



Mestrado em Engenharia Eletrotécnica

Tecnologias de automação de edifícios para melhoria do conforto e usabilidade de um edifício empresarial

Trabalho de Projeto apresentado para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica - Área de Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas Industriais

Autora

Jéssica Ferreira Pinto

Orientadores

Doutor Fernando José Pimentel Lopes

Mestre Marco José da Silva

Professores do Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Coimbra, abril, 2019

AGRADECIMENTOS

A elaboração deste relatório não teria sido possível somente com a minha dedicação e esforço. O desenvolvimento desta importante etapa na minha vida reuniu a cooperação de várias pessoas que me ajudaram a torná-la possível.

Deste modo deixo os meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas e entidades que me apoiaram, acompanharam e incentivaram à conclusão do mesmo.

Assim sendo, um especial agradecimento ao Grupo Bresimar, por todas as condições que me foram proporcionadas, sendo estas cruciais para o desenvolvimento do projeto. Em especial atenção ao Engenheiro Pedro Marques, Diretor Técnico e à Equipa da ASATEK pela oportunidade, por toda a informação facilitada pelos mesmos e auxílio na sua interpretação e análise.

Aos meus orientadores, Professor Fernando José Pimentel Lopes, e Professor Marco José da Silva, pelo apoio e insistência demonstrada e ainda pela orientação na realização do projeto e durante o processo de escrita do relatório.

À minha família que apoiou e proporcionou a força e motivação para que este pudesse ser elaborado.

Seria também impossível não mencionar os amigos que fui fazendo durante todo este percurso, antes e durante o meu percurso académico.

Jéssica Pinto

RESUMO

Este documento descreve um trabalho de Projeto do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica, na Área de Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas Industriais, realizado no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.

Para enquadrar o trabalho realizado, assim como compreender as principais razões que levaram à sua realização, neste documento é apresentado em primeiro lugar a empresa de acolhimento e a metodologia de trabalho aplicada. O projeto focou-se nas condições de conforto e de usabilidade de um edifício empresarial utilizando tecnologias de automação para edifícios inteligentes, e incluiu o estudo, alteração e otimização dos sistemas de automação de um edifício da empresa. O sistema de gestão técnica e o conforto no edifício foram estudados e descritos neste trabalho. Foi realizada uma análise funcional dos sistemas instalados no edifício, nomeadamente do sistema de iluminação, de climatização, de monitorização de consumos, de controlo de acessos, de monitorização de alarmes, de distribuição de energia elétrica e de rega.

Neste âmbito foi feito um estudo e descrição técnica de alguns sistemas de automação para edifícios inteligentes disponíveis no mercado, com potencial aplicação nas melhorias que foram solicitadas, como é o caso das tecnologias X10, CEBus, LonWorks e KNX.

De acordo com os objetivos da empresa fez-se uma reformulação do sistema KNX dedicado à iluminação. Este sistema foi considerado adequado para o efeito, porém foi feito o levantamento e reconfiguração dos endereços dos dispositivos e dos grupos existentes, e fez-se a inclusão de novos dispositivos nesta rede para permitir novas funcionalidades. Com a introdução de novos dispositivos, foi necessário fazer a atualização da página da consola principal que contém as plantas por piso do edifício. Na sala de formação foi instalado o sistema KNX associado a dispositivos DALI, para regular a intensidade luminosa de cada luminária. Foram definidos para esta rede os endereços dos dispositivos, e adaptou-se o menu de visualização presente na consola desta sala.

Foi reformulado o sistema de gestão técnica que inicialmente era composto por uma rede de dispositivos que incluía PLCs da Beckhoff e consolas de visualização da Beijer. Para a consola de visualização foi utilizado o *software* ix Developer para criar um novo menu para monitorização de consumos energéticos. Foi feita uma pesquisa e um inventário dos equipamentos ligados em cada fase da rede de distribuição de energia do edifício. O menu criado mostra agora o consumo destes equipamentos.

O sistema de controlo de acessos foi atualizado com recurso ao *software* TwinCAT e foi criado um menu em consola dos números de telemóvel associados aos acessos.

As soluções implementadas permitiram melhorar as condições de conforto e usabilidade no Edifício A da Bresimar e podem ser estendidas aos restantes edifícios da empresa.

Palavras-chave: Conforto e usabilidade de edifícios, Sistemas de automação em edifícios, KNX.

ABSTRACT

This document describes a Master's Degree Project in Electrical Engineering, in the Automation and Communications in Industrial Systems Specialization Area held at the Coimbra Institute of Engineering.

To understand the theme and the main reasons that led to this project, in this document, the host company and the work methodology that was followed are presented first.

The Project presented in this document is focused on the comfort and usability conditions of a business building using intelligent building automation technologies. Specifically, the project development included the study, installation, modification and optimization of a company building automation system, whose main activity is the development of Industrial Automation Systems.

The importance of the comfort in the workplace and the main comfort factors were studied, together with an analysis of the technical management system and comfort in the building. A functional analysis of the installed systems was carried out: lighting system, air conditioning system, consumption monitoring system, access control system, alarm monitoring system, electricity distribution and irrigation system.

A description of some intelligent building automation systems that exist in the market is presented, focusing on those with potential for application in the improvements that have been sought, as it is the case of X10, CEBus, LonWorks and KNX technologies.

According to the company's objectives, a restructuring of the KNX system which is dedicated to lighting, was conducted. The original system was considered suitable for the purpose but was upgraded. The addresses of existing devices and groups were registered, and adjustments for the inclusion of new devices in the network, to allow new features, were performed. In the lighting system, with the introduction of new devices, it was necessary to update the main console page, that contains the plant of the building, with associated functionalities. KNX incorporated with DALI devices was installed in the training room, to regulate the luminous intensity. A network was configured, including the ballast' addresses, and a visualization menu in the console located in the room.

The technical management system was restructured, based on a data network that included Beckhoff PLCs and Beijer display consoles. For the consoles, the ix Developer software was used to create a menu for monitoring the energy consumption. Some of devices were registered and associated to each phase of the power distribution network. The created menu shows the consumption of the registered devices.

The access system was also updated using the TwinCAT software and a menu was created to view the associated mobile numbers.

The implemented solutions clearly improved the comfort conditions and usability in Building A of Bresimar and can be extended to the other company buildings.

Keywords: Comfort and usability of buildings, Building automation systems, KNX.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABELAS	xiii
ABREVIATURAS E SIGLAS	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Enquadramento do projeto.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Estrutura do documento.....	2
2. A EMPRESA BRESIMAR	5
3. CONFORTO EM AMBIENTE EMPRESARIAL	9
3.1 Contextualização	9
3.1.1 Iluminação em espaços empresariais.....	10
3.1.2 Climatização em espaços empresariais.....	13
3.1.2 Gestão de acessos a empresas.....	15
3.1.3 Monitorização de consumos energéticos.....	16
3.2 Sistemas de automação de edifícios existentes no mercado.....	18
3.2.1 Tecnologia X10	18
3.2.2 Tecnologia CEBus.....	20
3.2.3 Tecnologia LonWorks	21
3.2.4 Tecnologia KNX	23
3.2.5 Ligação a outros sistemas	28
3.2.6 Comparação entre as tecnologias abordadas	30
4. EDÍFICIO BRESIMAR – CASO DE ESTUDO.....	33
4.1 Descrição do espaço envolvente.....	33
4.2 Gestão técnica do edifício.....	36
4.3 Sistema de iluminação	40

4.3.1 Funcionamento do sistema	41
4.3.2 Visualização/ Monitorização do sistema de iluminação.....	45
4.4 Sistema de controlo Beckhoff.....	49
4.4.1 Configuração de <i>hardware</i>	49
4.4.2 Configuração de <i>software</i>	52
4.4.3 Visualização/ Monitorização	55
4.5 Sistema de controlo dos acessos à empresa.....	55
4.5.1 Funcionamento do sistema de controlo de acessos	56
5. AUTOMAÇÃO DO EDIFÍCIO - TRABALHOS REALIZADOS.....	59
5.1 Melhorias no sistema de iluminação	59
5.1.1 Armazém e sala comercial.....	59
5.1.2 Sala de Formação.....	65
5.2 Monitorização de consumos	70
5.2.1 Rede de distribuição de energia elétrica do Edifício	70
5.2.2 Instalação de um carregador para veículos elétricos	73
5.2.3 Criação de menu de visualização para monitorização de consumos	74
5.3 Sistema de controlo de acessos à empresa.....	83
6. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO.....	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
ANEXOS.....	93
Anexo I – Formações frequentadas durante o projeto.....	95
TwinCat – Nível I e II.....	95
iX Developer- Nível Básico e Avançado	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Linha temporal das principais atividades desenvolvidas no projeto	3
Figura 2 - Vista frontal da Bresimar Automação, S.A.....	5
Figura 3 - Marcas representadas pela Bresimar.....	6
Figura 4 - Exemplos de produtos comercializados pela TekOn	7
Figura 5 - Fatores de conforto em um edifício empresarial.....	9
Figura 6 - Classificação dos tipos de iluminação	10
Figura 7 - Grandezas para avaliação e caracterização da luminosidade	12
Figura 8 - Zonas de conforto de Inverno e de Verão de acordo com a ASHRAE 55	15
Figura 9 - Consumo energético por setor em Portugal	16
Figura 10 - Principais fatores de utilização de energia em edifícios	17
Figura 11 - Exemplo do funcionamento da tecnologia X10.....	19
Figura 12 - Exemplos de algumas aplicações da tecnologia X10.....	20
Figura 13 - Rede típica CEBus.....	21
Figura 14 - Ecrã tátil L-VIS Touch Screen 12"	22
Figura 15 - Controlador Room Control Units RCU-101	22
Figura 16 - Exemplo de comunicação entre um interruptor e uma luminária	24
Figura 17 - Funcionamento do sistema KNX	25
Figura 18 - Tipos de topologia de rede KNX	26
Figura 19 - Topologia lógica de uma instalação KNX TP, Áreas, linhas e dispositivos	26
Figura 20 - Cabo de <i>Bus</i> utilizado no KNX	27
Figura 21 - Arquitetura do <i>software</i> ETS	28
Figura 22 - Esquema elétrico do sistema DALI	29
Figura 23 - Cabo de ligação de um balastro DALI.....	30
Figura 24 - Protocolos de automação de edifícios por zona geográfica	31
Figura 25 - Planta do rés do chão do Edifício A.....	34
Figura 26 - Planta do primeiro piso do edifício A	35
Figura 27 - Gestão técnica centralizada no Edifício A	37
Figura 28 - Vista do <i>hall</i> de entrada onde se encontra a consola.....	38
Figura 29 - Principais sistemas de monitorização da consola.....	39
Figura 30 - Divisão da tecla de dois canais	41
Figura 31 - Vista em topologia do <i>software</i> ETS	44
Figura 32 - Vista em grupo do <i>software</i> ETS	44
Figura 33 - Visualização em tempo real de mensagens no <i>bus</i> KNX.....	45

Figura 34 - Janela de <i>read/write value</i>	45
Figura 35 - Visão geral da iluminação do rés do chão do edifício A.....	46
Figura 36 - Visão geral da iluminação do Piso 1 do Edifício A	47
Figura 37 - Visão geral da iluminação exterior do Edifício A.....	47
Figura 38 - Configuração da iluminação exterior.....	48
Figura 39 - Configuração do <i>hardware</i> acoplado ao CX 1010.....	50
Figura 40 - Configuração do <i>hardware</i> acoplado ao BC <i>slave</i>	51
Figura 41 - Janela do System Manager com os I/O's acoplados ao CX	53
Figura 42 - Ligação das saídas da KL2408 – piso 1	54
Figura 43 - Janela do "System Manager com os I/O's acoplados ao BC	54
Figura 44 - Ligação das saídas da KL2408 – Piso 0.....	54
Figura 45 - Mapa de estacionamento da Bresimar	56
Figura 46 - Esquema de ligação de sistema de controlo de acessos	57
Figura 47 - Luxímetro da BK Precision	60
Figura 48 - Planta da sala comercial onde foram realizados testes de iluminância	61
Figura 49 - Tabela de resultados dos testes de iluminância.....	61
Figura 50 - Diagrama dos circuitos das luminárias do Armazém.....	62
Figura 51 - Interruptor dos circuitos do armazém	63
Figura 52 - Janela do ETS com a vista em topologia	64
Figura 53 - Janela do ETS com a vista em grupo	64
Figura 54 - Sala de Formação existente no Piso 0 do Edifício A	66
Figura 55 - Interruptor de quatro teclas que liga/desliga a iluminação da sala.....	66
Figura 56 - Arquitetura do sistema DALI existente na Sala de Formação	67
Figura 57 - Detecção dos endereços dos balastros	68
Figura 58 - Endereços dos balastros existentes na Sala de Formação	68
Figura 59 - Exemplo de uma função para a armadura 1 da fila A	69
Figura 60 - Disposição das luminárias da Sala de Formação no iX Developer	69
Figura 61 - Atribuição das <i>tags</i> às luminárias	70
Figura 62 - Esquema de distribuição de energia na Bresimar	71
Figura 63 - Menu de monitorização do gerador	72
Figura 64 - Transformadores de corrente localizados no QG.....	72
Figura 65 - VersiCharge 5TT3201-1VR02 da SIEMENS.....	73
Figura 66 - TwinCat Menu	74
Figura 67 - TwinCat PLC Control - Nova POU	75

Figura 68 - Passos principais para fazer a aquisição de dados de recolha de energia.....	76
Figura 69 - Dispositivos associados à rede do Edifício	77
Figura 70 - Inserção do CX na rede.....	77
Figura 71 - Visualização das variáveis de energia.....	78
Figura 72 - Localização das consolas no Edifício e respetivos IPs	79
Figura 73 - Principais passos no <i>software</i> iX Developer.....	80
Figura 74 - Menu principal com novo botão	81
Figura 75 - Consumo instantâneo de energia do Quadro Geral.....	81
Figura 76 - Menu de controlo de ventilação	82
Figura 77 - Janela do TwinCAT correspondente ao programa SMS_SEND.....	83
Figura 78 - Menu de acesso à Entrada 1.....	84
Figura 79 - Menu de acesso à Entrada 2.....	85
Figura 80 - <i>Softwares</i> TwinCat e iX Developer	95

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis de iluminação para cada tipo de compartimento	13
Tabela 2 - Comprimento do <i>bus</i> DALI e correspondente secção mínima (Mourinho, 2014).....	30
Tabela 3 - Correspondência dos grupos por divisões no KNX.....	40
Tabela 4 - Componentes KNX utilizados na Bresimar.....	43
Tabela 5 - Distribuição de equipamentos por cada fase	82

ABREVIATURAS E SIGLAS

ASATEK	Aplicações e sistemas de automação
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers</i>
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BCU	<i>Bus coupling unit</i>
CEBUS	<i>Consumer Electronic Bus</i>
CO2	Dióxido de carbono
CPU	<i>Central Process Unit</i>
CSMA	<i>Carrier Sense Multiple Access</i>
DALI	<i>Digital Addressable Lighting Interface</i>
EDP	Energias de Portugal
EIA	<i>Electronic Industries Association</i>
EIB	<i>European Installation Bus</i>
ETS	<i>Engineering Tools Software</i>
FBD	<i>Function Block Diagram</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
HMI	<i>Human Machine Interface</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IL	<i>Instruction List</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LD	<i>Ladder</i>
LED	<i>Light Emission Diode</i>
LON	<i>Local Operating Network</i>
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
POU	<i>Program Organization Units</i>
QAI	Qualidade de Ar Interior

RF	Rádio Frequência
SFC	<i>Sequential Function Chart</i>
ST	<i>Structured Text</i>
UPS	<i>Uninterruptible power supply</i>

1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo apresenta o enquadramento do projeto realizado (Secção 1.1), os seus principais objetivos (Secção 1.2) e a estrutura deste documento (Secção 1.3).

1.1 Enquadramento do projeto

No enquadramento de Projeto/Estágio/Dissertação do segundo ano do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica é possível a realização de um Projeto, um Estágio curricular ou uma Dissertação. Este trabalho descreve a realização de um projeto em colaboração com uma empresa na área de Automação Industrial, pelo facto de este possibilitar um contacto mais direto com o funcionamento diário de um sistema de automação de edifícios.

O Projeto decorreu sob a orientação dos professores Fernando Lopes e Marco Silva e foi supervisionado na Bresimar pelo Engenheiro Pedro Marques. Foi realizado com a colaboração da Bresimar Automação, S.A, na qual foi feita a recolha de dados para testes e análise dos fatores de conforto no espaço envolvente. Nesta empresa, localizada em Aveiro, optou-se por otimizar o Edifício A, uma vez que existiram obras de requalificação em 2017 e houve a necessidade de melhoramento do mesmo. Como trabalho futuro está planeado implementar um sistema semelhante para os restantes edifícios da empresa, ou seja, os Edifícios B, C e D.

A gestão inteligente de um edifício é uma atividade cada vez mais tecnológica nos dias que correm, devido à rápida evolução tecnológica dos sistemas de automação. O objetivo é simplificar a vida diária das pessoas, satisfazendo as suas necessidades de comunicação, conforto e segurança. Dentro desta empresa a intenção é tornar os seus edifícios o mais eficientes possível, e facilitando a utilização do sistema. Neste caso, em que a empresa atua no campo da automação industrial, estando estritamente ligada à domótica, esta última parte foi umas das prioridades da Bresimar.

O termo “Domótica” emerge da combinação da palavra latina “Domus” com “Robótica”, e a definição no dicionário Priberam¹ refere que é um “conjunto das técnicas e dos estudos tendentes a integrar no habitat todos os automatismos em matéria de segurança, de gestão de energia, e de comunicação”.

Na fase inicial do projeto, surgiu a oportunidade de conhecer o espaço de trabalho e a metodologia de funcionamento da empresa. De seguida foram investigados conceitos, princípios de funcionamento, e protocolos de tecnologias de automação de edifícios existentes atualmente no mercado. Após essa fase, os primeiros fatores a melhorar foram a iluminação e o sistema de controlo de acessos da empresa. Adicionalmente ao longo do tempo foram surgindo tarefas complementares como a monitorização de consumos energéticos.

¹ <https://www.priberam.pt/dlpo/dom%C3%B3tica>

Depois de analisar o edifício e as opções em termos de sistemas de automação, foi sugerido por parte da empresa utilizar o protocolo KNX para efeitos de iluminação e um sistema da Beckhoff para controlo geral do edifício.

Para um melhor enquadramento do tema foram frequentadas ações de formação oferecidas por empresas fabricantes e, através de equipamentos dedicados a sistemas de automação adquiridos, foi possível esclarecer dúvidas relativas à instalação e implementação dos sistemas.

1.2 Objetivos

O projeto teve como principal objetivo adquirir competências e aprofundar conhecimentos na área dos edifícios inteligentes, incluindo os sistemas de automação que estes incorporam. Em concreto foram realizados trabalhos com especial enfoque nos seguintes objetivos:

- Aplicar a situações reais de trabalho os conhecimentos obtidos nas várias unidades curriculares que constituíram a formação académica;
- Conhecer os sistemas de automação em edifícios existentes no mercado;
- Conhecer concretamente os protocolos a serem instalados;
- Analisar detalhadamente o projeto do edifício, assim como a planta e as suas necessidades a nível de fatores de conforto como, iluminação, climatização, entre outros;
- Estudar e referir quais as soluções concretas para o edifício, a nível de *Hardware* e *Software*;
- Fazer um estudo comparativo do comportamento do edifício antes e depois da aplicação do trabalho de projeto;
- Aprender conceitos e adquirir experiência sobre as tecnologias da automação e domótica de edifícios em geral;
- Adquirir experiência profissional.

A calendarização das tarefas necessárias para alcançar estes objetivos é apresentada na Figura 1, na qual se representa um gráfico temporal, com o levantamento das atividades mais importantes desenvolvidas.

1.3 Estrutura do documento

Este relatório está estruturado de forma que sejam evidenciadas as competências adquiridas assim como o trabalho desenvolvido ao longo do projeto.

