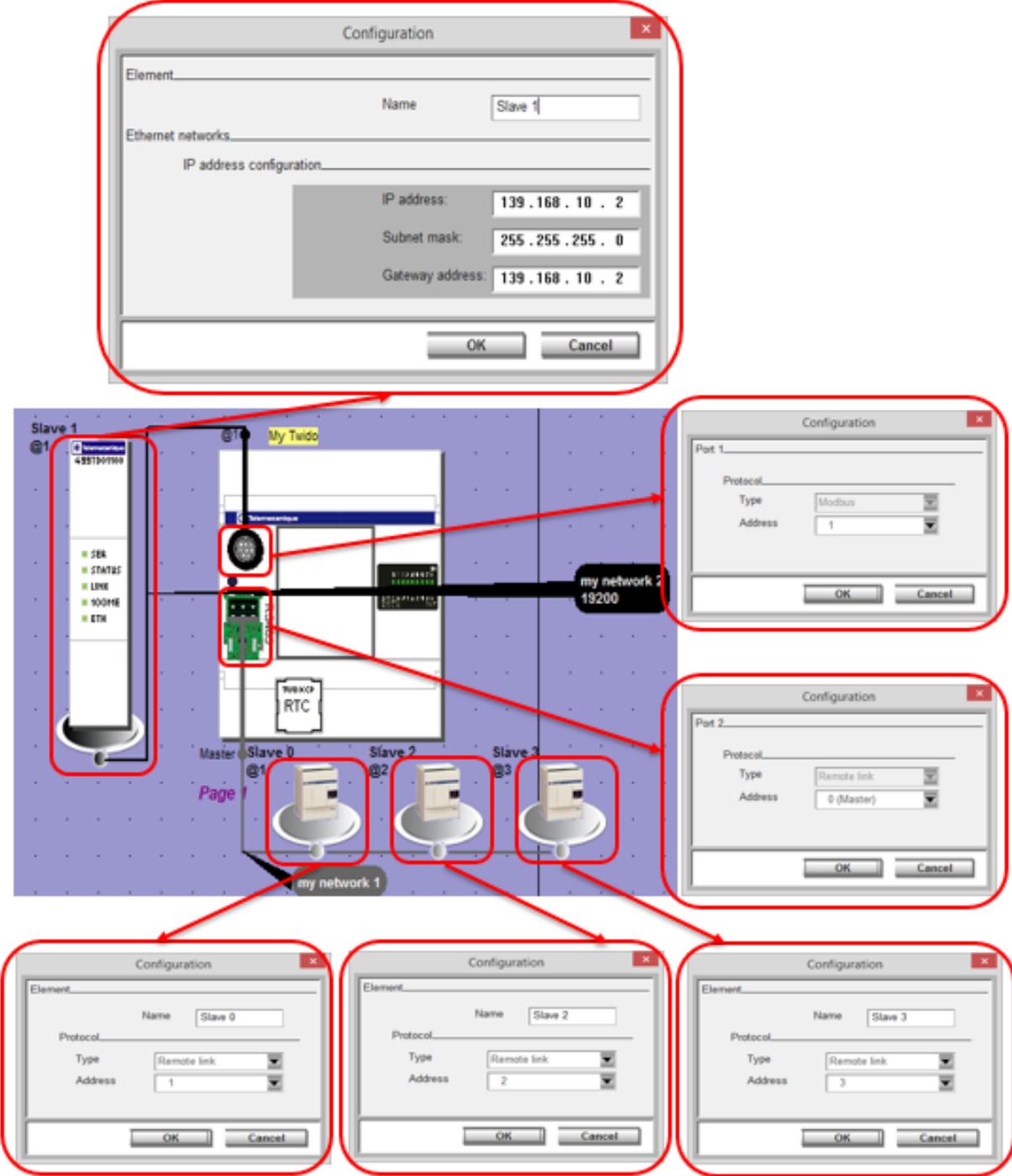


Figura 3: Configuração do *hardware* do mestre do terceiro piso.

A figura 4 é representativa da configuração do *hardware* do mestre do quarto piso.

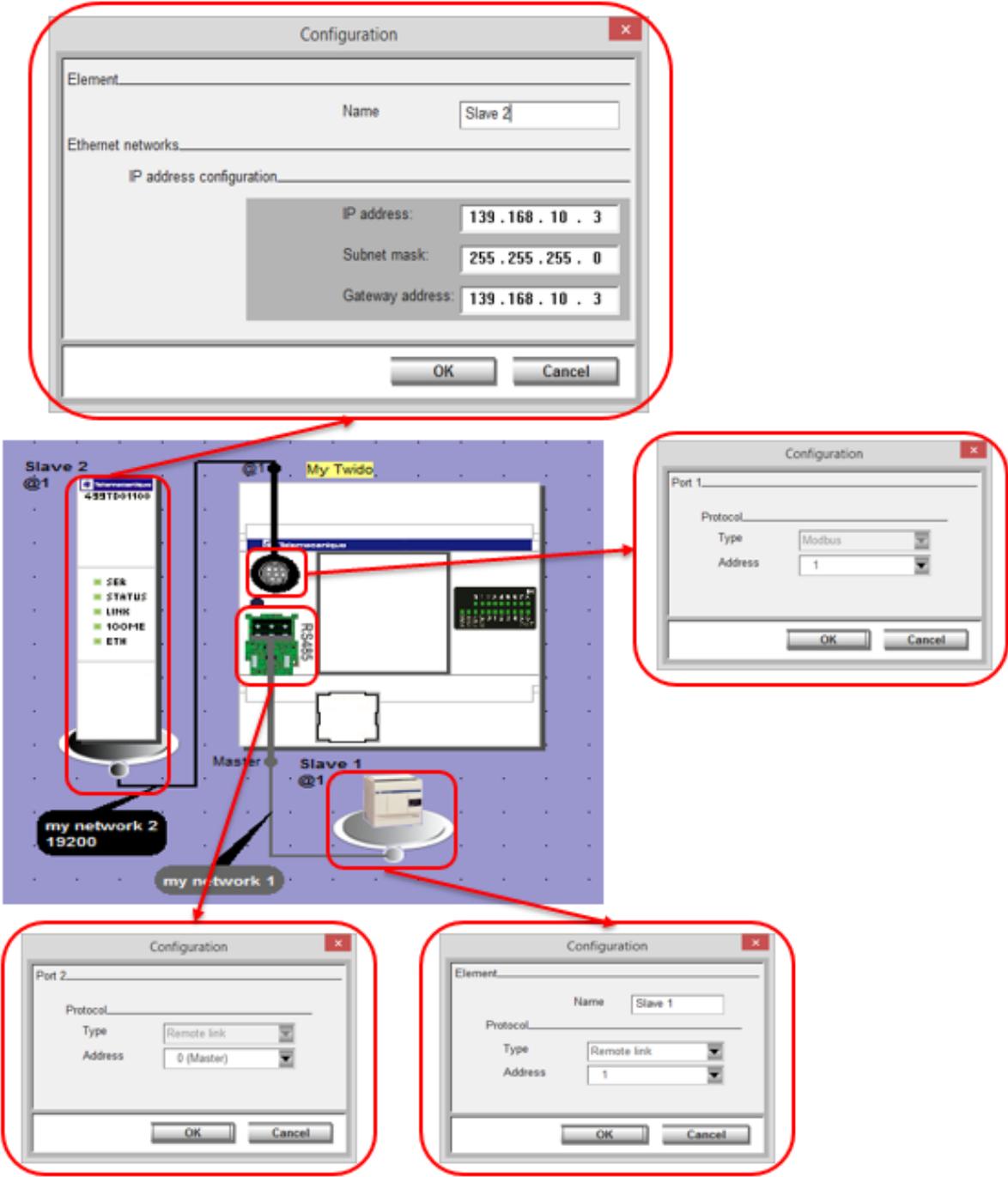


Figura 4: Configuração do *hardware* do mestre do quarto piso.