O restante documento está dividido em 6 capítulos, incluindo o atual:

- Capítulo 2 – “A empresa Bresimar” – São apresentados a entidade de acolhimento, o local de implementação do projeto e a metodologia de trabalho da empresa;

- Capítulo 3 – “Conforto em ambiente empresarial” – Ilustra como é crescente a importância do conforto no local de trabalho. São descritos os fatores que vão ser abordados com mais detalhe ao longo do projeto, sendo eles a iluminação, climatização, os sistemas de controlo de acessos à empresa e a consequente monitorização de consumos. São ainda apresentados os sistemas de automação de edifícios existentes no mercado;
- Capítulo 4 – “Edifício Bresimar – Caso de Estudo” – Elenca aspetos relativos a uma análise da instalação elétrica já existente na empresa, é apresentado o funcionamento do sistema de iluminação, do controlo energético e como é implementado era controlo de acessos à empresa antes das alterações efetuadas;
- Capítulo 5 – “Automação de edifícios – Trabalhos realizados” – Enuncia os elementos que tiveram necessidade de ser alterados/melhorados no edifício e outros que foram implementados de raiz, tal como o controlo da monitorização de energia;
- Capítulo 6 – “Formações proporcionadas durante o projeto” – Expressa de forma sumária formações que foram frequentadas, nomeadamente, formação Nível I e Nível II em TwinCat, *software* da Beckhoff e formação de nível básico e avançado em iX Developer, *software* da Beijer Electronics;
- Capítulo 7 – “Conclusões” – Expõe as conclusões da aluna com o objetivo deste projeto perspetivar e balancear o trabalho desenvolvido, assim como sugestões para trabalho futuro.

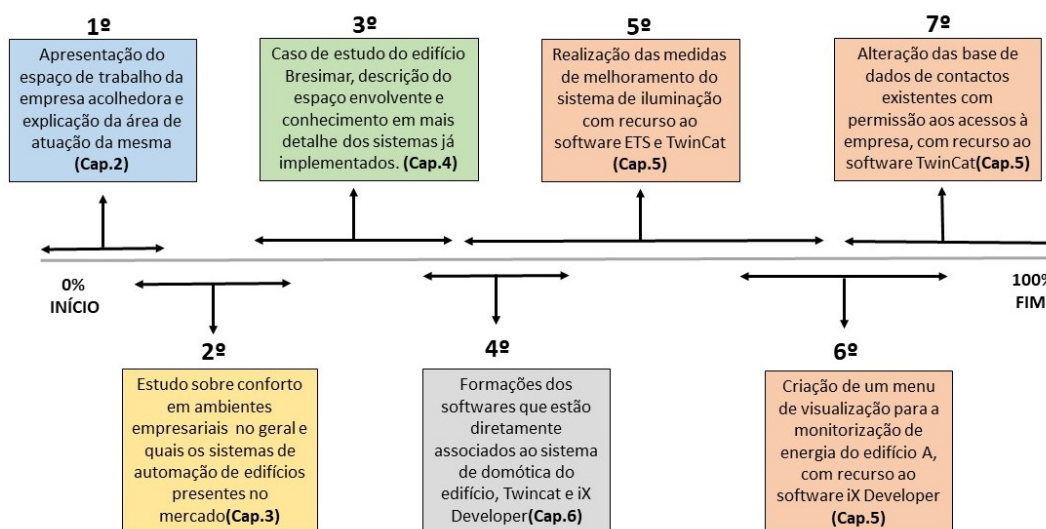


Figura 1 - Linha temporal das principais atividades desenvolvidas no projeto

2. A EMPRESA BRESIMAR

No presente capítulo é apresentada a entidade de acolhimento, são expostos aspetos relativos ao local de realização do projeto e a metodologia do trabalho realizado na empresa.

O projeto enquadrou-se no âmbito de uma colaboração institucional, formalizada através de um Protocolo de Projeto, entre o ISEC e a Bresimar Automação.

Esta empresa encontra-se sediada na cidade de Aveiro, Figura 2, e tem uma delegação em Lisboa, no TagusPark.



Figura 2 - Vista frontal da Bresimar Automação, S.A²

A Bresimar foi fundada em 1982 e é uma empresa que se especializou no comércio de equipamentos e soluções para automação industrial com uma estratégia focada no futuro e no seu crescimento contínuo.

Com presença no mercado há 36 anos, é hoje reconhecida pela qualidade dos produtos e serviços que disponibiliza, assim como pelo portefólio de marcas internacionais inovadoras e de grande prestígio no mercado da automação. Na Figura 3 é possível observar a diversidade de marcas, cujos produtos são comercializados na sua maioria com indústrias, fabricantes de máquinas e revendedores.

² Ficheiro interno da Bresimar Automação



Figura 3 - Marcas representadas pela Bresimar (Bresimar, 2016)

A Bresimar foi criada por um grupo de sócios em 1982, porém passados nove anos o fundador Sr. Carlos Breda passou a ser o único acionista, e desde então ocorreram vários marcos importantes na história nesta empresa. A abertura de uma filial em Lisboa, onde se encontra uma equipa de comerciais para que estes consigam prestar um suporte mais competente aos clientes situados na zona Sul do país e Ilhas.

Em 2001 foram alargadas as áreas de negócio da empresa, criando duas marcas registadas, a AsaTek e a TekOn (Silva R. F., 2017).

O departamento AsaTek (Aplicações e Sistemas de Automação) reúne uma equipa de engenharia especializada, que se dedica a desenvolver, projetar e a implementar soluções integradas de automação e a disponibilizar um serviço integrado na assistência pós-venda dos produtos comercializados pela Bresimar Automação. Esta é também uma marca registada de *software* de automação.

O departamento TekOn é composto por um núcleo de trabalho dedicado à Investigação, Desenvolvimento e Inovação de produtos (NIDT), especializado na produção de transmissores de sinal e de equipamentos eletrónicos, para a monitorização de processos industriais. Fruto da sua atividade, foi registada a marca Tekon Electronics, com vista à comercialização das soluções desenvolvidas. Em 2013 deu-se o processo de internacionalização da empresa, dando início a parcerias com representação da marca em diversos países, neste momento em 20 (Breda, 2017).

Na Figura 4 é possível observar alguns dos produtos desenvolvidos por esta marca, sendo na sua maioria transmissores de temperatura.

Os transmissores de temperatura são utilizados no controlo de processos. Estes são constituídos por circuitos eletrónicos, que ao receberem um sinal proveniente de Pt100 (Ω) ou de termopares (μV) são capazes de processá-lo num sinal analógico (ex. 0/4...20mA; 0...10V) totalmente linear e proporcional à variável de processo, a temperatura. Eles têm a vantagem de converter um sinal de muito baixa amplitude, produzido nas sondas de temperatura, num sinal elétrico amplificado, estável e com elevada imunidade a ruídos. Sem esta amplificação os resultados de medição seriam comprometidos e suscetíveis a interferências presentes no ambiente industrial.

Existem dois tipos de transmissores, os de montagem à cabeça, alínea a, em que a sua montagem pode ser feita ligando-se diretamente à sonda de temperatura e os de transmissão sem fios, alínea b, que se trata de uma solução desenvolvida para monitorizar variáveis de processo como, temperatura, humidade e CO₂.

O sistema sem fios DUOS foi projetado de forma a estar em contacto com ambientes extremamente frios ou submerso em água e pode ser ligado a uma entrada digital externa para se adequar às várias configurações da sonda (TekOn Electronics, 2016).



a) Transmissor de cabeça



b) Sistema sem fios - DUOS

Figura 4 - Exemplos de produtos comercializados pela TekOn (Electronics, 2018)

Igualmente em 2013, a Bresimar adquiriu o capital maioritário da empresa Selmatron Lda, e assim aumentou de novo a sua área de negócio e a sua presença no mercado de automação industrial.

3. CONFORTO EM AMBIENTE EMPRESARIAL

No presente capítulo é feita uma contextualização do tema, conforto em ambiente empresarial, incidindo nos fatores de conforto como iluminação, espaço físico e monitorização de consumos. Também são abordadas algumas das tecnologias existentes no mercado para automação de edifícios.

3.1 Contextualização

Tendo em conta o desenvolvimento das empresas e das visões inovadoras em relação à automação de edifícios a que se tem vindo a assistir, verifica-se que a adoção de práticas que promovam um desempenho socialmente responsável é uma preocupação global das mesmas. Através de um relatório de satisfação, a empresa pode difundir o seu desempenho de responsabilidade junto dos *stakeholders*, como medida estratégica do seu desenvolvimento. No entanto, existem outros documentos com objetivos semelhantes, que referem que a responsabilidade social promove e conduz a empresa para o aumento da produtividade e competitividade (Catarino, 2016).

Com o crescente aumento do número de atividades realizadas em espaços fechados, o conforto do ambiente passou a ser um ponto fundamental da idealização dos projetos de arquitetura do próprio edifício.

No organograma apresentado na Figura 5 é possível observar uma visão geral dos principais fatores que afetam os parâmetros que caracterizam a qualidade do ambiente dos edifícios.

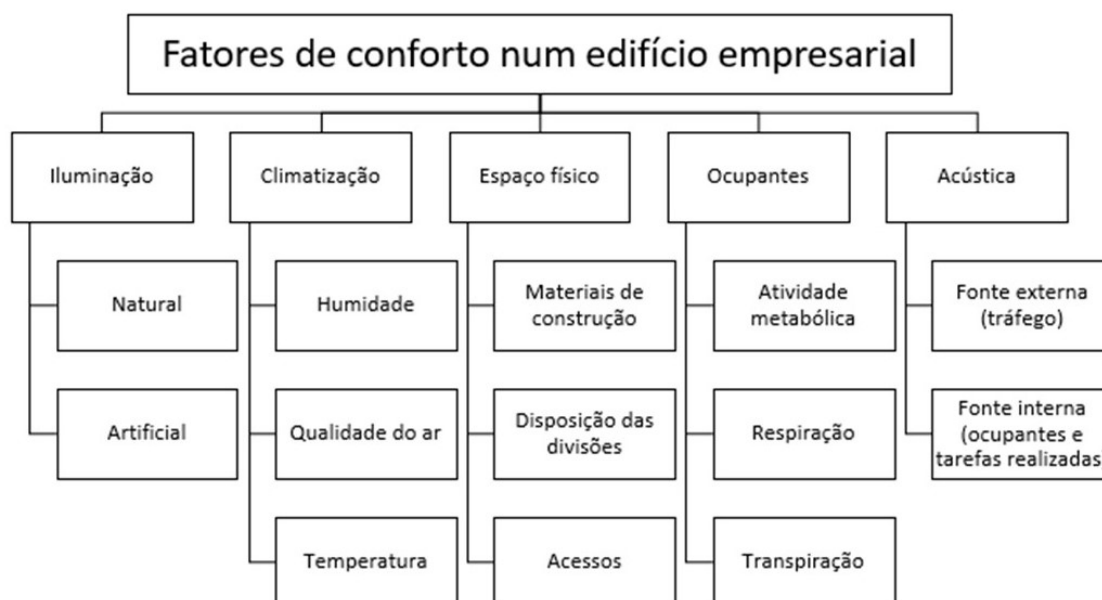


Figura 5 - Fatores de conforto em um edifício empresarial

No caso deste projeto, os fatores abordados mais especificamente foram a iluminação e a gestão de acessos ao espaço físico da empresa. Como tarefa adicional surgiu a necessidade de monitorizar os consumos energéticos da empresa, com visualização de dados e indicação gráfica numa consola com capacidade de realizar o controlo geral do edifício. Esta permite controlar vários fatores, tais como a utilização das luminárias, o horário de funcionamento da ventilação, quais os números de telemóvel autorizados a aceder às instalações, entre outros.

3.1.1 Iluminação em espaços empresariais

Não se pode ignorar que, hoje em dia, as pessoas passam a maior parte do tempo no interior de edifícios, seja em casa, no trabalho, nas compras e, frequentemente, a iluminação é usada por longos períodos de tempo, mesmo sem necessidade.

Uma iluminação adequada irá influenciar decisivamente a saúde dos seus utilizadores. No local de trabalho, a iluminação tem efeitos ao nível de produtividade, irritabilidade ocular e na diminuição da taxa de erros. Por outro lado, a segurança das pessoas também é conseguida em parte, através de uma correta iluminação.

Há que ter em conta as evoluções normativas, que servem como um forte catalisador de mudança. A criação do regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços, que se pode encontrar no portal Diário da República eletrónico, Decreto-lei nº 251/2015³, veio promover a utilização de sistemas de controlo de iluminação, como estímulo para uma gestão mais eficiente da energia nos edifícios.

Neste enquadramento, pode-se aferir a importância de uma iluminação correta para cada espaço e aplicação, sendo fundamental procurar soluções que permitam adequá-la às necessidades dos seus utilizadores, de forma eficaz e eficiente (Dias, 2017).

Quanto ao tipo, a iluminação pode ser natural e artificial, contudo a artificial só deve ser utilizada para colmatar a luz natural quando esta não seja adequada e não proporcione conforto ideal aos seus ocupantes.

Os sistemas de iluminação podem ser classificados em vários tipos, como mostra a Figura 6 (Ferreira L. F., 2012).

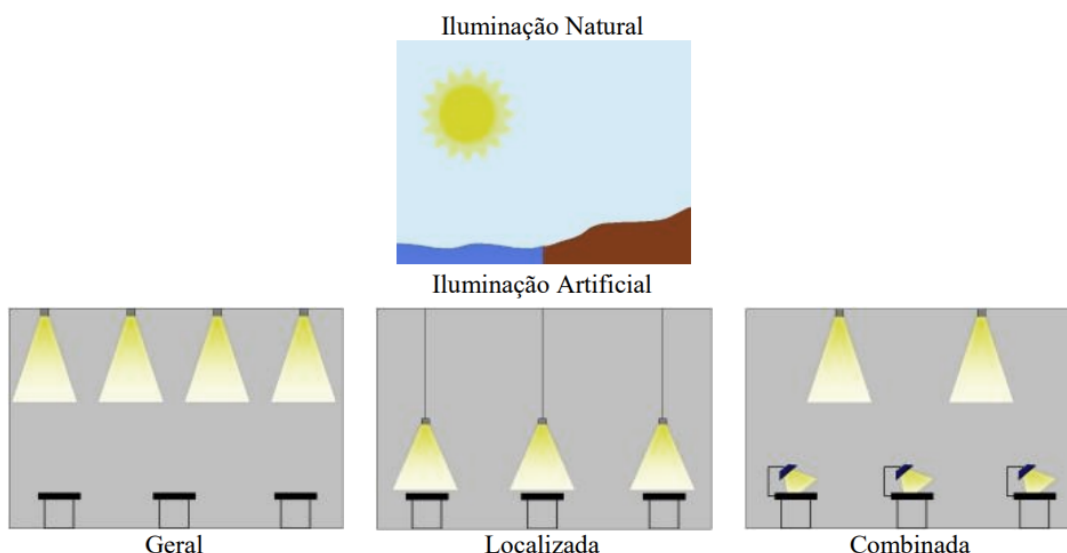


Figura 6 - Classificação dos tipos de iluminação (Ferreira L. F., 2012)

A iluminação apropriada num local de trabalho é mais do que apenas iluminar um espaço de trabalho. É essencial que as tarefas sejam realizadas com facilidade e conforto visual. Assim, a

³ https://dre.pt/home/-/dre/71100900/details/maximized?p_auth=6FLNYLm6

iluminação não deve ter em conta apenas os aspetos quantitativos, é importante ter em conta os aspetos qualitativos que, ao longo do dia ajudem a criar estímulos e situações de descontração.

A norma ISO CIE 8995:2002 especifica requisitos de iluminação para interiores e locais de trabalho para as pessoas executarem as tarefas visuais de forma eficiente, com conforto e segurança durante todo o período de trabalho.

Segundo recomendações encontradas na norma *Lighting of work places*⁴ os sistemas de iluminação artificial devem garantir (ISO, 2002):

- conforto visual, por forma a proporcionar uma sensação de bem-estar no local onde vão ser realizadas as tarefas;
- iluminação que crie um ambiente propício a um bom desempenho, onde os trabalhadores são capazes de realizar as suas tarefas visuais, rapidamente e com precisão, mesmo quando se tratam de longos períodos;
- iluminação que crie um ambiente seguro, para que seja possível olhar ao redor e detetar possíveis riscos.

Os níveis de luminosidade natural de um espaço interior variam ao longo dia e são condicionados por fatores como, as condições de nebulosidade, os aspetos geométricos dos compartimentos, as dimensões dos envidraçados e a sua orientação ou as características das superfícies interiores dos compartimentos, como a cor.

Os níveis de luz natural que atravessam uma janela devem ser ajustados por cortinas e persianas, de modo que a luz solar direta não atinga os trabalhadores e/ou superfícies dentro do seu campo de visão, evitando desta forma um contraste excessivo e desconforto térmico. A janela também permite o contacto visual com o mundo exterior o que na maioria das pessoas é considerado como um factor positivo. Além disso, quando o homem recorre á luz natural para iluminação ou para regularizar a condição térmica está a evitar o consumo de eletricidade, uma vez que se serve da luz natural.

A norma EN 15251:2007, relativa à qualidade do ambiente interior, define as condições de iluminação para a obtenção de conforto (ISO, 2007).

Existem grandezas que permitem avaliar e caracterizar a luminosidade (Coutinho, 2009), são usadas as grandezas ilustradas na Figura 7. Estas grandezas são:

- Fluxo luminoso (lúmen);
- Intensidade luminosa (candela)
- Iluminância (lux);
- Luminância (candela/metro quadrado).

⁴ <https://www.iso.org/standard/28857.html>

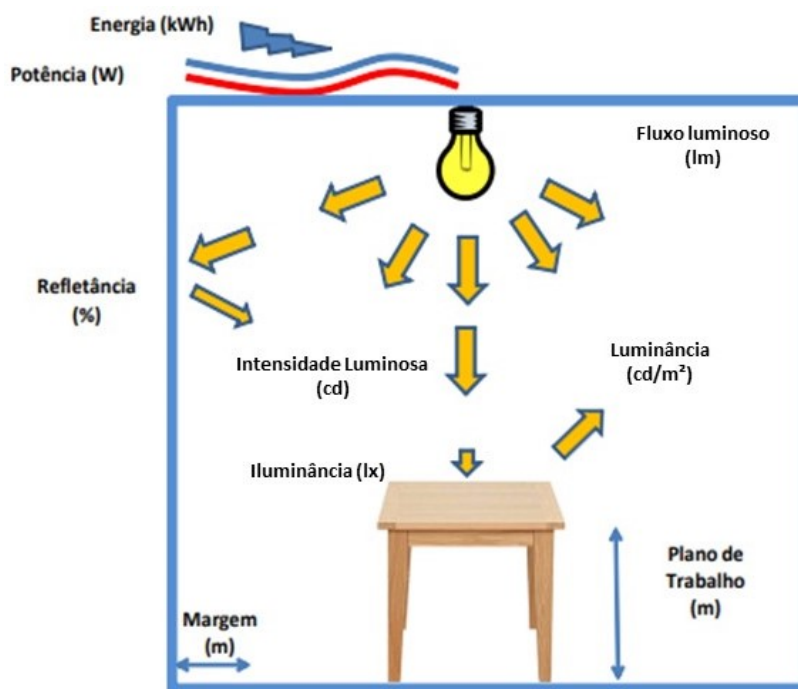


Figura 7 - Grandezas para avaliação e caracterização da luminosidade (Baraniuk, s.d.)

Estas são grandezas que consideram não apenas a potência radiométrica de luz presente no espectro visível, mas incluem pesos para os vários comprimentos de onda, de acordo com um modelo da sensibilidade do olho humano (Wyszecki, 2000).

O Fluxo luminoso é uma das unidades fundamentais na iluminação, e diz respeito à quantidade total de luz emitida por uma fonte, na sua tensão nominal de funcionamento. Este é traduzido em lúmen (lm).

A Intensidade Luminosa é a quantidade de luz que uma fonte emite por unidade de ângulo sólido projetada numa determinada direção. O valor está diretamente ligado à direção desta fonte de luz. A intensidade luminosa é expressa em candelas (cd) e em algumas situações em candelas/1000 lúmens.

O nível de iluminância ou Iluminância é o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância da fonte, ou seja, é o fluxo luminoso por unidade de superfície (lúmen/m²) ou lux (lx). É a grandeza que é usada para definir a quantidade de luz recomendada para uma dada tarefa e diz respeito à quantidade de luz que se considera necessária à boa execução dessa tarefa, determinando a qualidade da percepção visual. Esta relação é dada entre a intensidade luminosa e o quadrado da distância ($1/d^2$).

A iluminância pode ser medida através de um luxímetro, e o que é visível são as diferenças na reflexão da luz. A iluminância é também conhecida como nível de iluminação.

A luminância é a intensidade luminosa de uma fonte de luz produzida ou refletida por uma superfície iluminada. Esta relação é dada entre candelas e metro quadrado da área aparente (cd/m^2) (Baraniuk, s.d.).

Na Tabela 1, são apresentados os níveis de iluminação adequados a diversas condições, de acordo com a norma ISO CIE 8995 (ISO, 2002).

Tabela 1 - Níveis de iluminação para cada tipo de compartimento

Gama de Iluminância (lx)	Tipos de compartimento, de Tarefas ou/e Atividade
100	Halls de entrada, zonas de circulação e corredores
150	Escadas.
200	Cozinhas, cantinas e Wc's.
100	Quartos.
500	Escritório, escrever, ler.

Para este caso de estudo, uma vez que se trata de um edifício empresarial, com escritórios, a gama de iluminância adequada é de 500 lux. Quanto mais próximo estiver deste valor, maior é o conforto e precisão visual.

O controlo da iluminação pode ser feito de várias formas, tais como por programação horária, atuação direta dependendo da luz solar, uma vez que existe um sensor de luminosidade no exterior do edifício e dependendo do valor de iluminância este acende ou apaga as luzes interiores da empresa, deteção de movimento, controlo remoto ou iluminação de emergência.

3.1.2 Climatização em espaços empresariais

A climatização associada ao conforto térmico, qualidade do ar e ventilação, é dos fatores mais importantes a ter em conta quando se faz o projeto de um edifício empresarial.

De acordo com a norma ISO 7730 que define o conforto térmico como sendo “a satisfação expressa quando sujeito a um determinado ambiente térmico”, esta definição sugere um certo grau de subjetividade, pressupondo a análise de dois tipos de aspetos: aspetos físicos (ambiente térmico) e aspetos subjetivos (estado de espírito do indivíduo). Um objetivo realista neste tipo de fator é a criação de um ambiente térmico que propicie bem-estar ao maior número de pessoas (Simões & Talaia, 2009).

Na atualidade a preocupação com a Qualidade do Ar Interior (QAI) tem vindo a alargar-se verificando-se inclusive no local de trabalho, onde os funcionários esperam um ambiente confortável e saudável, o que também é favorável para a entidade patronal, visto que a produtividade pode ser muito afetada por a QAI (Ferreira L. F., 2012).

A realização de estudos de QAI em vários edifícios tem demonstrado que os ocupantes de edifícios com ar interior contaminado apresentam muitas vezes sintomas de cansaço, dores de cabeça, tonturas, dificuldade de concentração, entre outras. A climatização, as instalações e uma correta manutenção dos sistemas são um fator chave para um bom ambiente interior (Ramos, Dias, Paixão, Cano, & Proença).

A ventilação, por definição, é a introdução intencional de ar ambiente num espaço para controlo térmico, para desumidificação e para controlo da qualidade do ar interno diluindo e minimizando os poluentes internos.

De modo a garantir a qualidade do ar é necessário que o sistema de ventilação seja adequado ao edifício onde esteja inserido, por exemplo no caso de habitações, a ventilação deve ser geral e permanente, podendo ser, ventilação natural e ventilação mecânica.

Como os seus nomes indicam a diferença entre elas passa pela não utilização/utilização de meios mecânicos para a extração do ar interior.

- **VENTILAÇÃO NATURAL**

A ventilação natural usa as forças da natureza para originar diferenças de pressão que promovem a circulação do ar. Atualmente, com a arquitetura a mudar surgem cada vez mais edifícios sem janelas operáveis, dificultando assim a ventilação natural. Desta forma não é possível aos ocupantes abrir as janelas assim que se sentem desconfortáveis. Quando não é possível abrir as janelas, para realizar a renovação de ar, pode recorrer-se a outras formas de ventilação natural, uma delas é a aplicação de aberturas de admissão de ar em paredes de fachada. Este sistema consiste na aplicação de dispositivos que abrem uma comunicação direta o exterior/interior do edifício.

A ventilação natural é mais económica do que a ventilação artificial, olhando aos seus custos de instalação, de operação (não consomem energia para o seu funcionamento) e de manutenção que são substancialmente reduzidos. Para além disso não provoca tanto ruído e tem menos riscos de provocar problemas de saúde, pois a variação causada pela circulação artificial do ar pode ser extremamente prejudicial.

No entanto também tem desvantagens, como um difícil controlo dos caudais de ar, devido ao carácter aleatório das forças da natureza envolvidas. As técnicas de recuperação de calor também são de difícil utilização, não é possível filtrar o ar para retirar as partículas existentes no exterior e em muitos ambientes urbanos tanto o ruído como a qualidade do ar exterior são inadequados transmitindo-se ao interior dos edifícios. (Ferreira M. J., 2004)

- **VENTILAÇÃO MECÂNICA**

Em edifícios que vão ser partilhados por muitas pessoas, a ventilação natural não é suficiente para se cumprirem as exigências mínimas, por isso é necessária a instalação de sistemas de ventilação mecânica, para controlar a qualidade do ar interior. É possível a aplicação de uma ventilação mista, onde se conjuga a ventilação mecânica em conjunto com a natural.

Os equipamentos que mais influenciam a qualidade do ar interior são os sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC), que nem sempre cumprem a função para que foram concebidos (fornecer ar de qualidade aos espaços interiores confinados), ou não são alvo de uma manutenção adequada (Ferreira M. J., 2004).

A ASHRAE 55:2010 dispõe de um método gráfico, com limites para a zona de conforto, seja Inverno ou Verão, dependendo da temperatura resultante, da humidade relativa, da resistência térmica da roupa e da atividade metabólica desenvolvida, Figura 8 (Ferreira L. F., 2012).

As zonas de conforto resultantes são definidas segundo uma gama de temperaturas e uma combinação de condições que proporcionam um ambiente térmico confortável. Para o Inverno pode verificar-se a laranja que a temperatura mais aconselhável é entre os 20°C e os 25°C e no Verão é entre os 25°C e 28°C.

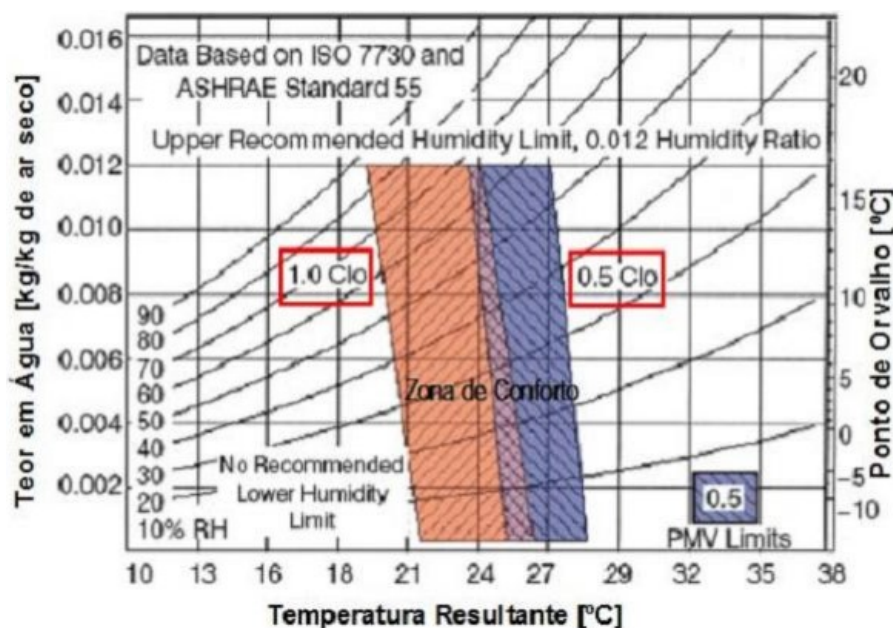


Figura 8 - Zonas de conforto de Inverno e de Verão de acordo com a ASHRAE 55 (Ferreira L. F., 2012)

3.1.2 Gestão de acessos a empresas

O espaço físico onde está envolvido o edifício empresarial é também um fator importante a ter em conta relativamente ao conforto neste tipo de ambientes. Considerando que os colaboradores de uma empresa passam pelo menos 8 horas do dia no seu local de trabalho, um bom investimento nele pode fazer uma grande diferença na produtividade da empresa.

A organização e *layout* do edifício necessitam de ser organizados, relativamente ao espaço, máquinas e localização dos ocupantes. É necessária especial atenção aos postos físicos de trabalho tendo em conta a postura dos seus ocupantes.

Relativamente aos acessos exteriores, é importante que existam parques de estacionamento reservados para os colaboradores de uma determinada empresa, por uma questão de gestão de tempo na procura de lugar e pela segurança da empresa, de modo a restringir o acesso de pessoas alheias ao lugar.

Por uma questão de redundância é importante que se estabeleça um acesso principal, mas também um acesso secundário para o caso de surgir alguma emergência.

O regulamento de utilização do parque de estacionamento é um elemento essencial para uma boa gestão de acessos a uma determinada empresa. Deverá definir-se o horário de funcionamento, as normas de acesso, tanto de automobilistas como de peões e os lugares destinados ao estacionamento das viaturas.

Existem várias formas de garantir a proteção de uma empresa. Pode ser utilizada a segurança privada através de empresas que oferecem serviços próprios de segurança, estas oferecem serviço de preservação de património, pessoas, áreas e bens. A segurança também pode ser feita através de porteiros ou rececionistas, que auxiliam a proteção e têm cuidado com a propriedade. Mas com o avanço da tecnologia, cada vez há mais sistemas automáticos na área da segurança, que funcionam com maior assertividade, para além de permitir reduzir consideravelmente os custos.

Tecnologias de controlo remoto utilizando o GSM são cada vez mais utilizadas para acionar remotamente um portão elétrico, ou outro dispositivo nele instalado. Assim é possível obter um sistema totalmente integrado no qual se pode acompanhar os acessos internos (Senior, 2018).

3.1.3 Monitorização de consumos energéticos

Uma vertente importante na automação de edifícios é a gestão racional da energia e outros recursos, com vista a otimizar os consumos e permitir poupanças.

De uma forma generalizada, a importância dada ao controlo dos consumos de energia elétrica é cada vez maior, existindo uma preocupação mais acentuada relativamente à eficiência energética. Em Portugal os edifícios são responsáveis por cerca de 29% do consumo total da energia primária do país e 62% no que respeita ao consumo de eletricidade, (ver Figura 9), e são ainda o segundo maior setor com consumo de CO₂.

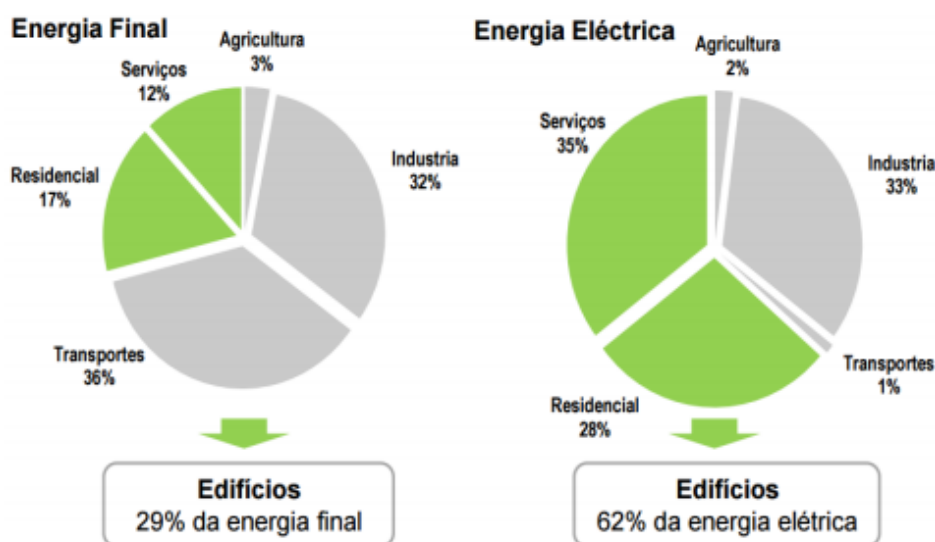


Figura 9 - Consumo energético por setor em Portugal (Silva E. W., 2015)

Os edifícios de serviços representam 35% do consumo total de energia elétrica em Portugal. Deste modo é de extrema importância a implementação de um conjunto de medidas técnicas e comportamentais, com a finalidade de aumentar a eficiência energética e reduzir o consumo nesse sector (Silva E. W., 2015).

Nos edifícios a energia é utilizada para várias finalidades, tais como sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC), iluminação, alimentação de equipamentos fixos ou móveis e controlo de acessos, Figura 10.

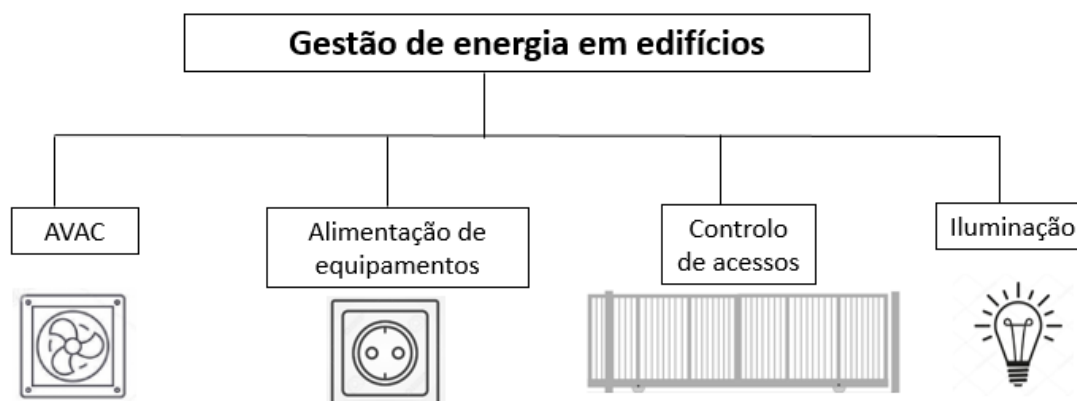


Figura 10 - Principais fatores de utilização de energia em edifícios

A norma ISO 50001 – Sistemas de Gestão de Energia, publicada em junho de 2011, estabelece os requisitos que deve ter um sistema de gestão de energia de uma organização para ajudá-la a melhorar o seu desempenho energético, aumentar a sua eficiência energética e diminuir o impacto ambiental, assim como também a aumentar a sua competitividade nos mercados em que opera, sem com isso afetar a sua produtividade.

Esta norma destina-se a todo o tipo de organizações que pretendam posicionar-se na vanguarda na gestão da energia, aplicando-se quer na indústria como nos serviços e em todas as regiões do mundo. A versão portuguesa da norma é a NP EN ISO 50001:2012.

Os aspetos essenciais a assegurar com a implementação de um Sistema de Gestão de Energia (SGE) são os seguintes:

- Conhecimento dos consumos energéticos da organização: porquê, como, onde, quando e quanto se consome de energia;
- Contabilização e monitorização da evolução dos consumos de energia;
- Disponibilização de dados para tomada de decisões sobre as medidas a adotar para a melhoria do desempenho energético;
- Adoção de medidas que permitam otimizar a utilização de energia;
- Controlo do resultado das ações e investimentos realizados para melhoria do desempenho energético (AIDA, 2014).

Dada a significância que a eficiência energética e a utilização racional de energia têm, é imprescindível a gestão da mesma para que se obtenha o resultado final pretendido, realizando um acompanhamento e uma supervisão ajustados a cada situação. Estas ações têm como objetivo reduzir consumos desnecessários, com grande impacto financeiro, bem como otimizar o conforto dos ocupantes.

Atualmente existem cada vez mais métodos e tecnologias especializadas na monitorização dos consumos de energia e sistemas de gestão técnica centralizada, que permite aos responsáveis, por cada instalação ou entidade, implementarem posteriormente as ações mais adequadas.

Esta gestão e acompanhamento de consumos representam um grande conjunto de vantagens para as instituições e utilizadores, sendo que o único custo presente passa por instalar aparelhos com capacidade para medição das mais variadas grandezas elétricas (Domingues, 2014).

As medidas de reabilitação energética, que têm como objetivo diminuir o consumo energético do edifício, quando bem estruturadas, trazem outros benefícios que são muitas vezes as razões principais que levam à tomada de decisão da realização de uma reabilitação. De entre os benefícios secundários destacam-se (Gaspar, 2016):

- Aumento da qualidade e valor do edifício;
- Melhoria das condições de conforto;
- Redução dos custos de manutenção e uso do edifício;
- Redução da potência dos equipamentos dos sistemas de climatização a instalar ou a reabilitar.

3.2 Sistemas de automação de edifícios existentes no mercado

Neste ponto abordam-se algumas tecnologias que podem ser aplicadas no controlo e automação de edifícios, nomeadamente as tecnologias que usam os protocolos X10, o CEBus, o LonWorks e o EIB/KNX. Estes protocolos estão entre os mais utilizados atualmente devido às suas características técnicas.

Para decidir qual dos protocolos se deve utilizar há que ter em conta múltiplas razões, tais como, de ordem tecnológica, de ordem económica e fatores humanos ligados à aptidão para este tipo de tecnologias, utilização e utilidade.

No mercado existem soluções desde há três décadas. Contudo, com a presença de vários protocolos alternativos, e incompatíveis entre si, tornou-se difícil o processo de massificação. Para contornar a situação, as empresas que detinham certos produtos, definiram que estes seriam abertos, e para ter acesso a especificações bastava fazer parte de uma associação.

De salientar o caso do EIB (*European Installation Bus*) que veio dar origem ao KNX.

De seguida são abordadas as tecnologias X10, CEBus, LonWorks e EIB/KNX, descrevendo-se algumas das suas características essenciais, potencialidades oferecidas e principais limitações⁵.

3.2.1 Tecnologia X10

O X10 é um protocolo de comunicação que permite efetuar o controlo remoto de iluminação e dispositivos elétricos, através da instalação elétrica existente. É um sistema que se desenvolveu principalmente nos Estados Unidos e que se baseia na rede elétrica (110 a 220V) para transmissão de dados (PT, s.d.).

⁵ <https://www.voltimum.pt/artigos/artigos-tecnicos/analise-comparativa-de-4>

É um protocolo aberto, ou seja, qualquer fabricante pode desenvolver produtos com base nesta tecnologia. Tem uma arquitetura descentralizada pois não requer nenhum elemento central, tendo assim uma grande flexibilidade.

Um sistema X10 pode ser constituído por um conjunto de dispositivos transmissores como interruptores ou controlos remotos que o utilizador pode usar para controlar o sistema. Por exemplo, através de um controlo remoto RF, o utilizador pode enviar uma ordem para um recetor X10/RF, que é transmitida através da rede elétrica a um atuador X10 que, por sua vez, liga/desliga o aparelho, como demonstrado na Figura 11. (Cruz, 2016)

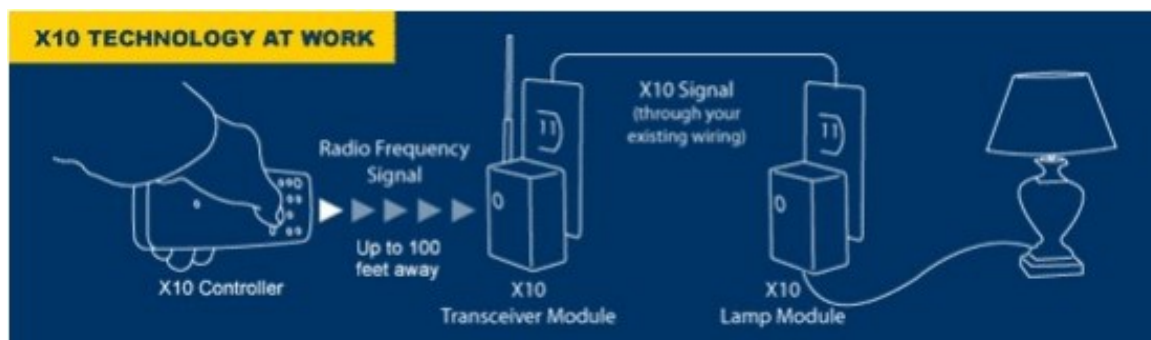


Figura 11 - Exemplo do funcionamento da tecnologia X10 (Marcu, s.d.)

O protocolo X10 é uma das tecnologias mais acessíveis, ou seja, de menor custo para o desenvolvimento de uma instalação domótica. A grande vantagem desta tecnologia relativamente a outros protocolos é o facto de esta utilizar a rede elétrica como meio de transmissão, deste modo, torna-se possível instalar um sistema X10, tanto num edifício em construção, quer num edifício já construído.

Ao utilizar esta tecnologia ligando um pequeno módulo numa qualquer tomada de um edifício, é possível controlar remotamente esse mesmo módulo através de um comando remoto, computador, etc..., sem ser necessária nenhuma alteração à infraestrutura elétrica do edifício (Cruz, 2016).

Tem como maior desvantagem as baixas velocidades de transmissão (50 *bits* por segundo na Europa e 60 *bits* por segundo nos EUA)⁶, uma vez que, a comunicação do X10 recorre a um pequeno sinal de potência existente na rede elétrica e modula esse sinal numa frequência maior (120kHz) e injeta-o de novo na rede. A cada passagem por zero o X10 transmite um *bit*, este sinal é inserido logo a seguir à passagem pela origem da onda sinusoidal de 50Hz (Zão, 2016).