## 4. Edição de dados

Antes de se programar a aplicação, é necessário definir as especificações da cablagem das entradas e saídas. É aconselhável, atribuir a cada uma das E/S um símbolo ou descrição indicando o que ele executa, para uma melhor compreensão do programa.

### 4.1. Tipos de variáveis básicas

Uma variável é uma entidade de memória do tipo BOOL, INT, REAL. De acordo com a informação que apresentam podem definir-se diferentes tipos de objetos:

**Objetos bit:** São variáveis binárias, logo a informação fornecida ao PLC só pode ser 0 ou 1.

Tipos de bits utilizados:

- **Bits de E/S:** Estes bits são as “imagens lógicas” dos estados elétricos das E/S. As entradas são representadas com “%I” e as saídas com “%Q”;
- **Bits internos:** Os bits internos são “áreas” de memória interna para armazenar valores intermédios durante a execução de um programa. Os bits internos são representados com “%M”.

**Objetos Palavra:** Os objetos palavra são conjuntos de 16 bits e são armazenados na memória de dados.

Tipos de objetos de palavra utilizados:

- **Memória interna:** Palavras usadas para armazenar valores durante a operação na memória de dados, representadas por “%MW”.

Nas tabelas 1, 2 e 3 são descritas as variáveis correspondentes aos PLCs Twido mestre, relativas ao segundo, terceiro e quarto pisos.

É importante observar que os programas de aplicação instalados nos PLCs Twido mestres contêm a parte correspondente aos seus escravos. Nestes apenas se configura o *hardware*. Assim, e a título de exemplo, os endereços correspondentes aos objetos bits das entradas e saídas são:

- %I1.0.0- no caso da entrada 0 correspondente ao escravo 1.
- %Q1.0.0- no caso da saída 0 correspondente ao escravo 1.

Tabela 11: Descrição das variáveis do mestre do segundo piso.

	Endereço Twido	Descrição	Variável supervisor
Entradas	%I0.0	Sensor crepuscular 1	
	%I0.1	Sensor crepuscular 2	
	%I0.2	Interruptor	
Saídas	%Q0.0	Mestre nível 1	
	%Q0.1	Mestre nível 2	
	%Q0.2	Mestre nível 3	
	%Q1.0.0	Escravo nível 1	
	%Q1.0.1	Escravo nível 2	
	%Q1.0.2	Escravo nível 3	
Memórias associadas às entradas	%M0	Horário nível 1	P2_Horario1
	%M1	Horário nível 2	P2_Horario2
	%M2	Mestre, nível 1	MP2_circuito1
	%M3	Escravo, nível 1	EP2_circuito1
	%M4	Mestre, nível 2	MP2_circuito2
	%M5	Escravo, nível 2	EP2_circuito2
	%M6	Mestre, nível 3	MP2_circuito3
	%M7	Escravo, nível 3	EP2_circuito3
	%M8	Modo Automático	P2_automatico
%M9	Modo Manual	P2_manual	
Memórias associadas às saídas	%MW2 := 16#0001	Interruptor	Int

Tabela 12: Descrição das variáveis do mestre do terceiro piso.

	Endereço Twido	Descrição	Variável supervisor
Entradas	%I0.3	Interruptor	
	%I2.0.0	Sensor crepuscular 1	
	%I2.0.1	Sensor crepuscular 2	
Memórias associadas às entradas	%M0	Horário nível 1	P3_Horario1
	%M1	Horário nível 2	P3_Horario2
	%M2	Mestre, nível 1	MP3_circuito1
	%M3	Escravo 1, nível 1	EP3_circuito1
	%M4	Mestre, nível 2	MP3_circuito2
	%M5	Escravo 1, nível 2	EP3_circuito2
	%M6	Mestre, nível 3	MP3_circuito3
	%M7	Escravo 1, nível 3	EP3_circuito3
	%M8	Escravo 2, nível 1	EP3_1_circuito1
	%M9	Escravo 2, nível 2	EP3_1_circuito2
	%M10	Escravo 2, nível 3	EP3_1_circuito3
	%M11	Escravo 3, nível 1	EP3_2_circuito1
	%M12	Escravo 3, nível 2	EP3_2_circuito2
	%M13	Escravo 3, nível 3	EP3_2_circuito3
	%M14	Modo manual	P3_manual
%M15	Modo automático	P3_automatico	
Saídas	Q0.0	Mestre, nível 1	
	Q0.1	Mestre, nível 2	
	Q0.2	Mestre, nível 3	
	Q0.3	Sensor crepuscular 1	
	Q0.4	Sensor crepuscular 2	
	Q1.0.0	Escravo 1, nível 1	
	Q1.0.1	Escravo 1, nível 2	
	Q1.0.2	Escravo 1, nível 3	
	Q2.0.0	Escravo 2, nível 1	
	Q2.0.1	Escravo 2, nível 2	
	Q2.0.2	Escravo 2, nível 3	
	Q3.0.0	Escravo 3, nível 1	
	Q3.0.1	Escravo 3, nível 2	
	Q3.0.2	Escravo 3, nível 3	
Memórias associadas às saídas	%MW0 := 16#0001	Sensor crepuscular 1	SC1
	%MW1 := 16#0001	Sensor crepuscular 2	SC2

Tabela 13: Descrição das variáveis do mestre do quarto piso.

	Endereço Twido	Descrição	Variável supervisor
Entradas	%I0.0	Sensor crepuscular 1	
	%I0.1	Sensor crepuscular 2	
	%I0.2	Interruptor	
Saídas	%Q0.0	Mestre nível 1	
	%Q0.1	Mestre nível 2	
	%Q0.2	Mestre nível 3	
	%Q1.0.0	Escravo nível 1	
	%Q1.0.1	Escravo nível 2	
Memórias associadas às entradas	%M0	Horário nível 1	P4_Horario1
	%M1	Horário nível 2	P4_Horario2
	%M2	Mestre, nível 1	MP4_circuito1
	%M3	Escravo, nível 1	EP4_circuito1
	%M4	Mestre, nível 2	MP4_circuito2
	%M5	Escravo, nível 2	EP4_circuito2
	%M6	Mestre, nível 3	MP4_circuito3
	%M7	Escravo, nível 3	EP4_circuito3
	%M8	Modo Automático	P4_automatico
%M9	Modo Manual	P4_manual	

## 5. Programação

### 5.1. Construção do programa

Dentro da pasta programa tem-se acesso à programação com opções de inserir secções, rungs (filas de programa) e sub-rotinas (figura 5).

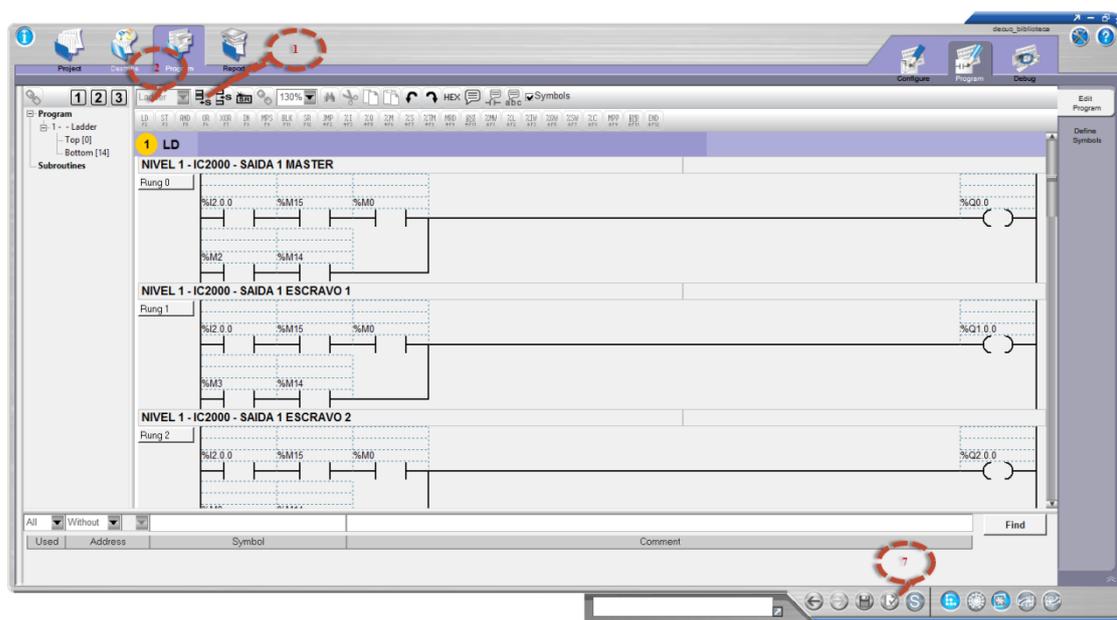


Figura 5: Ilustração da construção do programa

Para desenvolver o programa deve-se:

1. Adicionar uma seção;
2. Definir a linguagem de programação (*Ladder*);
3. Ao inserir uma seção automaticamente aparece uma *rung* (fila de programa);
4. Para a editar basta clicar na linha da *rung* onde será inserido o contacto ou o bloco da função;
5. Ficam disponíveis botões na barra de instruções *Ladder*;
6. Ao clicar num botão da instrução desejada, esta aparece automaticamente na linha, bastando atribuir o endereço;
7. Após a conclusão do programa deve-se clicar no ícone *Analyze*, presente na barra de funções para verificar possíveis erros de programação.

## 5.2. Descrição do programa de aplicação

Como já referido neste manual de referência apenas se programam os mestres. Nos escravos só se instala um programa de aplicação, onde na configuração do hardware se adiciona o respetivo endereço na porta 2, correspondente à rede *Remote Link*. Assim, as entradas e saídas dos escravos são programadas através do mestre do piso correspondente.

Cada PLC Twido, quer seja mestre ou escravo, está destinado a controlar três circuitos distintos correspondentes a três níveis de intensidade luminosa. O primeiro e segundo nível podem ser controlados de forma manual ou automática com recurso ao supervisor. O modo automático funciona com base em dois sensores crepusculares e em horários definidos no supervisor. O modo manual destes dois níveis funciona apenas a partir do supervisor com recurso a botões de pressão para se realizar o seu controlo. O terceiro nível de intensidade pode ser ligado a partir de um interruptor físico ou através do modo manual no supervisor. Este é independente dos sensores crepusculares e de horários pré-definidos.

A ativação de uma zona controlada pelo mestre/escravo, por exemplo nível 1 da zona 1 (figura 6), pode ser realizada através do modo automático ou do manual.

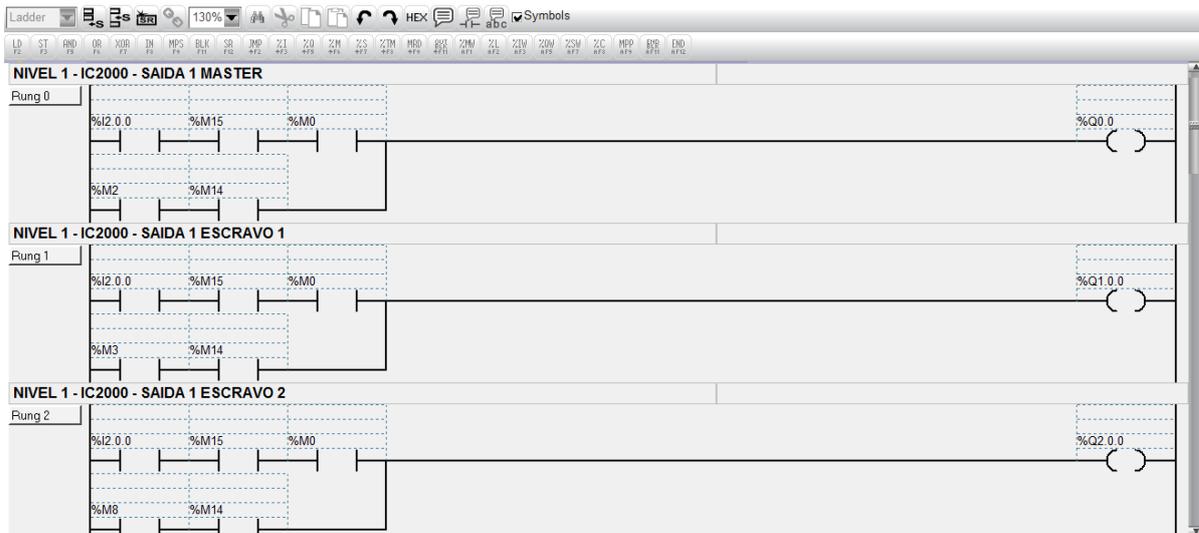


Figura 6: Excerto Ladder do mestre do piso 3.

A saída em modo automático é controlada pela informação do sensor crepuscular 1 que nos chega através da entrada %I2.0.0 (entrada do escravo), pelo horário definido no supervisor e pela seleção do botão “Modo Automático” selecionado pelo mesmo.

A saída em modo manual é controlado pela seleção do botão de pressão correspondente ao nível 1 da zona 1 e pela seleção do botão modo manual.

A figura 7 ilustra a forma como é enviada a informação correspondente ao estado dos sensores crepusculares e do interruptor para o supervisor. A informação do estado é guardada numa *word*.