Outra das desvantagens relaciona-se com a vantagem mencionada anteriormente, ou seja, ao utilizar-se a rede elétrica como meio de comunicação, está sujeito aos ruídos que essa rede pode ter. Como se trata de um protocolo com baixas velocidades de transmissão, é mais recomendável a sua utilização em habitações do que em edifícios empresariais, pois são capazes de realizar operações que envolvam poucos dados (ligar ou desligar iluminação) e não servem para lidar com sinais digitais de alta resolução como sinais de vídeo ou televisão.

⁶ http://www.unibratec.edu.br/tecnologia/wp-content/uploads/2010/12/lins_moura.pdf

O X10 tem diversas aplicações (Figura 12), tais como ligar/desligar iluminação remotamente, acionamento de eletrodomésticos e abertura de portas à distância.

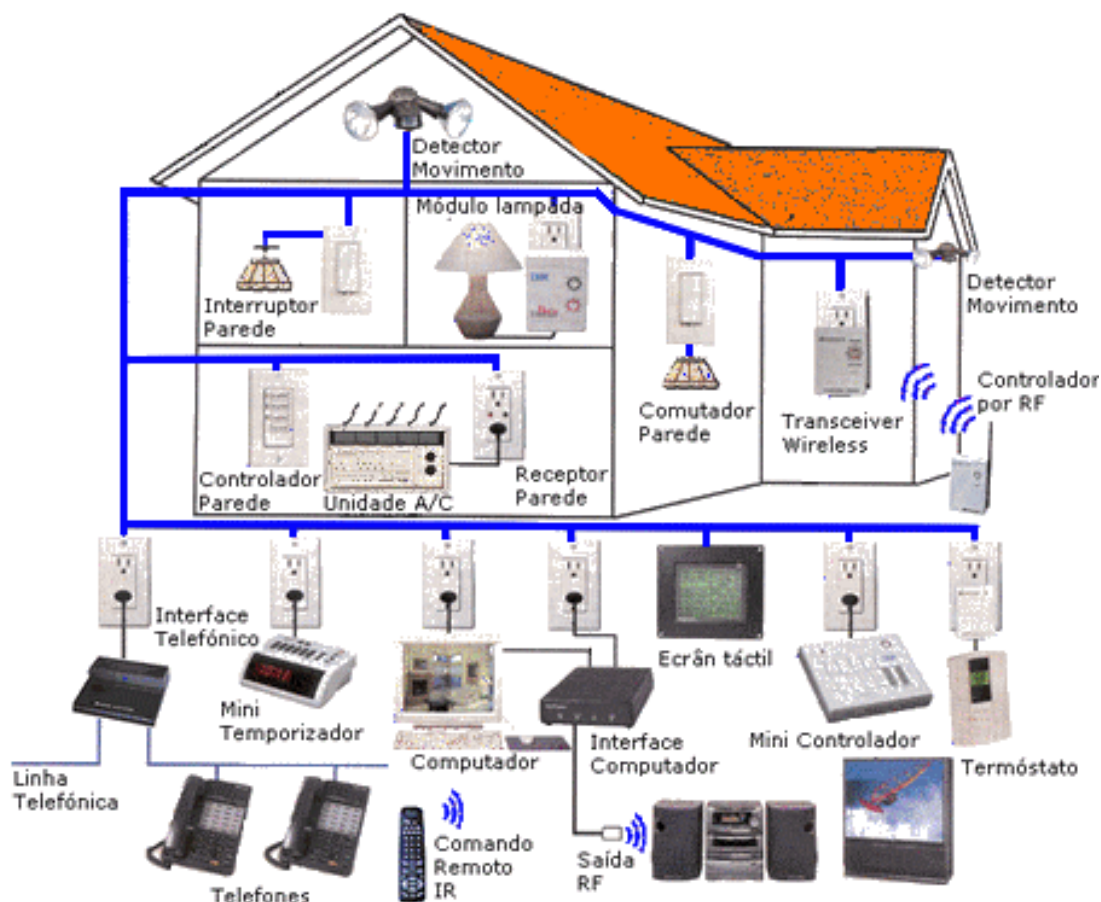


Figura 12 - Exemplos de algumas aplicações da tecnologia X10 (PT, s.d.)

3.2.2 Tecnologia CEBus

No ano de 1984, o Consumer Electronics Group da EIA (Electronic Industries Association) desenvolveu um protocolo universal, de baixo custo e independente dos seus fabricantes, designado por CEBus (*Consumer Electronics Bus*). O objetivo foi criar uma nova norma destinada ao desenvolvimento de uma rede de comunicação para dispositivos domésticos.

O referido modelo define como é que o dispositivo se deve comportar, define as camadas de comunicação que permitem a implementação do protocolo de várias formas, sejam estas relativas a *hardware*, *software* ou uma combinação de ambas. A norma CEBus é versátil e económica admitindo o uso de sistemas distribuídos e centralizados e facilitando, também, a instalação em ambientes domésticos de pequena e de grande dimensão. (Castro, 2012).

Esta tecnologia permite o uso de diferentes meios de comunicação, nomeadamente, o par de cobre entrançado, a rede elétrica, o cabo coaxial, a fibra ótica, os infravermelhos e a radiofrequência. Todos os meios físicos de comunicação transportam o sinal de controlo CEBus e transmitem a informação com o mesmo ritmo, cerca de 8000 *bit/s*.

A interligação entre os diferentes meios de comunicação é feita através do recurso a dispositivos específicos, denominados por *routers*, *brouters* e *data-bridges*, Figura 13.

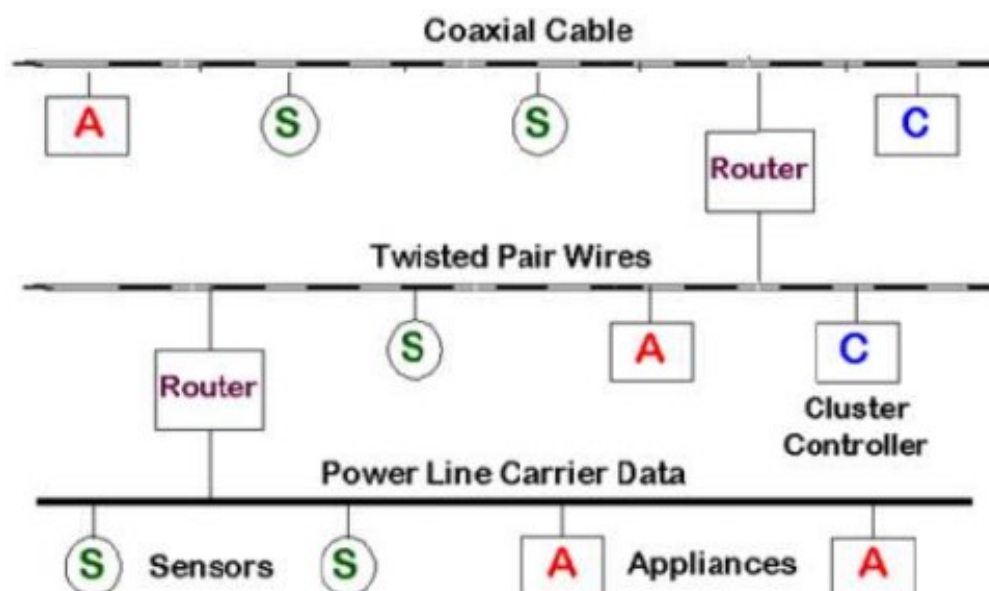


Figura 13 - Rede típica CEBus (Castro, 2012)

O acesso ao meio físico usa a técnica CSMA/CD CR (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection and Collision Resolution*), que permite que um dispositivo aceda ao meio de comunicação em qualquer momento desde que este esteja livre. No caso de o canal estar ocupado e existir colisão, os dispositivos têm capacidade de detetar esse facto, sendo assegurado que um deles consegue transmitir a mensagem com sucesso.

O CEBus dispensa a existência de um controlador central um vez que os seus dispositivos podem comunicar diretamente entre si (Castro, 2012).

3.2.3 Tecnologia LonWorks

A Echelon Corporation, sediada na Califórnia (EUA) apresentou, em 1990, o conceito de rede LON (Local Operating Network). O principal objetivo desta foi a criação de um microprocessador com uma interface de comunicação *standard*. Cada aparelho possui a capacidade de “falar e trabalhar” com qualquer outro, independentemente do fabricante e continuar a sua função principal como inteligência descentralizada dentro de uma rede.

Este protocolo abrange um elevado nível de requisitos da maioria das aplicações de controlo. Contudo tem tido uma maior implementação em edifícios administrativos, hotéis e indústrias, e menor em residências. Esta situação deve-se ao custo elevado desta tecnologia perante outras do mesmo género.

Comparando com outros sistemas semelhantes, o sistema LonWorks, seguiu uma estratégia diferente, ou seja, os outros foram criados para uma área específica, como residências familiares ou setor industrial e só mais tarde abrangeram outras, o LonWorks desde o início que engloba um maior número de áreas de implementação (Contimetra, 2017).

Relativamente à forma como o utilizador interage com a sua habitação, a Loytec comercializada alguns controladores como os das Figura 14 e Figura 15, sendo que na primeira se encontra um ecrã tátil designado por L-VIS *touch screen* e na segunda encontra-se um controlador designado por *Room Control Units* RCU-101, este não é tátil e possui dez botões para diferentes tarefas (Systems, 2006/2007).



Figura 14 - Ecrã tátil L-VIS Touch Screen 12"⁷



Figura 15 - Controlador Room Control Units RCU-101⁸

Uma das principais vantagens deste sistema é o facto de ser uma automação descentralizada, ou seja, não é feita com recurso a computadores centrais ou controladores lógicos programáveis (*Programmable Logic Controller – PLC*). Assim sendo, é possível conseguir o seguinte:

- Sensores e atuadores equipados com a sua própria inteligência e trocam informações diretamente entre si;
- Não necessita de um “computador central”;
- Processamento de informação é feito localmente;
- Minimização da cablagem;
- Flexibilidade máxima em termos de expansibilidade.

Devido à abertura de um sistema LON, novas funções podem ser integradas a qualquer momento no sistema de gestão do edifício. Como por exemplo, o controlo de cargas eléctricas

⁷ www.loytec.com/products/lvis/lvis-3mex?showall=&limitstart=

⁸ (Systems, 2006/2007)

do edifício, entre outros. Durante a expansão da área de controlo e/ou monitorização, o sistema expande de acordo com as exigências.

Relativamente às desvantagens, este protocolo não é totalmente aberto, ou seja, apenas os membros atuais e a maioria dos fabricantes estão incluídos no desenvolvimento base. Uma outra desvantagem é a utilização do *hardware* específico, uma vez que necessita sempre de um Neuron Chip, circuito que tem um *firmware* LonWorks, incluindo um protocolo e um sistema operativo de tempo real para controlar a rede (Contimetra, 2017).

Este tipo de tecnologia suporta vários meios de comunicação distintos que facilitam a adaptação da rede às condições do local e às diferentes funcionalidades adquiridas. São eles a rede elétrica, o par de cobre entrançado, a radiofrequência, os infravermelhos, o cabo coaxial e a fibra ótica. Dependendo do meio utilizado, a sua comunicação estabelece velocidades de transmissão entre 1kb/s a 1,25Mb/s (Castro, 2012).

3.2.4 Tecnologia KNX

O sistema KNX é um protocolo aberto e foi desenhado de forma a poder ser instalado tanto em edifícios de grandes dimensões, como edifícios de escritórios, escolas, hospitais e fábricas, bem como em residências ou edifícios de habitação (condomínios). A sua finalidade é monitorizar e controlar sistemas de iluminação, aquecimento, ventilação ou ar condicionado (Couras, 2011).

Este tem sido desenvolvido dentro da União Europeia, de modo a de enfrentar as possíveis importações de produtos domóticos vindos dos mercados Americano e Japonês, onde os sistemas têm sido desenvolvidos já há algum tempo (Monteiro, 2004).

O sistema KNX permite aos seus dispositivos retirarem a energia necessária para o seu funcionamento, diretamente das redes de comunicação. Outros dispositivos podem, adicionalmente, necessitar de fornecimento de energia por outros meios, como os dispositivos que comunicam com o sistema por rádio frequência ou infravermelhos (Couras, 2011).

Este protocolo realiza a transmissão de sinais por meio de um barramento, o qual constitui o meio de comunicação para todos os elementos do sistema. Todos os elementos têm a possibilidade de trocar dados e informações através deste meio. Como vantagem principal, realça-se a fácil e rápida instalação dos cabos e uma redução significativa da quantidade de cabos e condutores utilizados na instalação elétrica (Monteiro, 2004).

3.2.4.1 Vantagens do sistema KNX

Como principais vantagens do uso da tecnologia KNX sobre uma instalação elétrica convencional, podem destacar-se as seguintes:

- Projeto flexível e instalação simples graças à estrutura modular do sistema;
- Integração de diferentes marcas e fabricantes através do sistema standard KNX;
- O "software de ligação" assegura um elevado grau de flexibilidade quando se pretende modificar ou aumentar o sistema;
- Instalação elétrica simples e acessível do barramento de comunicação e da potência;
- Indicação e operação central em painéis de uma maneira simples;
- Gestão inteligente de energia minimizando os custos;
- Aviso de falhas que ocorram no edifício.

3.2.4.2 Dispositivos do sistema KNX

Os dispositivos KNX estão divididos em três grupos, dependendo do seu tipo:

- Componentes básicos do sistema tais como, fonte de alimentação e filtros;
- Componentes do sistema que permitem a criação de uma rede, tais como, acopladores de barramento (BCU- Bus Coupling Unit), acopladores de linha (AL- Acoplador de Linha), acopladores de fase e repetidores;
- Dispositivos KNX orientados para as aplicações, tais como sensores, atuadores, recetores de IR e painéis de comando. Estes dispositivos estão ligados à rede através de um acoplador de bus ou de uma interface similar.

A fonte de alimentação fornece energia para alimentar os dispositivos, 30 VDC, o *choke* serve de acoplador da fonte de alimentação para o barramento, o *datarail* é o suporte que distribui o barramento ao longo de uma calha DIN e o conector para o *datarail* serve de ligação entre o cabo de barramento e o *datarail*.

Os acopladores de barramento contêm a informação sobre o estado do dispositivo, como por exemplo, se uma lâmpada está ligada ou apagada, a hora de um relógio ou o estado de um interruptor. Cada dispositivo pode ter um, ou mais objetos de comunicação (European Installation Bus, s.d.).

Os tipos de sensores que existem são sensores fotoelétricos, detetores de movimento, sensores de temperatura, sensores de pressão, sensores magnéticos, detetores de vibração de janela/porta. Os atuadores, por sua vez, recebem os datagramas emitidos pelos sensores e convertem-nos em ações específicas, como regular o nível de luminosidade, descer a persiana, entre outros.

A troca de dados entre os vários dispositivos e o interfuncionamento permite-lhes que comuniquem entre si, executem comandos e partilhem informação necessária ao funcionamento do sistema. A título de exemplo, a comunicação entre um sensor e um atuador, ex:luminárias, é constituída por uma sequência de operações que se visualiza na Figura 16.

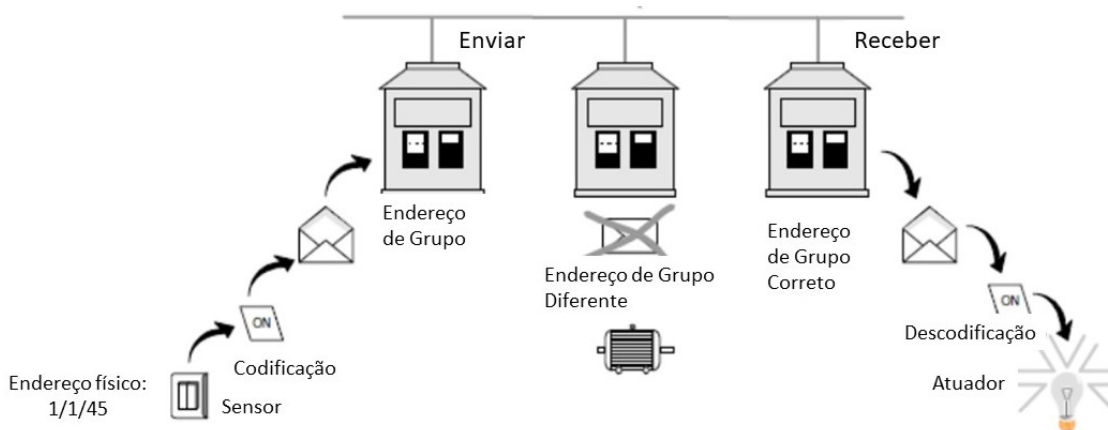


Figura 16 - Exemplo de comunicação entre um interruptor e uma luminária (Sousa, 2012)

A transmissão de informação baseia-se na troca de dados codificados, que apenas podem fazer o endereçamento da mensagem para um único grupo por mensagem ou para um único dispositivo. Já o recetor pode receber vários endereços de grupo, que permite que este seja controlado por vários emissores. Uma mensagem enviada para um determinado grupo será recebida e interpretada pelos vários recetores que o constituem e subscrevem esse endereço de grupo. Um comando é encapsulado num datagrama a transmitir e tem como finalidade requerer a execução de ações por um ou vários atuadores.

Tal como indica a Figura 17, os sensores e atuadores estão ligados pelo barramento de dados, o que permite aos circuitos de comando, regulação, medição, vigilância e informação estarem interligados entre si. Estes comunicam diretamente entre eles sem recurso a uma hierarquia ou de um dispositivo central de controlo tornando o sistema muito flexível.

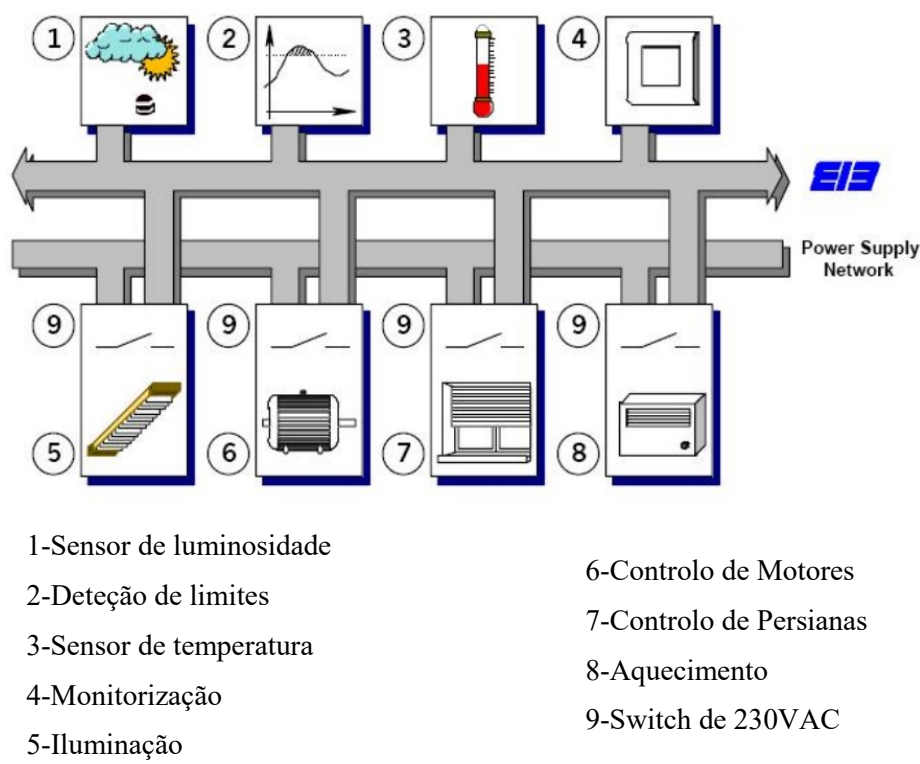


Figura 17 - Funcionamento do sistema KNX (Silva J. P., 2007)

Para além de tornar o extremamente fiável, esta separação entre potência e comando permite em qualquer momento expandir facilmente a instalação. Na prática temos uma única linha de *Bus* que faz a comunicação direta entre todos os componentes KNX sem a necessidade de qualquer tipo de unidade central, permitindo variadas aplicações (Couras, 2011).

Os dispositivos de entrada são sensíveis a ordens de grandezas físicas (sensores), processam e enviam os comandos aos módulos de saída. Os produtos de saída são interfaces de potência, que escutam as informações transmitidas pelos produtos de entrada e executam as ordens (atuadores) que a eles se destinam (Couras, 2011).