O interruptor ligado ao mestre do piso através de uma das suas entradas, vai permitir controlar o circuito de iluminação do nível 3 sem ter de recorrer ao supervisor. Contudo, pode ser ligado o nível 3 através do supervisor clicando no botão de pressão correspondente ao nível e no botão “Modo Manual”.

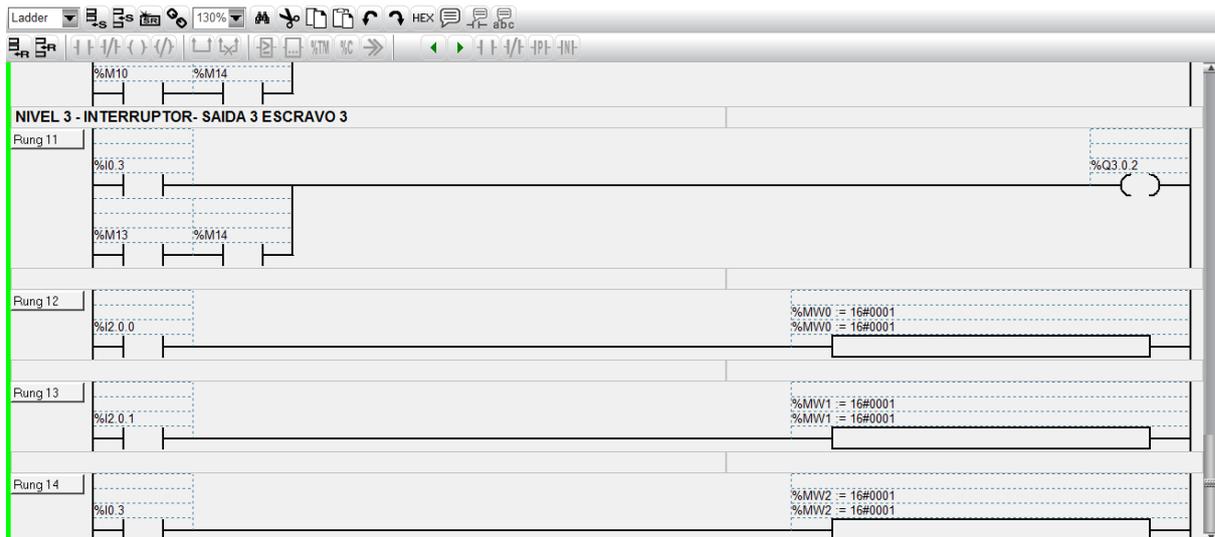


Figura 7: Excerto Ladder do mestre do piso 3.

## 6. Transferência do programa de aplicação para o PLC Twido

Na figura 8 é apresentado um esquema representativo dos componentes necessários para realizar a conexão do PC com o PLC Twido para programação.

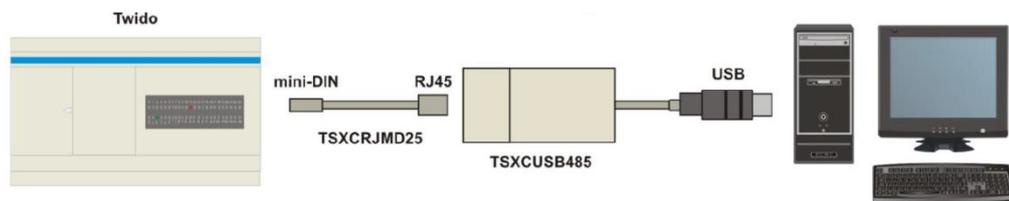


Figura 8: Esquema representativo do conversor USB para RS485: TSXCUSB485 juntamente com o cabo TSXCRJMD25.

O conversor TSXCUSB485 é um dispositivo que permite conectar um PC por uma porta USB a dispositivos remotos usando a interface série RS485. Este dispositivo é totalmente compatível com os protocolos *Modbus*.

Na figura 9, estão representados os passos a realizar para a transferência do programa de aplicação para o PLC Twido.

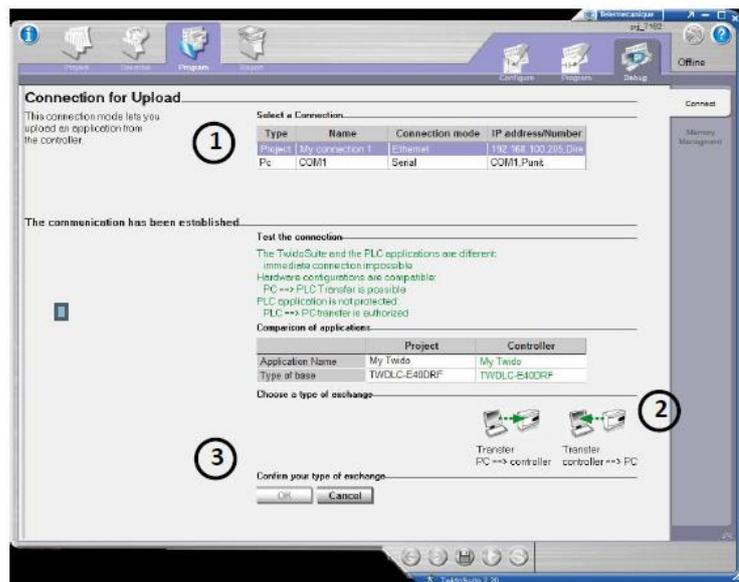


Figura 9: Ilustração dos passos a realizar para a transferência do programa de aplicação.

- 1- Selecionar a conexão que utiliza a comunicação *Serial*.
- 2- Selecionar a troca de informações, se o programa será transferido do PC para o PLC.
- 3- Confirmar o tipo de troca de informações.
- 4- Após a transferência do programa, irá aparecer uma consola para controlar o PLC. É necessário colocar o PLC em modo *RU*

# **Apêndice E**

## **Manual de Referência Visu+**

# Índice

Índice de Figuras.....	E-3
Índice de Tabelas.....	E-3
1. Introdução.....	E-4
2. Ambiente de trabalho.....	E-4
3. Grupos e variáveis.....	E-5
3.1 Criar grupo.....	E-5
3.2 Criar Variável.....	E-7
4. Interfaces .....	E-7
4.1 Criar uma Interface.....	E-7
4.2 Interfaces Criadas no Projeto.....	E-7
5. Código Desenvolvido.....	E-8
6. Funcionamento condicionado por horário.....	E-10
7. Comunicação Modbus.....	E-11
8. Acesso à base de dados a partir do visu+.....	E-15