3.2.4.3 Topologia do sistema KNX

O sistema KNX permite que os módulos que o compõem sejam alimentados pelo próprio meio de comunicação, seja este um par de cobre trançado ou a rede elétrica (230V).

As redes de par trançado são o meio de transmissão de dados mais comuns num sistema KNX. Os segmentos da rede podem possuir uma topologia arbitrária, linear, em estrela, em árvore, ou em barramento, tal como é evidenciado na Figura 18 (Monteiro, 2004).

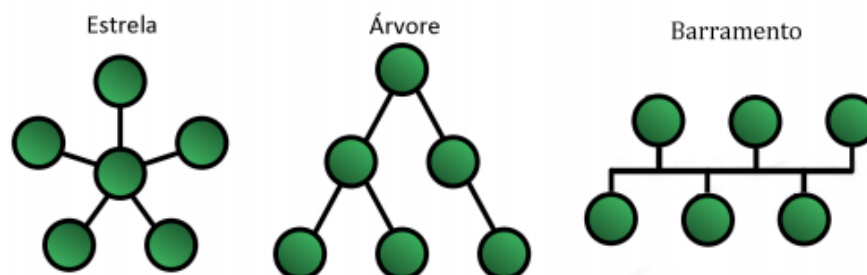


Figura 18 - Tipos de topologia de rede KNX (Castro, 2012)

O sistema KNX funciona a 30 VDC, portanto necessita de uma fonte de alimentação que converta os 230 V AC em 30 V DC. Estes 30 V passam por um filtro, permitindo que a alimentação e a transmissão seja a mais fiável possível⁹.

A arquitetura de uma rede pode interligar 256 dispositivos num segmento, em que 15 segmentos podem ser ligados a uma linha principal formando uma área. Uma linha principal (também denominada de *backbone*) pode ser usada para interligar até 15 áreas. A Figura 19 representa a topologia de uma rede KNX (Silva J. P., 2007).

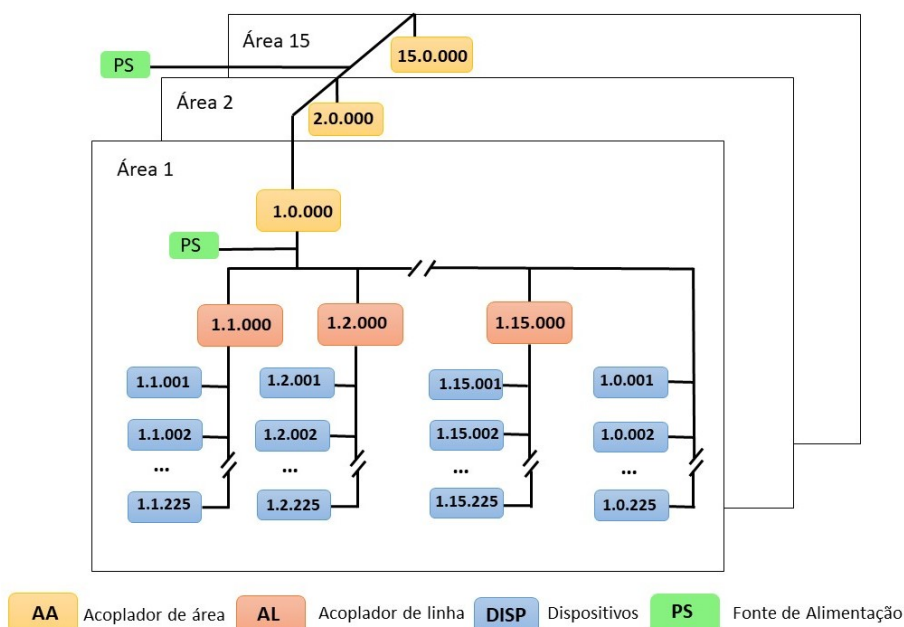


Figura 19 - Topologia lógica de uma instalação KNX TP, Áreas, linhas e dispositivos

⁹ https://www.u-lux.com/fileadmin/user_upload/Downloads/PDF/Technische_Downloads/en/KNX_Basics.pdf

A linha principal de qualquer área é ligada à linha de *backbone* através de um Acoplador de Área (AA), e cada linha secundária é ligada à linha principal de área através de um Acoplador de Linha (AL). É necessário o uso de uma fonte de alimentação para alimentar a linha, um filtro e um conector que liga a alimentação do barramento de dados para o cabo.

Os acopladores têm uma função fundamental no barramento de dados, para além de realizar a separação elétrica entre linhas, encarregam-se de filtrar as mensagens que circulam pelo barramento de dados evitando uma ocupação desnecessária do mesmo (Monteiro, 2004).

O tipo de cabo utilizado em instalações é, tipicamente, do tipo J-Y (St) Y 2x2x0.8 VDE 0815 que está preparado para ambientes secos e húmidos. Como se pode observar na Figura 20 este cabo é composto por vários elementos, embora sejam apenas necessários os fios correspondentes ao polo positivo e ao polo negativo do *Bus* KNX/EIB, de cores vermelha e preta, respetivamente, bem como os dois condutores com as cores amarela e branca. (Sacramento, 2015)



Figura 20 - Cabo de *Bus* utilizado no KNX (Horta, 2016)

O fio condutor vermelho (KNX+) e o fio condutor preto (KNX-) constituem aqueles que são utilizados na troca de datagramas e pelos quais é fornecida potência aos aparelhos, os restantes, amarelo e branco apenas representam um par de reserva ou podem ser utilizados para outras redes de baixa tensão (Horta, 2016).

3.2.4.4 Programa ETS

O ETS (*Engineering Tool Software*) foi desenvolvido para ajudar numa maior dinamização dos edifícios inteligentes. Este permite realizar a planificação, projeto e colocação de parâmetros da instalação KNX. Foi um *software* desenvolvido para utilização por engenheiros, arquitetos e instaladores especificamente (Monteiro, 2004). A versão atual é a 5.0.7¹⁰.

Este *software* permite criar a imagem da instalação, mostrar os dispositivos que são necessários e fazer o registo dos dados que dizem respeito ao projeto. Permite ver em tempo real o estado dos dispositivos e quais as alterações feitas nos mesmos. Através de um módulo de interface é possível fazer a ligação entre o *software* e os dispositivos da rede KNX, como é visível na Figura 21.

¹⁰ https://www2.knx.org/media/docs/ETS-version-info/version-5-0-7_en.pdf

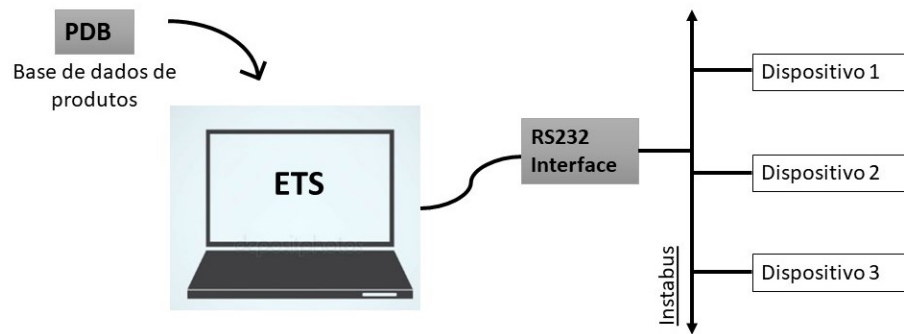


Figura 21 - Arquitetura do *software* ETS¹¹

Cada equipamento contém a sua base de dados criada pelo fabricante. Essa mesma base de dados precisa de ser importada para o projeto ETS para que seja possível ter acesso à parametrização do equipamento e aos objetos de grupo/comunicação dos mesmos (Sacramento, 2015).

Na planificação do projeto, o *software* atribui automaticamente um endereço físico aos dispositivos que vão sendo instalados. A finalidade deste endereço é identificar os elementos ligados ao barramento e é utilizado para saber se o dispositivo está alocado corretamente na estrutura do sistema. Este endereço é único para cada dispositivo ligado ao barramento de dados.

A informação contida no endereço diz respeito à área e linha onde se encontra o dispositivo, bem como ao número do dispositivo existente na linha. Como exemplo, o endereço físico 1.1.0, corresponde a um acoplador de linha situado na Área 1 e Linha 1.

3.2.5 Ligação a outros sistemas

Há muitos fabricantes que de forma a garantir comunicação entre diferentes sistemas, criam *gateways*, como o DALI para controlo de iluminação, controlo de AVAC, redes de telefone, ou até multimédia.

A *gateway* conecta redes com diferentes tecnologias através da conversão de protocolos requeridos.

3.2.5.1 Protocolo DALI

O protocolo DALI (*Digital Addressable Lighting Interface*) trata-se de um padrão internacional especificado pela norma IEC 60929 que não depende dos fabricantes de produtos, o que assegura a intercambialidade e a interoperabilidade de dispositivos de regulação de vários fabricantes (Teixeira, s.d.). Os componentes DALI possibilitam a criação de um sistema de iluminação flexível, através de balastros digitais de custo vantajoso e controlo descentralizado. Este sistema é restrito unicamente aos componentes do sistema de iluminação e esta limitação não é uma desvantagem, pelo que simplifica o planeamento e instalação.

¹¹ Adaptado de (Monteiro, 2004)

A simplicidade deste sistema faz com que não hajam requisitos especiais para o seu bom funcionamento, quer ao nível do tipo de cabos de transmissão de dados, quer na não necessidade de instalação de resistências terminais nos cabos por forma a protegê-los de reflexões (Mourinho, 2014).

Este sistema assenta numa configuração descentralizada, porque a informação necessária ao funcionamento do sistema encontra-se gravada individualmente nos balastos, e tem as informações relativas aos endereços individuais, grupos de controlo, cenários e níveis de iluminação do balastro.

A tecnologia DALI apresenta as seguintes vantagens:

- Montagem fácil do circuito de controlo das luminárias;
- Possibilidade de controlo individual ou de grupo de luminárias;
- Alertas de mensagens de aviso de estado, como falha de lâmpada, que podem ser individuais, de grupo ou gerais;
- *Dimming* automático e simultâneo de todas as luminárias quando selecionada um cenário pré-definida;
- Pesquisa automática de dispositivos de controlo;
- Sistema com inteligência atribuída a cada luminária, onde cada uma contém informação relativamente ao seu endereço individual, grupo de controlo, cenários, ou tempo de desvanecimento da iluminação;
- Não há necessidade de ligar/desligar o relé externo da alimentação das luminárias, uma vez que todo o controlo (de potência e transmissão de sinal) é assegurado eletronicamente pelos balastos DALI.

Na Figura 22 é possível observar um exemplo de um sistema de controlo DALI que funciona através de uma *gateway* que assegura a interface com a tecnologia KNX (Mourinho, 2014).

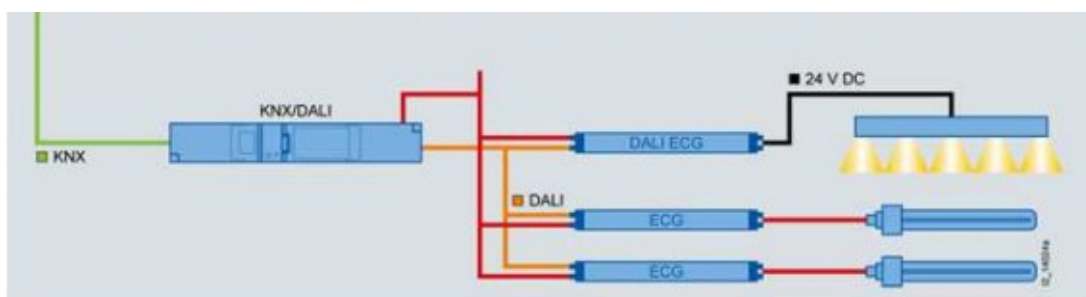


Figura 22 - Esquema elétrico do sistema DALI (Mourinho, 2014)

Os balastos eletrónicos DALI são ligados em paralelo e ligados entre si através de um controlador DALI. Como este é um sistema de comunicação digital, o controlador pode comunicar com os dispositivos DALI diretamente, realizar funções de diagnóstico e obter feedback de estados dos dispositivos (Mourinho, 2014).

Uma característica importante é que o cabo que liga aos balastos, além de ter fase, neutro e terra, tem dois condutores de controlo de igual secção isolados entre si, que asseguram a transmissão do sinal, como demonstra a Figura 23 (Sacramento, 2015).

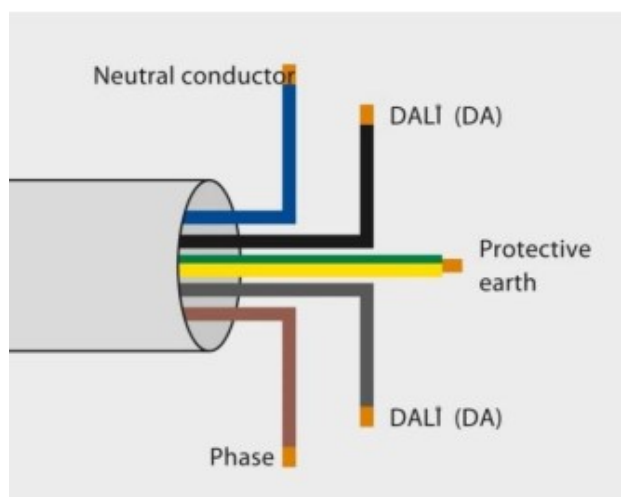


Figura 23 - Cabo de ligação de um balastro DALI (Sacramento, 2015)

A Tabela 2 - mostra o comprimento do *bus* DALI para uma secção mínima do mesmo, sendo o seu comprimento máximo de quase 300 metros.

Tabela 2 - Comprimento do *bus* DALI e correspondente secção mínima (Mourinho, 2014)

Comprimento do bus DALI	Secção mínima [mm ²]
Até 100 metros	0,50
De 100 metros a 150 metros	0,75
Acima de 150 metros (máximo 300 metros)	1,50

Existem outras características igualmente importantes tais como a variação do nível de iluminação, também designado por *dimming*, de 0.1% a 100%, e a programação do tempo onde é possível configurar a velocidade de transição da iluminação.

3.2.6 Comparação entre as tecnologias abordadas

Fazendo uma análise das tecnologias abordadas anteriormente, por diversas razões a escolha recaiu sobre o KNX devido às vantagens que este apresenta a nível das aplicações que se pretenderam desenvolver.

De acordo com a localização geográfica dos protocolos, o mais adequado neste caso trata-se do KNX, uma vez que está difundido na Europa, e os restantes estão presentes na América do Norte, tal como é visível na Figura 24.



Figura 24 - Protocolos de automação de edifícios por zona geográfica¹²

O X10 não foi opção porque se trata de um protocolo destinado a um ambiente doméstico, não empresarial, sendo este menos fiável porque é afetado pelo ruído elétrico que a rede da empresa pode ter. A taxa de transmissão é mais lenta que os restantes, dado que demora cerca de um segundo a enviar uma trama, e o número máximo de endereços de dispositivos que podem estar ligados a este sistema são 256, o que limita a implementação da solução.

O LonWorks trata-se de um sistema com alguma complexidade na instalação, uma vez que cada dispositivo necessita de um *neuron chip*, fazendo com que a solução se torne mais cara. A nível de portefólio é difícil obter documentação relativa a este protocolo.

Relativamente ao protocolo *CEBus* apenas um fornecedor comercializa um *chip* (a Intellon Corporation, na Flórida) que possui todo o *hardware* de comunicação e os protocolos padrão, isto é uma limitação. Por ainda não ser um padrão mundial, não existem módulos ou equipamentos disponíveis para o consumidor final, o que torna a solução menos vantajosa a nível de preço. Esta é uma tecnologia complexa e difícil de obter documentação.

Por estes motivos o protocolo escolhido foi o KNX, uma vez que é um protocolo aberto, expansível e um sistema *user-friendly*. Dada a quantidade de fabricantes, a variedade de produtos KNX certificados é diversa, sendo eles compatíveis entre si¹³.

¹² Adaptado de: https://www.hometoys.com/content.php?post_type=614

¹³ <https://www2.knx.org/pt/comunidad/fabricantes/lista/index.php>

4. EDÍFICIO BRESIMAR – CASO DE ESTUDO

Neste capítulo é descrita a análise realizada como caso de estudo aos sistemas instalados no Edifício A da empresa Bresimar, bem como a explicação do funcionamento dos sistemas de iluminação, do controlo energético e de controlo de acessos à empresa.

4.1 Descrição do espaço envolvente

Este projeto, como já foi referido anteriormente, foi realizado em colaboração com a Bresimar Automação, SA, sediada em Aveiro.

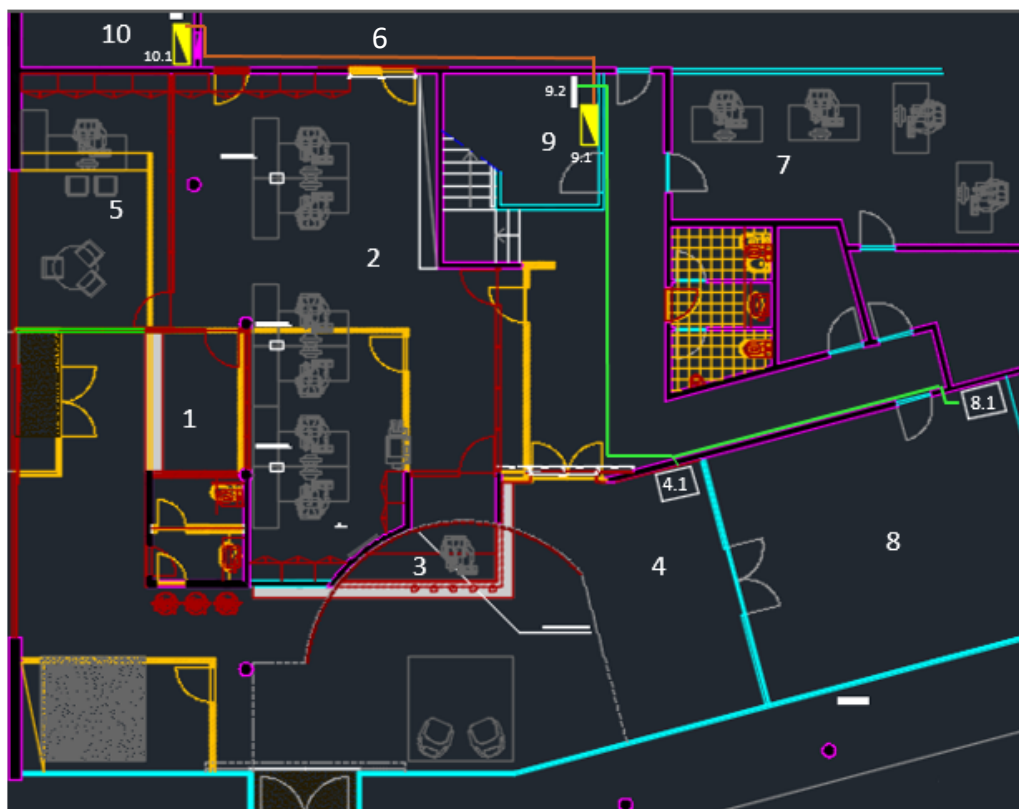
Esta empresa é constituída por 3 edifícios, divididos em 5 frações (A, B, C, D e E). Cada um dos edifícios é usado para serviços diferentes. No Edifício A está instalada a administração e a secção comercial da empresa, e é sobre este edifício que foi realizado o estudo do projeto e a alteração da instalação com vista à otimização das condições de conforto e usabilidade.

Na Fração B, encontra-se a unidade de negócios TekOn Electronics, onde são produzidos sensores de temperatura e sistemas *wireless*. Na Fração C, futuramente irá ser construído um espaço social, para usufruto de todos os colaboradores da empresa.

A Fração D é composta pelo departamento de engenharia AsaTek, onde são desenvolvidos sistemas de automação por medida, e na fração E encontra-se uma outra empresa do grupo, a Selmatron.

O objetivo neste caso era melhorar as condições do Edifício A, uma vez que no passado ano de 2017 foram realizadas obras de requalificação, e eram necessárias algumas melhorias no que diz respeito ao sistema de automação do edifício.

Este espaço é constituído por dois andares. Nas figuras abaixo é possível observar as plantas de cada um dos pisos, para o rés do chão, Figura 25 e para o primeiro andar, Figura 26.



1-Balcão comercial

2-Sala técnico-comercial 1

3-Balcão principal

4-Hall de entrada

4.1-Consola de controlo geral

5-Gabinete da direção técnica

6-Armazém

7-Sala técnico-comercial 2

8-Sala de formação

8.1-Consola de controlo da sala

9-Sala dos servidores

9.1-Quadro parcial do rés do chão

9.2-Centro de processamento de dados

10-Cais

10.1-Quadro Geral

Figura 25 - Planta do rés do chão do Edifício A

No que diz respeito à área de utilização deste edifício, relacionada com o rés do chão, está localizada toda a parte comercial, técnica e logística. Este é constituído pelo armazém, cais de carga e descarga do material, pela área técnico-comercial, que analisa e identifica as necessidades dos clientes, elabora propostas comerciais e presta ajuda técnica no pré e pós-venda e pelo secretariado comercial que faz o processamento de encomendas de clientes e fornecedores.

A entrada e distribuição de energia elétrica é feita a partir do Quadro Elétrico Geral, nº10.1 da Figura 25 que está localizado no cais, junto de uma entrada secundária e de fácil acesso. É neste quadro que estão instalados todos os aparelhos de proteção, nomeadamente, o aparelho diferencial e os disjuntores respeitantes a cada circuito. Junto ao quadro encontra-se o limitador de potência do operador de rede, cuja função é limitar a potência consumida ao valor contratado pelo consumidor, que é de 50A neste caso. É

neste que se encontram três transformadores de corrente, que permitem adequar o nível de corrente que circula no primário para que esta seja medida através de um equipamento de medição e posteriormente seja possível fazer a monitorização de consumos.

No Quadro Geral encontra-se o corte geral do edifício, e como se tratam de dois pisos, cada um deles é constituído por um quadro parcial que alimenta todos os circuitos do respetivo piso.



- | | |
|---------------------------------|--|
| 1-Gabinete da administração | 8-Cozinha |
| 2-Gabinete do CEO | 9-Sala VIP |
| 3-Secretariado da administração | 10-Sala de comerciais externos |
| 4-Departamento de contabilidade | 11-Departamento de marketing e qualidade |
| 5-Gabinete da direção comercial | 12-Arquivo |
| 6-Sala de reuniões/biblioteca | 13-Lounge |
| 7-Corredor | 14-Sala de reuniões |
| 7.1-Quadro parcial Piso 1 | |

Figura 26 - Planta do primeiro piso do edifício A

No primeiro andar encontra-se a parte administrativa e financeira, onde é feito o planeamento financeiro e controlo de investimentos, é também onde funciona a direção comercial, o departamento de *marketing* e qualidade e o departamento de contabilidade que gere toda a informação relativa ao dia-a-dia da empresa e faz a análise e acompanhamento da atividade desenvolvida

A nível de instalação, neste piso está localizado o Quadro Parcial 1 que alimenta os circuitos deste andar.

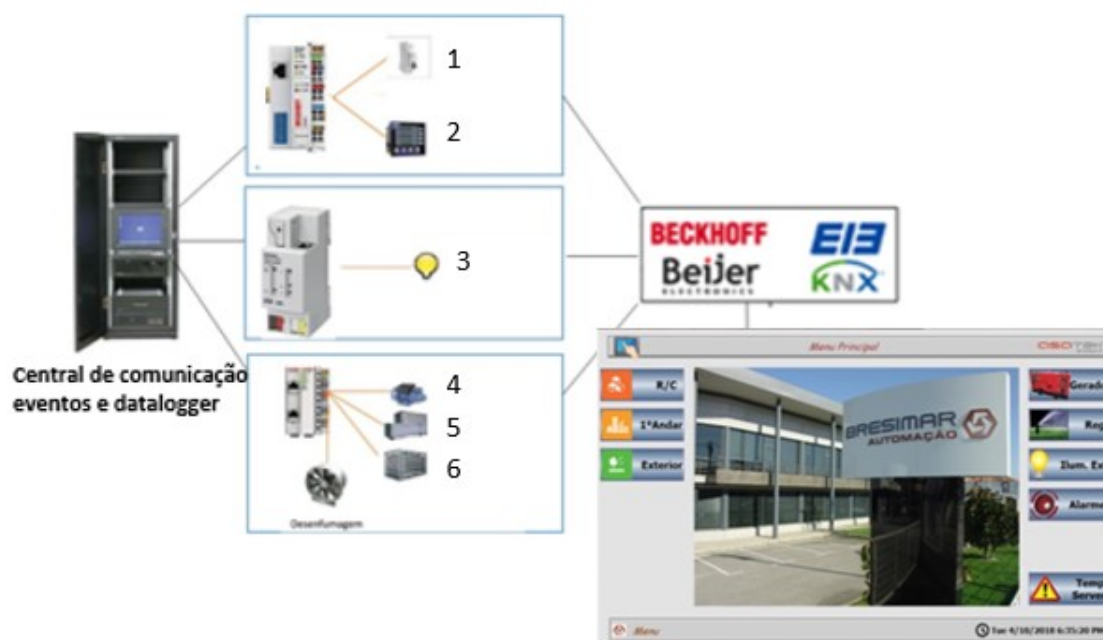
4.2 Gestão técnica do edifício

A gestão técnica de edifícios inteligentes proporciona soluções de controlo, gestão de energia e segurança de modo integrado, que garante o conforto, eficiência energética e a segurança do edifício. A AsaTek, departamento de engenharia da Bresimar desenvolveu um projeto de automação de edifícios aplicado ao edifício sede.

Foi criado um sistema que permite o controlo total do edifício. Todo o sistema parte do quadro principal da entrada da empresa, localizado no rés do chão, do Quadro Parcial do Piso 0 e do Quadro Parcial do Piso 1. Dentro destes está inserido o *hardware* necessário para fazer o controlo.

O módulo Beckhoff, que se encontra no Quadro do Piso 0, permite monitorizar e registar a energia consumida no edifício, promovendo uma maior eficiência energética. O sistema envia automaticamente via SMS (*short message services*) mensagens de alarme quando acontece alguma situação fora do esperado (por exemplo quando existe uma falha de energia os servidores passam a ser alimentados por uma UPS).

No edifício existe uma rede KNX, que controla toda a iluminação. Através de uma consola Beijer é possível visualizar o estado dos dispositivos em todas as divisões do edifício, incluindo iluminação, sistemas de rega e ventilação. A visão geral do sistema encontra-se na Figura 27.



1-Alarmes técnicos

2-Gestão de energia

3-Controlo de iluminação

4-Central de bombagem

5-Unidades de tratamento de ar

6-Unidade de refrigeração

Figura 27 - Gestão técnica centralizada no Edifício A¹⁴

Parametrizar cenários, ou seja, programar horas de ligar e desligar automaticamente circuitos é uma realidade possível através de uma consola Beijer. É possível realizar o controlo da iluminação condicionada pela luminosidade exterior, ou seja, ligando apenas quando as condições climáticas externas tornam necessária a existência de maior luminosidade. Por outro lado, quando não é necessário climatizar uma determinada zona, o sistema desliga automaticamente o ar-condicionado o que permite um melhor controlo da temperatura, tornando-se mais benéfico para os seus ocupantes.

As variáveis do sistema permitem verificar quais as condições atmosféricas do exterior, como a temperatura, luminosidade e humidade, fazendo um registo de forma contínua.

O sistema implementado tem muitas vantagens, permite a harmonização de diferentes funções, é fácil de configurar, tem uma grande flexibilidade, caso seja necessário fazer alguma alteração, e tem uma interface com os sistemas de controlo do edifício. Além disso ainda há uma redução de custos, aliada a uma segurança e preocupação ambiental. Os *softwares* utilizados para os aparelhos do sistema dizem respeito ao TwinCAT 2 da Beckhoff, que permite programar os CX e BC, o *software* iX Developer da Beijer para a consola T7F-2, e o programa ETS para controlo do sistema de iluminação (Bresimar Automação).

¹⁴Figura adaptada de http://sete.pt/imgs/estudo_brochura_sete_v4.pdf

No subcapítulo anterior, na Figura 25 é possível visualizar toda a planta do rés do chão do Edifício A, as ligações que estão a castanho dizem respeito à ligação do quadro geral ao quadro parcial, e a verde podem observar-se as ligações da sala de servidores, onde se encontra o centro de processamento de dados com diversos *switches* que vão ligar às consolas da Beijer que se encontram no hall e na sala de formação.

No quadro parcial do rés do chão encontram-se instalados todos os módulos KNX, que estão ligados a todos os interruptores do edifício, os disjuntores relativos à iluminação do piso e ainda um módulo Beckhoff, o BC9000 que vai monitorizar sistemas com o ar-condicionado dos diversos compartimentos.

No Quadro Parcial 1 encontra-se o módulo da Beckhoff que controla todo o edifício, um modem da Insys que controla os acessos às instalações da empresa e os disjuntores que dizem respeito aos circuitos deste piso.

Todo o sistema de controlo é monitorizado por uma consola Beijer T7F, Figura 28, que se encontra no *hall* de entrada do Edifício A, que permite ao utilizador alterar diversos parâmetros usados na gestão dos sistemas do edifício. Na Sala de Formação, uma vez que se usa o protocolo DALI, para regulação da intensidade luminosa, foi instalada também uma consola para controlo das luminárias do compartimento.



Figura 28 - Vista do *hall* de entrada onde se encontra a consola

Recorreu-se a um *software* gráfico, o iX developer¹⁵ da Beijer, que apresenta *drivers* para se comunicar com o equipamento de automação, tem funcionalidade de HMI (*Human machine interface*), gráficos de última geração, um ambiente de design intuitivo e uma plataforma aberta na área da automação, para programar as consolas localizadas no *hall* e na Sala de Formação. O iX é uma aplicação que é executada num PC Windows e é usada para programar painéis do operador iX.

As consolas instaladas na Bresimar permitem ao utilizador alterar diversos parâmetros do mesmo, tais como:

- Controlar o horário em que a iluminação se desliga (13h04; às 19h00 e às 20h00), período de vazio do edifício empresarial;
- Ligar automaticamente as luzes da entrada, através de uma estação meteorológica que mede a hora do nascer e por do sol;
- Verificar o sistema de rega da parte exterior do edifício;
- Alterar o tipo de controlo da iluminação, se manual ou automático;
- Monitorizar os alarmes de invasão de propriedade;
- Controlar o horário em que a ventilação liga, neste caso está programado de hora a hora;
- Controlar o modo de utilização do gerador, automático ou manual.

Na Figura 29 encontra-se um esquema global com os principais sistemas que a consola monitoriza.

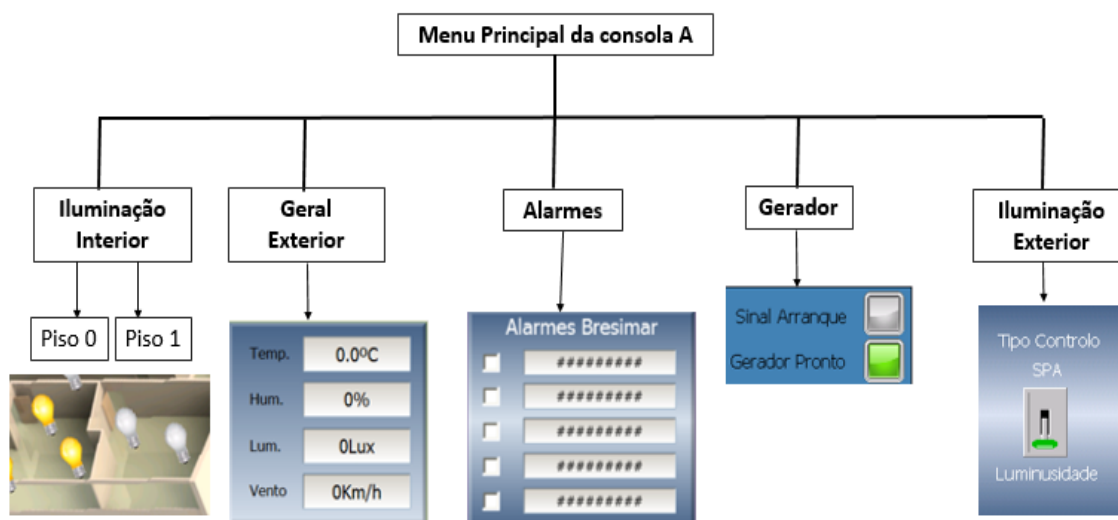


Figura 29 - Principais sistemas de monitorização da consola

¹⁵ https://www05.beijerelectronics.com/en/Products/Operator__panels/iX__Software

4.3 Sistema de iluminação

O que faz um bom sistema de iluminação é garantir a existência de uma iluminação adequada e a fácil utilização dos recursos por parte dos utilizadores.

É importante que os locais de trabalho sejam iluminados com alguma luz natural, recorrendo-se à artificial complementarmente, quando a natural for insuficiente. A distribuição de cores num determinado espaço deverá ser tal que não produza reflexos que provoquem encandeamento, para isso a cor dos tetos e paredes deverá ser branca ou clara e os pavimentos devem possuir uma cor mais escura, como se verifica nesta empresa.

De todos os protocolos enunciados no Ponto 3.2, o escolhido para implementar o sistema de iluminação no Edifício A foi o KNX, e a Sala de Formação é controlada pelo sistema DALI, uma vez que há a necessidade da regulação da luminosidade.

A escolha caiu sobre estes porque se tratam de protocolos flexíveis e modulares e são facilmente reconfiguráveis e ampliáveis.

A implementação deste sistema começou a ser feita no ano de 2007 pelo Eng. Eduardo Ribeiro do Departamento AsaTek. Após o ano de 2017 foram feitas algumas obras de requalificação para melhoramento de condições da empresa.

Na Fração A, que é composta por dois andares, já tinha sido realizado o levantamento dos endereços físicos KNX antes da realização das obras. Depois deste período, foi necessário fazer uma reestruturação destes endereços, uma vez que se acrescentaram outros dispositivos.

O endereçamento da Fração A, é feito através de grupos, que são subdivididos pelas divisões da empresa. Na Tabela 3 é possível verificar como foi feita a distribuição dos grupos:

Tabela 3 - Correspondência dos grupos por divisões no KNX

Geral	
Grupo 0	Comandos Centrais
Grupo 6	Exterior do edifício
Piso 0	
Grupo 1	Armazém, cais e gabinete técnico
Grupo 2	Salas técnico-comerciais, <i>hall</i> de entrada e bar
Grupo 4	Sala do gerador
Piso 1	
Grupo 3	Departamento de contabilidade, marketing e qualidade, gabinetes administrativos, sala de comerciais externos, cozinha e lounge

4.3.1 Funcionamento do sistema

Na planificação do projeto, o *software* ETS atribui automaticamente um endereço físico aos dispositivos que vão sendo instalados. A finalidade deste endereço é identificar os elementos ligados ao barramento e é utilizado para saber se o dispositivo está alocado corretamente na estrutura do sistema. Este endereço é único para cada dispositivo ligado ao barramento de dados.

Tal como referido no Ponto 3.2.4, o endereço físico do dispositivo é composto pela área e pela linha a que está associado, sendo do tipo 1.1.002.

Existe também o endereço de grupo que serve para que os sensores e atuadores executem comandos/ações centralizadas. Este endereço é independente do endereço físico.

Para se atribuir os endereços físicos, é necessária a ligação através de um módulo de interface, neste caso foi usado o 5WG1148-1AB22 da Siemens, que está ligado ao barramento de dados por um lado, e por outro tem-se o cabo RS232 que se liga ao PC.

A atribuição do endereço do dispositivo é feita pelo ETS. O módulo de botão de pressão possui um acoplador integrado que tem uma tecla de programação e um LED vermelho. Ao premir a tecla o LED acende e após a atribuição do endereço, ele apaga-se.

No sistema KNX existem diversas funções que estão associadas a cada tipo de botão. Conforme cada função, ao acionar as teclas/botões são enviados datagramas ao barramento de dados do sistema KNX que podem controlar a iluminação e cenários de luz. A atribuição de diferentes funções pode ser livremente escolhida para cada tecla/botão e é determinada pela parametrização no ETS.

Os aparelhos podem ter uma tecla de 1 canal, com dois pontos de atuação, ou com uma tecla de 2 canais, com quatro pontos de atuação, Figura 30. Dependendo da parametrização, a tecla pode ser configurada como "Completa" ou como "lado superior/inferior da tecla" (Descrição da aplicação KNX, s.d.).

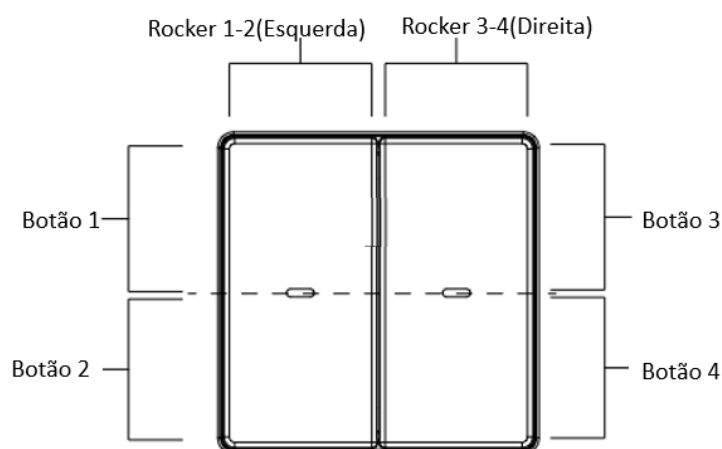
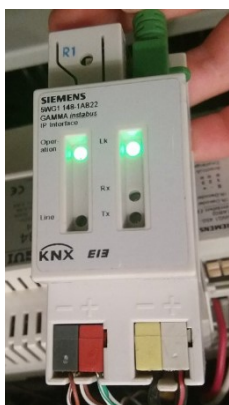


Figura 30 - Divisão da tecla de dois canais (Descrição da aplicação KNX, s.d.)

É nesta fase do projeto que todo o sistema KNX se interliga e que é conseguida uma melhor compreensão do mesmo. Cada objeto de grupo/comunicação de um equipamento deve ser associado a um ou mais endereços de grupo para que possa haver comunicação entre outros equipamentos da rede (Sacramento, 2015).

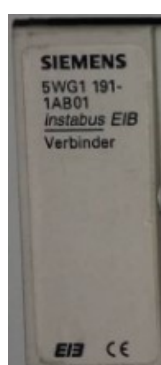
Na Tabela 4 é possível visualizar os elementos que acionam ou modificam o estado do processo de iluminação que está instalado na Bresimar.

Tabela 4 - Componentes KNX utilizados na Bresimar

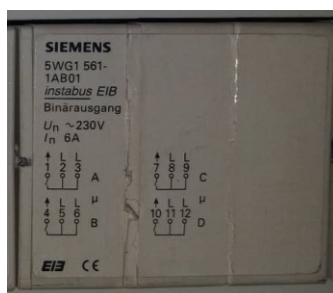


Interface KNX/RS232 (5WG1148-1AB22) - usado para instalar e configurar o Sistema KNX com o *software* ETS, por intermédio de um computador;

Este interface tem um IP próprio e é necessário configurar o IP do computador de maneira a estarem na mesma gama, para que possam comunicar um com o outro.



Módulo de alimentação (5WG1191-1AB01) – É um conector KNX e é colocado antes dos atuadores binários, o número máximo de conexões de saídas elétricas são quatro.



Atuador Binário KNX (5WG1561-1AB01) - permite o controlo ON/OFF de vários circuitos, neste caso como têm quatro saídas (A, B, C e D) permite controlar os circuitos de iluminação do dep. técnico, da Sala de Formação e do balcão da receção.



Módulo de infravermelhos (5WG1450-1AB02) - É um descodificador de infravermelhos que neste caso está ligado a um interruptor que se encontra na sala comercial.

O *software* ETS permite a visualização em várias perspetivas. Na Figura 31 e Figura 32 abaixo são mostradas a vista em topologia e a vista de grupo.

Na vista de topologia, Figura 31, é possível ver a estrutura hierárquica do barramento de dados de acordo com a vista definida pelo modo *standard* do KNX, ou seja, a vista em áreas e linhas. Como no Edifício A existe apenas uma área, todos os endereços vão ser do tipo 1.x.x. Em anexo é possível ver a lista de todos os equipamentos ligados à rede KNX do edifício.