## Índice de Figuras

Figura 1: Ambiente de trabalho do Visu+.....	E-5
Figura 2: Organização das variáveis através de grupos de variáveis. ....	E-6
Figura 3: Organização das variáveis correspondentes a cada mestre.....	E-6
Figura 4: Código desenvolvido para o controlo de todos os pisos em modo manual a partir da interface correspondente ao menu principal da iluminação de circulação. ....	E-8
Figura 5: Código desenvolvido para o controlo do modo manual e modo automático a partir da interface correspondente ao menu principal da iluminação de circulação. ....	E-8
Figura 6: Código desenvolvido para as variáveis do sistema correspondentes ao nível 1 de intensidade assumirem o valor <i>true</i> . ....	E-9
Figura 7: Código desenvolvido para as variáveis do sistema correspondentes ao nível 2 de intensidade assumirem o valor <i>true</i> . ....	E-9
Figura 8: Código desenvolvido para as variáveis do sistema correspondentes ao nível 3 de intensidade assumirem o valor <i>true</i> . ....	E-9
Figura 9: Janela da estação criada. ....	E-12
Figura 10: Associação de um endereço a uma variável.....	E-13
Figura 11: Propriedades de uma variável. ....	E-13

## Índice de Tabelas

Tabela 1: Designação das interfaces criadas e respetivas funções. ....	E-7
Tabela 3: Correspondência entre as variáveis do Supervisor e as variáveis do mestre do piso 2. ....	E-14
Tabela 4: Correspondência entre as variáveis do Supervisor e as variáveis do mestre do piso 4. ....	E-14
Tabela 5: Correspondência entre as variáveis do Supervisor e as variáveis do mestre do piso 3. ....	E-14

# 1 Introdução

Este documento tem por objetivo a descrição detalhada do programa criado no âmbito do projeto de desenvolvimento de uma nova aplicação de gestão técnica de controlo e monitorização do sistema de controlo da iluminação de circulação e sistema de monitorização de consumos do Departamento de Engenharia Civil.

Neste, são apresentadas todas as opções tomadas, interfaces criadas assim como o respetivo objetivo e funcionalidade. É explicado como são criados os grupos e variáveis, o código desenvolvido, funcionamento condicionado por horário e estabelecimento da comunicação. Por último descreve-se como se realiza o acesso à base de dados.

## 2 Ambiente de trabalho

O ambiente de trabalho fornecido ao programador é completamente personalizável. Ao usar os comandos disponíveis é possível selecionar as janelas e as barras de ferramentas exibidas para configurar a interface de programação.

As janelas fundamentais para o programador são a janela *Project Explorer*, janela *Properties* e a janela *Logic Explorer* (figura 1).

Na janela Project Explorer estão agrupados todos os recursos do projeto. Esta janela reúne todos os grupos de recursos numa estrutura em árvore. Ao selecionar um grupo de recursos ou qualquer um dos seus subitens, as propriedades do objeto em questão serão ativadas na janela Properties, através da qual é possível realizar quaisquer alterações ou ajustes necessários.

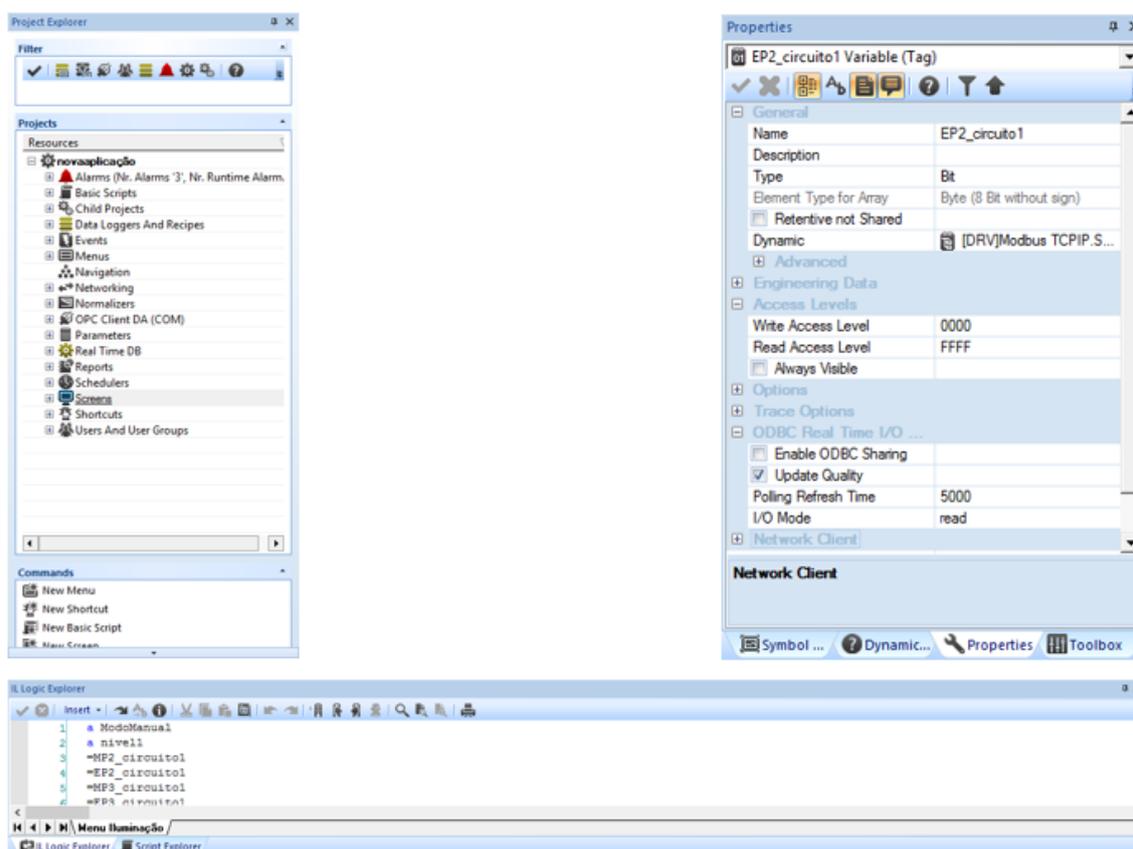


Figura 1: Ambiente de trabalho do Visu+.

A janela *Logic Explorer* é importante na edição do projeto. Esta janela, atua como um editor de texto, permitindo assim inserir códigos lógicos. O seu conteúdo muda dinamicamente de acordo com o objeto do projeto ou recurso a ser selecionado.

## 3 Grupos e variáveis

### 3.1. Criar Grupo

O Visu+ oferece a possibilidade de organizar as variáveis através de grupos. Na iluminação optou-se por criar um grupo de variáveis por cada PLC mestre como é visível na figura 2, e um grupo de variáveis auxiliares correspondentes às que apenas estão disponíveis no *software*.

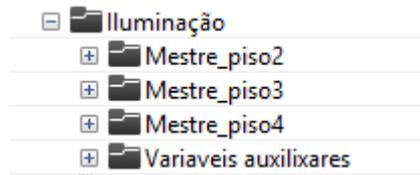


Figura 2: Organização das variáveis através de grupos de variáveis.

Na criação de um grupo de variáveis é necessário seguir os seguintes passos:

- *Project Explorer;*
- *Real Time DB;*
- Botão direito do rato sobre a pasta onde se pretende criar o grupo;
- *New Variable Group.*

Na figura 3, é possível observar a organização das variáveis pertencentes ao controlo da iluminação do piso 2.

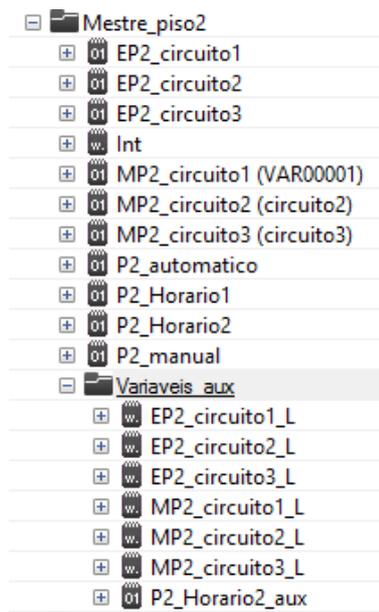


Figura 3: Organização das variáveis correspondentes a cada mestre.

Nesta organização temos as variáveis associadas ao controlador, que são reconhecidas pela *workstation*, podendo ser entradas ou saídas. Neste grupo de variáveis encontra-se um subgrupo denominado *Variaveis\_aux* que contém as variáveis relativas a dados que são úteis para programar as interfaces disponíveis no *software*.

## 3.2. Criar Variável

As variáveis criam-se do mesmo modo que um grupo, só que em vez de selecionar *New Variable Group* deve-se selecionar *New Variable*. As propriedades das variáveis podem ser editadas através da janela *Properties*.

# 4 Interfaces

## 4.1. Criar uma Interface

O processo para criar uma nova interface é o seguinte:

1. Ir à janela *Project Explorer*;
2. *Screens*;
3. Botão direito do rato sobre a pasta onde se pretende criar a interface;
4. *Add a new screen*.

## 4.2. Interfaces Criadas no Projeto

Na tabela 1 encontram-se as diferentes vistas ou interfaces criadas na aplicação de gestão técnica.

Tabela 1: Designação das interfaces criadas e respetivas funções.

<b>Nome atribuído à interface</b>	<b>Funções Principais</b>
Menu Principal	Interface onde se seleciona o sistema a controlar
Menu Iluminação	Controlo da iluminação de circulação de todos os pisos
Piso2	Controlo da iluminação de circulação do piso 2
Piso3	Controlo da iluminação de circulação do piso 3
Piso4	Controlo da iluminação de circulação do piso 4
P2_Horario	Horário de funcionamento do nível 1 no piso 2
P2_Horario_nivel2	Horário de funcionamento do nível 2 no piso 2
P3_Horario	Horário de funcionamento do nível 1 no piso 3
P3_Horario_nivel2	Horário de funcionamento do nível 2 no piso 3
P4_Horario	Horário de funcionamento do nível 1 no piso 4
P4_Horario_nivel2	Horário de funcionamento do nível 2 no piso 4
Monitorização de consumos	Menu principal da monitorização de energia
Energia Elétrica	Monitorização do contador geral no edifício
Gás	Monitorização do gás no edifício
Água	Monitorização da água no edifício
Localização dos equipamentos de aquisição	Informação da localização dos equipamentos de aquisição
Hidráulica	Monitorização do contador no laboratório
LEMEC	Monitorização do contador no laboratório
Oficina	Monitorização do contador na oficina
Geotecnia	Monitorização do contador no laboratório

## 5 Código Desenvolvido

Foi desenvolvido código, na janela *IL Logic Explorer*, em todas as interfaces criadas correspondentes à iluminação de circulação.

Na figura 4, é apresentado o código desenvolvido para o controlo de todos os pisos em modo manual a partir da interface correspondente ao menu principal da iluminação de circulação.

```
a ModoManual
a nivel1
=MP2_circuito1
=EP2_circuito1
=MP3_circuito1
=EP3_circuito1
=EP3_1_circuito1
=EP3_2_circuito1
=MP4_circuito1
=EP4_circuito1

a ModoManual
a nivel2
=MP2_circuito2
=EP2_circuito2
=MP3_circuito2
=EP3_circuito2
=EP3_1_circuito2
=EP3_2_circuito2
=MP4_circuito2
=EP4_circuito2

a ModoManual
a nivel3
=MP2_circuito3
=EP2_circuito3
=MP3_circuito3
=EP3_circuito3
=EP3_1_circuito3
=EP3_2_circuito3
=MP4_circuito3
=EP4_circuito3
```

Figura 4: Código desenvolvido para o controlo de todos os pisos em modo manual a partir da interface correspondente ao menu principal da iluminação de circulação.

O código descrito na figura 4, indica que na interface correspondente ao menu principal da iluminação de circulação, quando seleccionado o modo manual e um nível, os diferentes circuitos desse níveis de intensidade irão assumir o valor *true* e irão entrar em funcionamento.

Na figura 5, é apresentado código desenvolvido para o controlo do modo manual e modo automático a partir da interface correspondente ao menu principal da iluminação de circulação.

```
a ModoManual
=P2_manual
=P3_manual
=P4_manual

a ModoAutomatico
=P2_automatico
=P3_automatico
=P4_automatico
```

Figura 5: Código desenvolvido para o controlo do modo manual e modo automático a partir da interface correspondente ao menu principal da iluminação de circulação.

O código ilustrado na figura 5, complementa o da figura 4 na medida em que, ao seleccionar o modo manual na interface do menu principal da iluminação, irá ser ativado o modo manual de todos os pisos. O mesmo acontece para o modo automático.

As imagens 6, 7 e 8 são correspondentes ao código desenvolvido na interface do piso 2. Contudo, foi realizado o mesmo nas interfaces correspondentes aos pisos 3 e 4.

```
a P2_manual          a P2_manual
a MP2_circuito1     a EP2_circuito1
o
a P2_automatgico    a P2_automatgico
a P2_Horario1       a P2_Horario1
= MP2_circuito1_L   = EP2_circuito1_L
```

Figura 6: Código desenvolvido para as variáveis do sistema correspondentes ao nível 1 de intensidade assumirem o valor *true*.

Na figura 6, são ilustrados dois excertos do código desenvolvido. Este foi desenvolvido para permitir ligar as luzes nos circuitos da interface, quer em modo automático quer em manual. Na zona do mestre do piso 2, existem dois modos de ligar as luzes na interface. A primeira é através do modo manual (P2\_manual) e com recurso ao botão correspondente ao mestre do nível 1 (MP2\_circuito1). A segunda é através do modo automático (P2\_automático) e do horário correspondente ao nível 1 (P2\_Horario1).

```
a P2_manual          a P2_manual
a MP2_circuito2     a EP2_circuito2
o
a P2_automatgico    a P2_automatgico
a P2_Horario2       a P2_Horario2
= MP2_circuito2_L   = EP2_circuito2_L
```

Figura 7: Código desenvolvido para as variáveis do sistema correspondentes ao nível 2 de intensidade assumirem o valor *true*.

```
a P2_manual          a P2_manual
a MP2_circuito3     a EP2_circuito3
= MP2_circuito3_L   = EP2_circuito3_L
```

Figura 8: Código desenvolvido para as variáveis do sistema correspondentes ao nível 3 de intensidade assumirem o valor *true*.