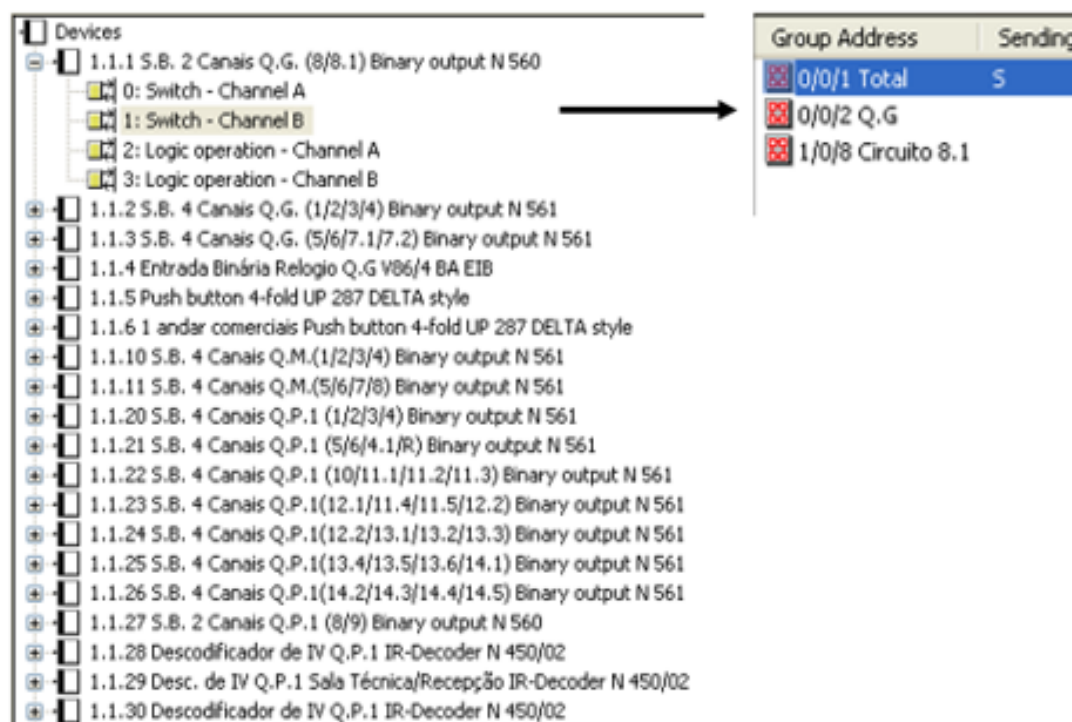


Figura 31 - Vista em topologia do *software* ETS

Neste tipo de vista é possível observar a quais os grupos que estão associados a certos dispositivos, como o interruptor com endereço 1.1.1 tem dois canais, a mensagem enviada do canal B é para o grupo 0/0/1.

A vista em grupo, Figura 32, permite criar e associar as direções de grupo aos objetos de comunicação com os dispositivos. Estes podem receber informações de vários endereços.

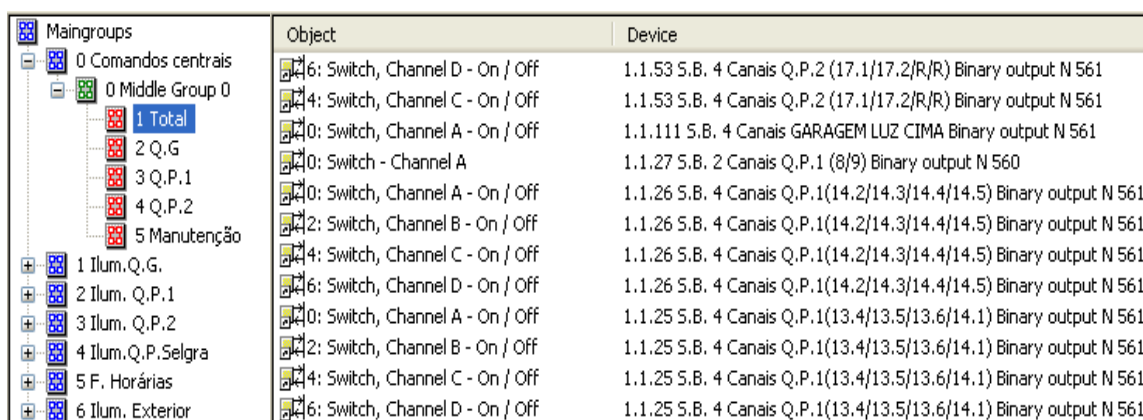


Figura 32 - Vista em grupo do *software* ETS

Através de uma opção de diagnóstico do ETS, o *Group Monitoring*, é possível visualizar em tempo real, o estado dos dispositivos associados ao controlador.

No caso da Figura 33, a estação meteorológica sempre que deteta uma variação faz surgir a sua alteração no ETS, tal como o estado de um interruptor, como o exemplo do endereço 1.1.73, que diz respeito à iluminação do Armazém, que usa o grupo 1/0/0.

#	Time	Service	Flags	Prio	Src.addr	Source	Dest.addr	Destination
4	06:09:15.578	from bus	L		1.1.73	Botão 4 canais armazém 0 - E.Técnica	1/0/0	Circuito 1
5	06:09:15.734	from bus	A		1.1.150	Not Found	1/0/0	Circuito 1
6	06:09:15.968	from bus	L		1.1.101	estacao meterologica	8/0/31	vento 2
7	06:09:16.421	from bus	L		1.1.73	Botão 4 canais armazém 0 - E.Técnica	1/0/0	Circuito 1
8	06:09:16.578	from bus	A		1.1.150	Not Found	1/0/0	Circuito 1
9	06:09:27.234	from bus	L		1.1.101	estacao meterologica	8/0/31	vento 2
10	06:09:32.234	from bus	L		1.1.101	estacao meterologica	8/0/31	vento 2
11	06:09:42.250	from bus	L		1.1.101	estacao meterologica	8/0/31	vento 2
12	06:09:43.937	to bus	C R	L	1.1.154	Not Found	1/1/73	Not Found
13	06:09:46.000	from bus	L		1.1.101	estacao meterologica	8/0/31	vento 2
14	06:09:49.750	from bus	L		1.1.101	estacao meterologica	8/0/32	lux
15	06:09:53.500	from bus	L		1.1.101	estacao meterologica	8/0/31	vento 2
16	06:10:02.265	from bus	L		1.1.101	estacao meterologica	8/0/31	vento 2
17	06:10:14.781	from bus	L		1.1.101	estacao meterologica	8/0/31	vento 2

Figura 33 - Visualização em tempo real de mensagens no bus KNX

Através da opção de controlo *Read/Write*, Figura 34, é possível alterar o estado de um interruptor, não havendo a necessidade de o utilizador se deslocar ao local, ou seja é possível fazê-lo remotamente. Se o endereço de grupo (*group address*) for conhecido, altera-se o *value* para 0 e após fazer o *write*, a luminária associada a esse interruptor é desativada.

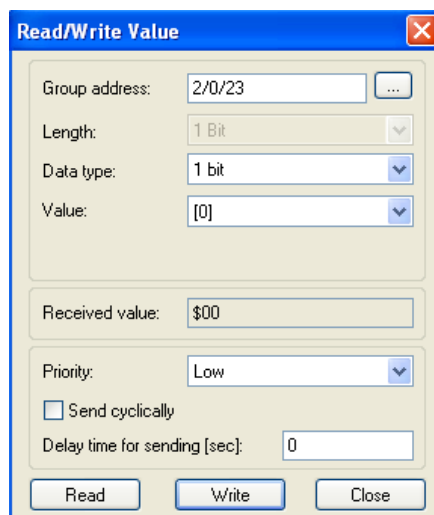


Figura 34 - Janela de *read/write value*

4.3.2 Visualização/ Monitorização do sistema de iluminação

É importante para o utilizador estar a par do que está a acontecer no sistema em tempo real. No edifício é importante a indicação e visualização do modo de funcionamento dos equipamentos de todas as zonas envolventes.

As informações relevantes podem ser obtidas através de um *display* modular, de um painel sinóptico, um *software* de visualização ou vigilância dos equipamentos ligados.

Usando o mesmo barramento de dados, incluindo o controlo de iluminação ou otimização do consumo de energia podem transmitir-se dados para a sua visualização ou controlar dispositivos situados em zonas diferentes.

Tal como referido no Ponto 4.2, a informação sobre a iluminação do edifício encontra-se na consola de controlo localizada no *hall*. O *software* utilizado para programar as consolas da marca Beijer foi o iX Developer. O programa implementado foi inicializado pelo Departamento de Engenharia, AsaTek e necessitou de melhorias ao longo do tempo e das alterações que iam surgindo.

O iX é um *software* que apresenta *drivers* para comunicar com equipamentos de automação, funcionalidade de HMI, gráficos, um design intuitivo e funções que permitem elaborar um programa de simples compreensão para o utilizador.

Nas figuras seguintes é possível observar a vista da iluminação geral do rés do chão, Figura 35, e a vista geral do primeiro andar, Figura 36. Em ambas é possível, com um clique sobre a luminária pretendida, ativar ou desativar a ligação da mesma.

Na Figura 35 verifica-se que os locais de trabalho que têm permanentemente a iluminação ativa são as salas técnico-comerciais, os dois balcões, o cais e a Garagem.

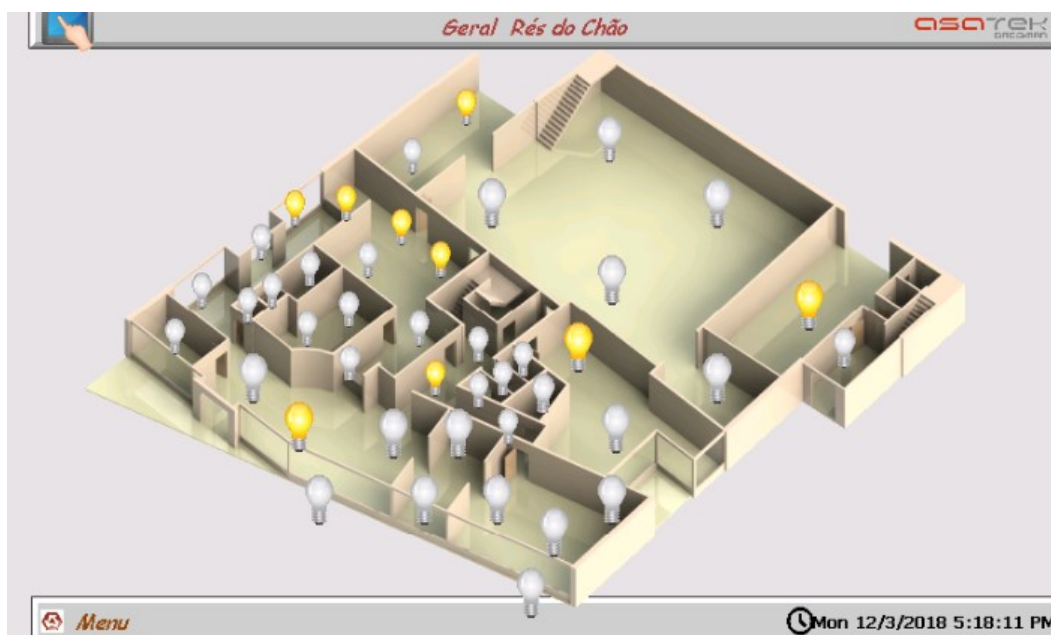


Figura 35 - Visão geral da iluminação do rés do chão do edifício A

Na imagem correspondente ao primeiro andar, na Figura 36, é possível verificar que os Departamentos de Contabilidade, de Marketing e Qualidade e a Sala de Comerciais Externos se encontram com a iluminação ligada, uma vez que são locais que, em horário laboral, se encontram ocupados.

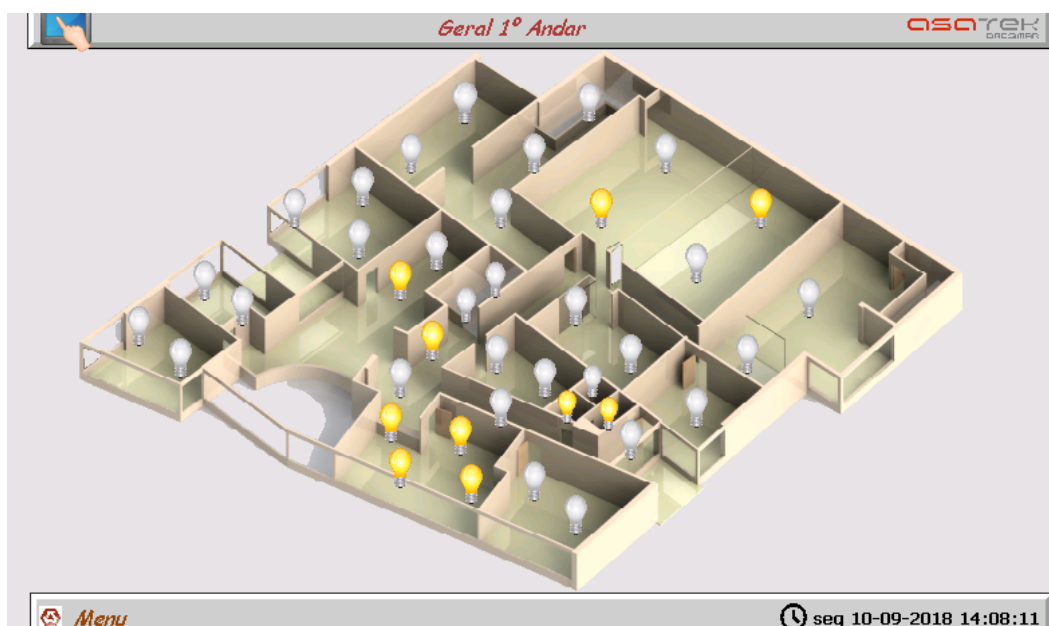


Figura 36 - Visão geral da iluminação do Piso 1 do Edifício A

O ecrã correspondente à iluminação geral exterior, Figura 37, é semelhante aos anteriores, no entanto mostra informações relativas a fatores externos tais como, temperatura, humidade, luminosidade e vento exterior.

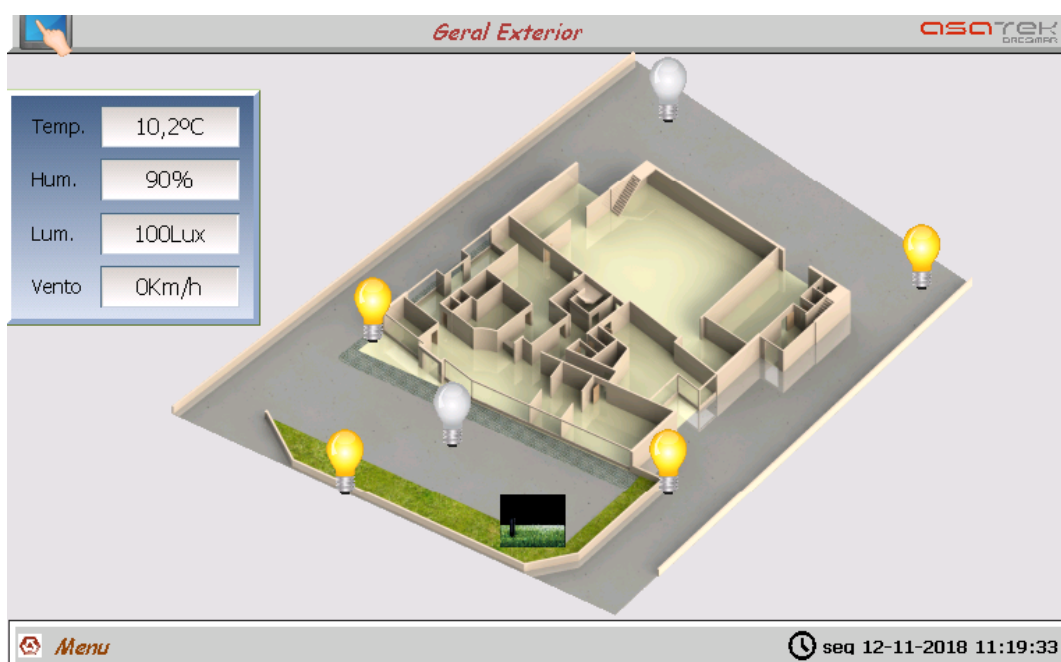


Figura 37 - Visão geral da iluminação exterior do Edifício A

No menu relativo à configuração da iluminação exterior, é possível definir o tipo de controlo, caso se trate de manual ou automático.

Para o modo automático, a regulação da luminosidade pode ser feita de duas maneiras distintas, sendo elas através de:

- Estação meteorológica, colocada no cimo do edifício que deteta e processa dados meteorológicos, tais como a velocidade do vento, posicionamento solar, horas de nascer e pôr do sol. Esta utiliza um sensor meteorológico, quando se dá a hora de por do sol a iluminação exterior é ativada e assim que o sol nasce é desligada;
- Sensor de luminosidade, colocado perto da entrada do armazém, que mede o nível de iluminância em lux. No caso do valor medido ser inferior a 300 lux é ativada a iluminação exterior. O valor de iluminância para o qual se deve ativar a iluminação exterior pode ser alterado na consola.

No modo manual, é o próprio utilizador que gere o ligar ou desligar das luzes, como se de um interruptor se tratasse.

Atualmente o método de controlo selecionado é o de luminosidade, Figura 38. O valor lido pelo sensor é visível no canto superior esquerdo, no momento de leitura foi de 7399 lux, dada a hora do dia, 14h09, por esse motivo a iluminação exterior encontra-se desativada.

Uma vez que o Edifício B se encontra ao lado do A, o método foi replicado.

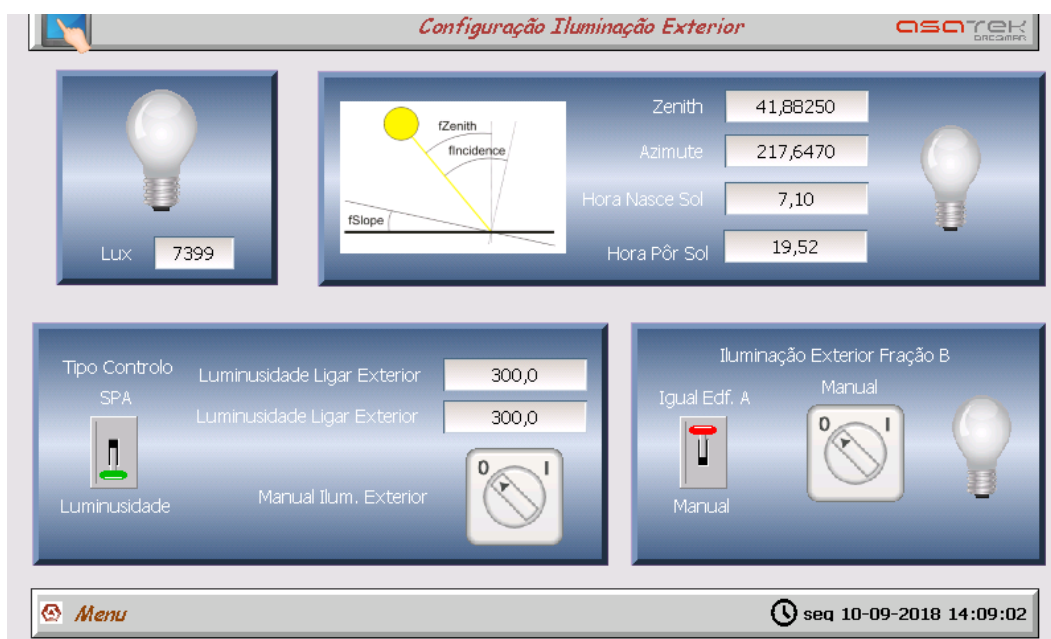


Figura 38 - Configuração da iluminação exterior

4.4 Sistema de controlo Beckhoff

A gestão de energia do edifício A está associada a toda a parte de consumos, como a climatização, ventilação, carregadores de veículos elétricos, controlo de portas automáticas, iluminação, impressoras multifunções, estores, entre outras.

Todo o Edifício é controlado por um sistema da Beckhoff, através de PLCs que interagem com o *software* TwinCAT fazendo o controlo da monitorização de consumos de energia da empresa.

Com o objetivo de ter um sistema totalmente coordenado para todos os componentes técnicos de um Edifício, o *software* “TwinCAT” inclui uma gama funcional universal para todos os sistemas residenciais e empresariais. Os pré-requisitos para optar por este *software* foram este atender às elevadas exigências em automação de Edifícios como o conforto do utilizador, poupar energia, investimento e custo operacional baixo, e um rápido retorno sobre o investimento (Beckhoff, 2014).

4.4.1 Configuração de *hardware*

O sistema parte do Quadro Principal da entrada da empresa, localizado no rés do chão, do Quadro Parcial do Piso 0 e do Quadro Parcial do Piso 1.

O módulo Master que controla o Edifício é da gama CX1000 da Beckhoff, mais especificamente a CPU CX1010, que se encontra no Quadro Parcial do Piso 1. Este sistema é um “*embedded PC*” tem um sistema operativo, que pode ser o Windows XP, 7 ou 10. É necessário que o sistema tenha um módulo CX porque o TwinCat corre sobre o PC num sistema operativo.