Como indica a figura 8, as variáveis do sistema assumem o valor *true* no nível de intensidade três apenas em modo manual (P2\_manual) e o botão correspondente à zona (MP2\_circuito3).

## 6 Funcionamento condicionado por horário

Uma das funcionalidades mais frequentes num sistema de gestão técnica é a possibilidade de funcionamento condicionado por horário, o que permite ao utilizador introduzir um horário de início e de paragem para um determinado equipamento.

Para ter um funcionamento condicionado por um horário, é necessário em primeiro lugar criar um agendamento. Para criar um *Scheduler* deve-se:

1. Ir à janela *Project Explorer*;
2. Em *Scheduler*, adicionar um objeto;
3. O objeto agendamento fica assim criado, contudo é necessário configurá-lo através do separador *Properties*:
  - a. Em *Scheduler Enable Variable*
  - b. Selecionar *Enable Scheduler*;
  - c. Escolher *weekly plan* em *Scheduling*;
  - d. Na configuração é necessário escolher a variável a controlar. Para tal deve-se:
    - i. Em *Commands On* escolher um novo comando;
    - ii. Escolher a variável a controlar e escolher *Set* em *action*;
    - iii. Em *Commands OFF* escolher um novo comando;
    - iv. Escolher a variável a controlar e escolher *Reset* em *action*.

Após criar um agendamento, e se for pretendido o horário numa janela é necessário criar uma nova vista.

Deve-se recorrer ao objeto *Hour Selector* da biblioteca de ferramentas do Visu+, para definir a posição onde vai estar o horário. Para inserir este objeto deve-se proceder da seguinte forma:

1. *Toolbox*;
2. *Objects*;
3. Selecionar *Hour Selector*;

4. Arrastar o objeto para a vista.

Após inserir o objeto deve-se proceder às configurações:

1. Aceder às propriedades do *Hour Selector*;
2. Colocar o nome do *Scheduler* criado previamente em *Scheduler Linked*;
3. Para se ter a forma de tabela em *Scheduler Edit Mode* escolher *Grid*.

## 7 Comunicação Modbus

Para ser possível controlar o PLC através do sistema de gestão técnica é necessário um protocolo de comunicação. No controlo da iluminação o protocolo utilizado na comunicação é Modbus.

Para adicionar o driver Modbus ao programa de aplicação deve-se:

1. Ir à janela *Project Explorer*;
2. *Real Time DB*;
3. *Comm. Drivers* e adicionar o *comm Driver* desejado.

Depois de adicionado o novo driver de comunicação, é necessário configurar as estações de comunicação. Neste caso, as estações são os PLCs Twido mestre de cada piso.

Para a configuração de cada um deve-se:

1. Clicar com o rato sobre o driver utilizado na comunicação;
2. Aparecerá uma janela como a da figura 9;

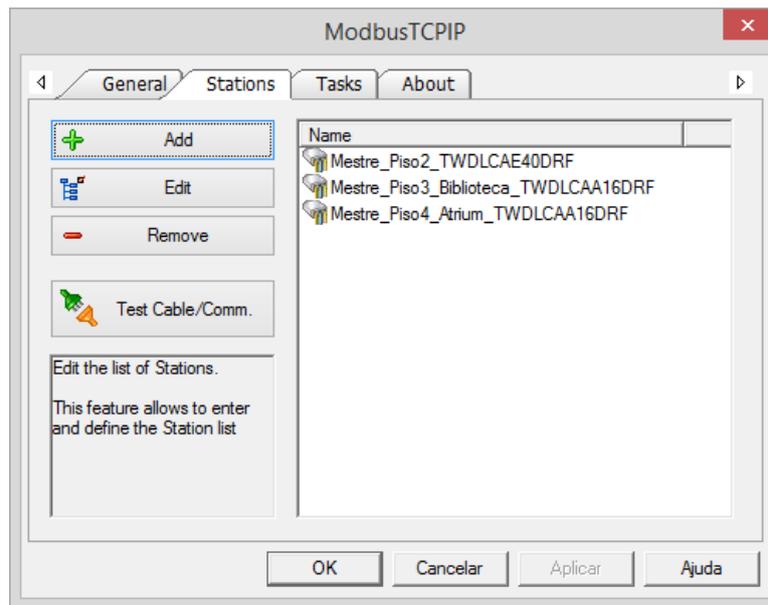


Figura 9: Janela da estação criada.

3. Clicar no separador *Stations* e adicionar uma nova estação
  - i. Deve-se adicionar o nome da estação na aba *General*;
  - ii. O endereço do servidor na aba *TCP/IP Settings*;
  - iii. Todas as outras configurações devem manter-se.

Após a configuração do driver de comunicação, está-se em condições de fazer corresponder as variáveis da aplicação com as variáveis dos PLCs mestre (figura 10). Para tal deve-se:

1. Clicar na variável onde se pretende adicionar o endereço correspondente;
2. Irá aparecer automaticamente uma janela que contém as propriedades da variável;
3. Deve-se definir o tipo de objeto (nesta aplicação apenas se utilizam bits);
4. Clicar em *Dynamic* e vai aparecer automaticamente uma janela onde se irá definir o *Unit ID*, *Data Area* e a *Station* correspondente.

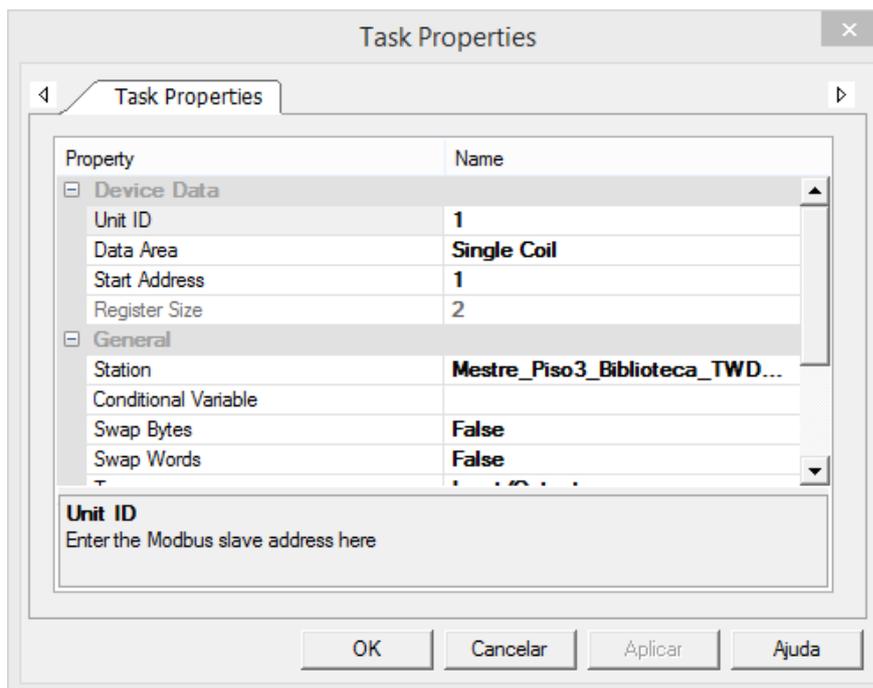


Figura 10: Associação de um endereço a uma variável.

5. Depois de concluída a correspondência das variáveis da aplicação de gestão técnica, irá aparecer a seguinte informação nas propriedades de cada variável (figura 11):

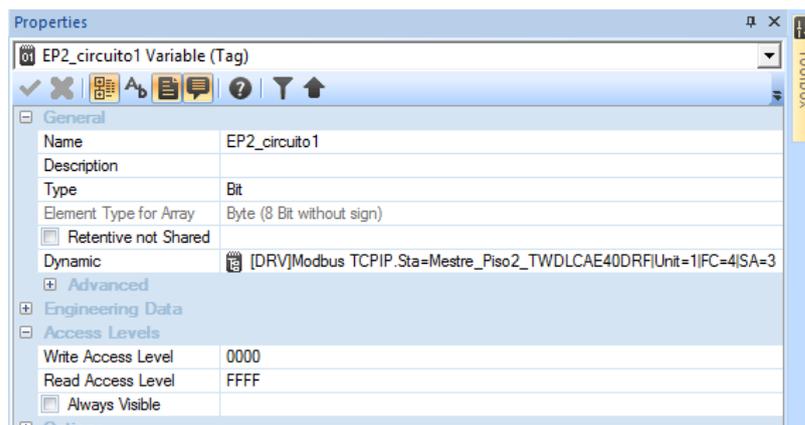


Figura 11: Propriedades de uma variável.

Nas tabelas 2,3,4 estão representadas as correspondências entre as variáveis, os endereços Modbus e os endereços utilizados nos programas de aplicação de cada mestre Twido.

Tabela 2: Correspondência entre as variáveis do Supervisor e as variáveis do mestre do piso 2.

Variável Supervisor	Endereço Modbus	Tipo
MP2_circuito1	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso2_TWDLCAE40DRF Unit=1 FC=4 SA=2	Bit
MP2_circuito2	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso2_TWDLCAE40DRF Unit=1 FC=4 SA=4	Bit
MP2_circuito3	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso2_TWDLCAE40DRF Unit=1 FC=4 SA=6	Bit
EP2_circuito1	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso2_TWDLCAE40DRF Unit=1 FC=4 SA=3	Bit
EP2_circuito2	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso2_TWDLCAE40DRF Unit=1 FC=4 SA=5	Bit
EP2_circuito3	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso2_TWDLCAE40DRF Unit=1 FC=4 SA=7	Bit
P2_automatico	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso2_TWDLCAE40DRF Unit=1 FC=4 SA=9	Bit
P2_manual	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso2_TWDLCAE40DRF Unit=1 FC=4 SA=8	Bit
P2_Horario1	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso2_TWDLCAE40DRF Unit=1 FC=4 SA=0	Bit
P2_Horario2	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso2_TWDLCAE40DRF Unit=1 FC=4 SA=1	Bit
Int	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso2_TWDLCAE40DRF Unit=1 FC=4 SA=2	Word

Tabela 3: Correspondência entre as variáveis do Supervisor e as variáveis do mestre do piso 4.

Variável Supervisor	Endereço Modbus	Tipo
MP4_circuito1	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso4_Atrium_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=2	Bit
MP4_circuito2	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso4_Atrium_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=4	Bit
MP4_circuito3	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso4_Atrium_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=6	Bit
EP4_circuito1	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso4_Atrium_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=3	Bit
EP4_circuito2	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso4_Atrium_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=5	Bit
EP4_circuito3	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso4_Atrium_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=7	Bit
P4_manual	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso4_Atrium_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=8	Bit
P4_automatico	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso4_Atrium_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=9	Bit
P4_Horario1	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso4_Atrium_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=0	Bit
P4_Horario2	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso4_Atrium_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=1	Bit

Tabela 4: Correspondência entre as variáveis do Supervisor e as variáveis do mestre do piso 3.

Variável Supervisor	Endereço Modbus	Tipo
MP3_circuito1	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso3_Biblioteca_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=2	Bit
MP3_circuito2	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso3_Biblioteca_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=4	Bit
MP3_circuito3	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso3_Biblioteca_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=6	Bit
EP3_circuito1	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso3_Biblioteca_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=3	Bit
EP3_circuito2	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso3_Biblioteca_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=5	Bit
EP3_circuito3	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso3_Biblioteca_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=7	Bit
EP3_1_circuito1	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso3_Biblioteca_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=8	Bit
EP3_1_circuito2	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso3_Biblioteca_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=9	Bit
EP3_1_circuito3	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso3_Biblioteca_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=10	Bit
EP3_2_circuito1	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso3_Biblioteca_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=11	Bit
EP3_2_circuito2	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso3_Biblioteca_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=12	Bit
EP3_2_circuito3	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso3_Biblioteca_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=13	Bit
P3_manual	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso3_Biblioteca_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=14	Bit
P3_automatico	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso3_Biblioteca_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=15	Bit
SC1	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso3_Biblioteca_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=5 SA=0	Word
SC2	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso3_Biblioteca_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=5 SA=1	Word
P3_Horario1	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso3_Biblioteca_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=16	Bit
P3_Horario2	[DRV]Modbus TCPIP.Sta=Mestre_Piso3_Biblioteca_TWDLCAA16DRF Unit=1 FC=4 SA=17	Bit

## 8 Acesso à base de dados a partir do visu+

Para aceder à base de dados, é necessário instalar o *mySQL Workbench* e seleccionar os dados pretendidos através de *querys*.

O acesso à base de dados MeWaGo no Visu+ dá-se através da instalação do driver ODBC. Este driver ODBC (*Open Database Connectivity*) é um padrão que permite o acesso a sistemas de gestão de bases de dados.

Após a instalação do driver, deve-se seleccionar o objeto *Grid* que exhibe o conteúdo no formato existente na base de dados. Para seleccionar este objeto deve-se proceder da seguinte forma:

- *Toolbox*;
  - *Objects*;
    - *Grid*.

Depois de criado o objeto, deve-se recorrer às propriedades e seguir os seguintes pontos:

- *Properties*;
  - *Execution*;
    - Em ODBC DSN, seleccionar a base de dados, que neste caso é mewago;
      - Em *Query*, adicionar a *query* dos dados pretendidos.

As *Querys*, disponíveis na base de dados MeWaGo, usadas na monitorização de consumos foram as seguintes:

- Listagem dos equipamentos de monitorização no DEC:
  - `SELECT * FROM mewago.Location where Building_id=3`
- Consumo total de ontem:
  - `SELECT SUM(convertedValue) FROM mewago.Register where Channel_id=39 AND Calendar_date>= CURRENT_DATE - INTERVAL '1' DAY limit 96`
- Consumo total de hoje até ao momento:

- SELECT SUM(convertedValue) FROM mewago.Register where Channel\_id=39 AND Calendar\_date>= CURRENT\_DATE limit 96
- Consumos de hoje até ao momento:
  - SELECT id, convertedValue, time, Calendar\_date, Channel\_id FROM Register WHERE Channel\_id=39 AND Calendar\_date>= CURRENT\_DATE limit 96