Os módulos *slaves* podem ser os BX e BCs, como estes não têm sistema operativo, só executam o programa que está na memória. O programa é feito à parte e depois é feito o carregamento em memória.

Associadas aos controladores encontram-se as respetivas cartas de entradas e saídas. Existe uma numeração definida dependendo do tipo de carta sendo:

- KL1xxx : Entrada digital de cor amarela
- KL2xxx : Saída digital de cor vermelha
- KL3xxx : Entrada analógica de cor verde
- KL4xxx : Saída analógica de cor azul
- KL5xxx: Carta de encoder
- KL6xxx : Carta de comunicação
- KL9xxx: Carta terminadora, porta-fusíveis ou separadora de tensão

- **PISO 1**

Instalado no quadro parcial do Piso 1, encontra-se uma raque, constituída pelo módulo de cabeceira da Beckhoff, com as respetivas cartas de entradas e saídas.

Estes módulos são constituídos por um CPU CX1010, e por um módulo de fonte de alimentação, CX1100.

O módulo da CPU está disponível em diversas variantes, neste caso tem como opção uma interface DVI e duas interfaces USB. Este tem incluído o *Microsoft Windows Embedded Standard 2009* e tem o sistema TwinCAT 2.

Quanto à fonte de alimentação, existem quatro tipos diferentes de fontes, neste caso como se trata do CX1100-0002, esta é de 24 VDC e tem uma interface de barramento terminal para conexão dos terminais de dados.

Os sinais de entradas/saídas são ligados ao módulo CX1100-0002, que lhes fornece a tensão de alimentação necessária para o seu funcionamento (Beckhoff, 2015).

Ao módulo de cabeceira estão acopladas cinco cartas de comunicação (2 x KL6301, 2 x KL6031 e KL6041), três cartas de entradas digitais (KL2408), duas cartas de saídas digitais (KL3403), uma carta de saída analógica (KL4002) e a carta terminadora (KL9010), tal como no esquema da Figura 39.

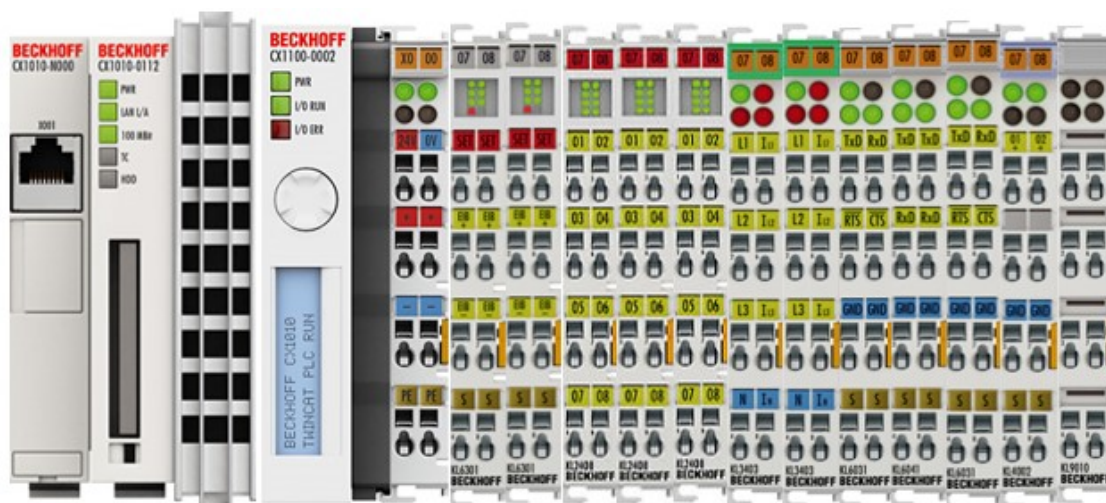


Figura 39 - Configuração do *hardware* acoplado ao CX 1010

Os terminais de dados KL6031 estão ligados a uma rede KNX, podem receber/transmitir dados para outros dispositivos do mesmo tipo e podem ainda ser integrados em sistemas que usem *Ethernet*.

A carta KL6031 permite a ligação a dispositivos com interface RS232. O terminal KL6041 é uma carta semelhante, diferindo no tipo de interface de comunicação, que se destina a RS422 ou RS485.

O terminal de entradas digitais KL2408 faz a conexão entre os sinais de controlo binários aos atuadores do processo com isolamento elétrico. Este contém oito saídas que indicam o seu estado de sinal por meio de díodos emissores de luz.

Já a carta de saídas digitais KL3403 permitem a medição de dados elétricos relevantes da rede de abastecimento. A tensão é medida diretamente nas três fases L1, L2 e L3, e a corrente das fases é medida através de transformadores de corrente. Na versão KL3403, a potência efetiva e o consumo de energia para cada fase são calculados. Para cada *fieldbus*¹⁶, a KL3403 fornece uma análise de rede abrangente e uma opção de gestão de energia.

O terminal de duas saídas analógicas KL4002 gera sinais na faixa de 0 a 10 V. Os LEDs de execução fornecem uma indicação da troca de dados com o acoplador de barramento. No final da *rack* encontra-se uma carta terminadora, KL9010. Cada conjunto deve ser concluído com esta carta, localizada na extremidade direita.

- PISO 0

No Quadro de Entrada, situado no rés do chão, encontra-se um controlador BC9000 da Beckhoff e as respetivas cartas de entrada e saída que estão ligadas aos componentes de processo da climatização, Figura 40.

As cartas de entradas/saídas que estão acopladas ao módulo de cabeceira são duas de entradas digitais iguais (KL1408), uma de saída digital (KL2408) e duas de entradas analógicas (KL3454 e KL3403).

O controlador BC9000 é um acoplador de barramento que tem funcionalidades de PLC integrado e tem uma interface *Ethernet* para *fieldbus*. Trata-se de um escravo inteligente que pode ser usado como uma inteligência distribuída no sistema.

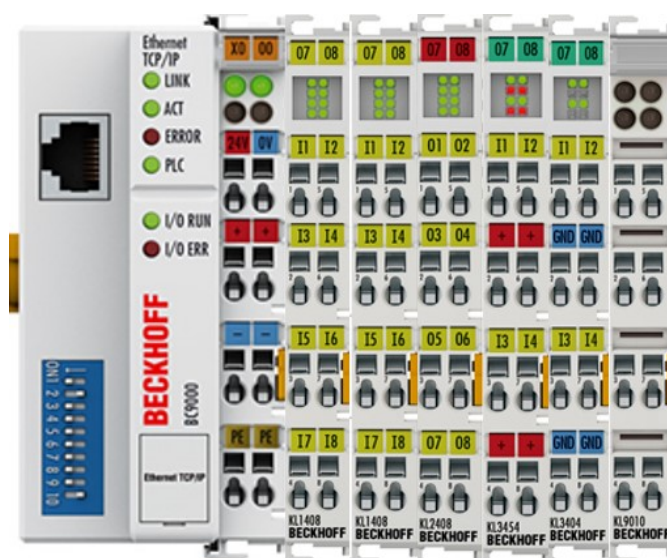


Figura 40 - Configuração do *hardware* acoplado ao BC *slave*

¹⁶ *Fieldbus* – sistema de rede de comunicação industrial para controlo em tempo real

Este módulo é um *slave* que não tem sistema operativo, ele apenas corre o programa que está na memória, ou seja, o programa é feito num PC externo, e depois é feito o *download* para o BC.

Este possui LEDs que indicam o estado do BC em tempo real, o “link” significa que há comunicação entre o *slave* e o programa, “act” quando está a transferir dados, “error” função quando está em erro, “plc” quando está a executar o programa corretamente, “I/O run” quando a configuração de entradas e saídas está correta e o LED “I/O error” quando o PLC está a funcionar corretamente, mas alguma entrada ou saída está configurada erradamente.

No lado direito do BC9000 encontram-se os dois primeiros LEDs que indicam a alimentação do controlador, que é de 24VDC, mais abaixo os sinais de mais (+) e menos (-) mostram a alimentação das cartas associadas e por último encontra-se a terra.

No caso do rés do chão do Edifício A, encontram-se ligadas as cartas KL1408, que possuem oito entradas digitais que indicam o seu estado lógico através de LEDs, a carta KL2408 é semelhante, mas possui oito saídas digitais, tem ainda duas cartas de entradas analógicas e a carta terminadora.

O terminal de dados KL3454 trata-se de uma carta de quatro entradas analógicas em corrente com uma variação entre 4 a 20mA, enquanto o terminal KL3404, também com quatro entradas analógicas mas em tensão entre -10 a 10V.

4.4.2 Configuração de software

O *software* usado nos controladores da Beckhoff é o TwinCAT, atualmente este está disponível nas versões 2 e 3, no entanto para esta configuração optou-se pela versão 2, dado que em 2007, quando foi iniciada a implementação deste projeto, a versão 3 ainda não tinha sido lançada.

Nos controladores da Beckhoff é usada a norma IEC 61131-3, que se trata de um padrão para controladores lógicos programáveis e define quais as linguagens de programação a utilizar. Esta norma define cinco linguagens de programação:

- Função gráfica de sequenciamento (SFC)
- Lista de instrução (IL)
- Texto estruturado (ST)
- Diagrama de funções de blocos (FBD)
- Diagrama em ladder (LD)

O procedimento inicial é ligar um cabo de rede ao CX instalado no quadro para que haja uma comunicação com o programa. Para que o mesmo fosse detetado houve a necessidade de saber qual o IP da máquina, realizando os seguintes passos:

Painel de controlo – Centro de rede e partilha – Alterar definições de placa – *Ethernet* – Ipv4, e neste passo colocar manualmente o IP na mesma gama que vem por defeito no PLC.

Para fazer o teste e detetar se o CX está a comunicar com o PC, deve iniciar-se a linha de comandos e fazer-se o *ping* ao CX de maneira a verificar se ambos estão na mesma rede. Os dois primeiros *bytes* do IP devem ser iguais em ambos os equipamentos, a MASK de 255.255.0.0, e os dois últimos sejam diferentes.

O IP que vem por defeito no CX1010 é o 192.168.0.201, e o IP do BC9000 é o 172.16.17.dips, este *dips* trata-se da configuração dos *dip switch* que vem no controlador.

Existe um outro parâmetro, que se denomina AMS Net ID, este é necessário para a identificação dos equipamentos controlados por módulos da Beckhoff e programados em TwinCAT 2.

Cada PC na rede pode ser identificado exclusivamente por um endereço TCP/IP. O AMS Net ID é uma extensão desse mesmo endereço e identifica um *router* TwinCAT, por exemplo “192.168.0.201.1.1”. Estes *routers* existem em todos os PCs TwinCAT e em todos os controladores Beckhoff BC.

Por padrão, a instalação do TwinCAT atribui o AMSNetId a partir do endereço TCP / IP do PC com uma extensão “.1.1” (como se fosse uma “máscara de sub-rede” para barramentos de campo e controladores de barramento de destino). No entanto, este pode ser livremente escolhido (Beckhoff, 2015).

Depois de feita toda a configuração, na janela do System Manager é possível visualizar a configuração do *hardware* ligado ao CX, como se encontra na Figura 41.

Number	Terminal Name	Type
1	Term 2 (KL6301)	KL6301
2	Term 3 (KL6301)	KL6301
3	Term 4 (KL2408)	KL2408
4	Term 5 (KL2408)	KL2408
5	Term 20 (KL2408)	KL2408
6	Term 6 (KL3403)	KL3403
7	Term 12 (KL3403)	KL3403
8	Term 15 (KL6031)	KL6031
9	Term 18 (KL6041)	KL6041
10	Term 19 (KL6031)	KL6031
11	Term 21 (KL4002)	KL4002
12	End Term (KL9010)	KL9010

Figura 41 - Janela do System Manager com os I/O's acoplados ao CX

Na parte do “PLC Control” é possível verificar quais são os circuitos a que cada uma das cartas está ligada, como por exemplo, a KL2408 tem oito saídas digitais, que controlam o funcionamento dos equipamentos de ar condicionado de diversas salas, Figura 42.

(* carta 3 - saidas digitais KL2408*)

DO_1A_SD_AC_1	AT %Q*	BOOL:	(* dij 35 - Ar cond. Diretor Comercial*)
DO_1A_SD_AC_2	AT %Q*	BOOL:	(* dij 36 -Ar Cond. Sala Reunioes *)
DO_1A_SD_AC_3	AT %Q*	BOOL:	(* dij 37-Ar Cond. Contabilidade *)
DO_1A_SD_AC_4	AT %Q*	BOOL:	(* dij 38-Ar Cond. Financeiro *)
DO_1A_SD_AC_5	AT %Q*	BOOL:	(* dij 39-Ar Cond. Marketing *)
DO_1A_SD_AC_6	AT %Q*	BOOL:	(* dij 40- nao identificado *)
DO_1A_SD_AC_7	AT %Q*	BOOL:	(* dij 41- Ar Cond. Sandra *)
DO_1A_SD_AC_8	AT %Q*	BOOL:	(* dij 42-Ar Cond. Administracao *)

Figura 42 - Ligação das saídas da KL2408 – piso 1

Fazendo a mesma analogia para o slave BC9000 que se encontra no quadro do rés do chão, têm-se a configuração presente Figura 43:

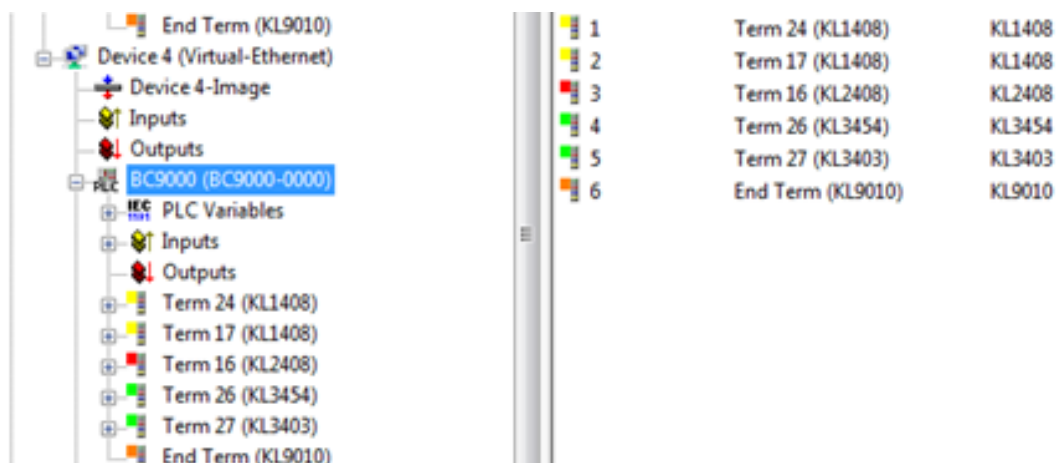


Figura 43 - Janela do "System Manager com os I/O's acoplados ao BC

Com semelhança ao CX, a carta de oito saídas analógicas, está ligada aos equipamentos de ar condicionado que se encontram no Piso 0, Figura 44.

(* carta 1 - saidas digitais KL2408*)

DO_RC_SD_AC_1	AT %Q*	BOOL:	(*Dij 37 - Nao identificado*)
DO_RC_SD_AC_2	AT %Q*	BOOL:	(*Dij 38 - Nao identificado*)
DO_RC_SD_AC_3	AT %Q*	BOOL:	(*Dij 39 - Ar. Cond. Sala Formacao*)
DO_RC_SD_AC_4	AT %Q*	BOOL:	(*Dij40- Ar. Cond. Sala Comercial 1*)
DO_RC_SD_AC_5	AT %Q*	BOOL:	(*Dij 41 - Ar. Cond. Diretor Técnico*)
DO_RC_SD_AC_6	AT %Q*	BOOL:	(*Dij 42 - Ar. Cond. Sala Comercial 2*)
DO_RC_RESERVA_1	AT %Q*	BOOL:	
DO_RC_RESERVA_2	AT %Q*	BOOL:	

Figura 44 - Ligação das saídas da KL2408 – Piso 0

4.4.3 Visualização/ Monitorização

É importante a visualização em tempo real do consumo de energia que o Edifício está a ter. Para isso é necessário construir alguma interface que grave e indique as informações relativas ao consumo energético. Estas informações podem ser obtidas através de um *display*, e uma das medidas a implementar será criar uma interface que permita monitorizar todos os quadros elétricos presentes na instalação. O objetivo é adicionar uma interface gráfica à consola instalada no *hall* de entrada que permita o fácil acesso a essas informações.

4.5 Sistema de controlo dos acessos à empresa

Em junho de 2018 foi implementado um novo regulamento para o controlo de acessos à empresa. Este tem como objetivo criar as melhores condições de acesso para as viaturas ligeiras, viaturas que realizam carga e descarga de mercadoria, assim como a utilização de uma área pedonal em redor dos Edifícios.

Os acessos à empresa podem ser feitos por quatro vias:

- Acesso E1 - Entrada a Norte pela EN 109
- Acesso E2 - Entrada a Sul pela EN 109
- Acesso S1 - Saída Norte para a Rua da Junqueira
- Acesso S2 - Saída Sul para a Rua da Junqueira para Veículos Pesados

Os horários de funcionamento de cada um dos portões é variável de acordo com a utilização de cada um deles, assim sendo:

Acesso E1 - A abertura é feita por meio de telemóvel por quem chegar primeiro à entrada e fecha automaticamente a partir das 19h30. Após as 19h30 funciona através de telemóvel, o qual deve estar inserido no sistema de controlo de acessos interno;

Acesso E2 - A abertura é feita por meio de telemóvel por quem chegar primeiro à entrada e fecha-se através de comando ou chave por quem sair por último da Bresimar;

Acesso S1 - A abertura e fecho é feita por meio de telemóvel de modo individual e está programado para fechar automaticamente após 30s, o contacto móvel tem de estar inserido no sistema de controlo de acessos;

Acesso S2 - A abertura é feita através de um pedido e é comandada ou pelo Edifício E, através de uma botoneira, ou por comando à distância.

Existiu a necessidade de criação deste último acesso, uma vez que se trata de uma entrada secundária optou-se por criar um sistema que restringe a entrada/saída da empresa.

Relativamente ao estacionamento do Grupo Bresimar este está organizado por frações, tal como é indicado na Figura 45.

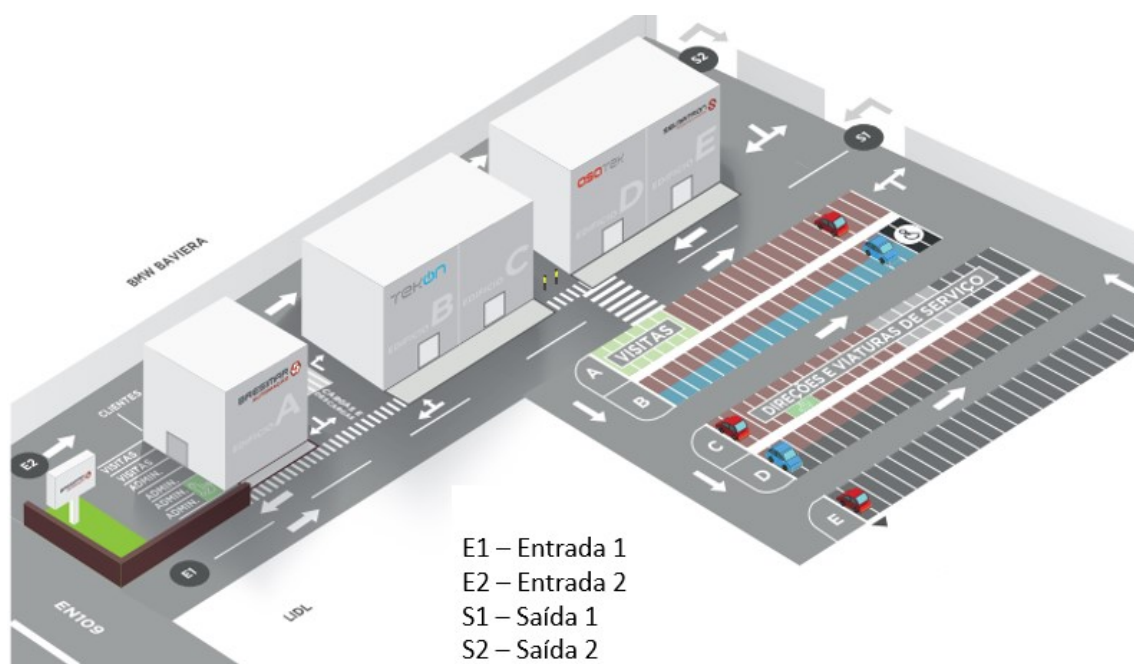


Figura 45 - Mapa de estacionamento da Bresimar¹⁷

4.5.1 Funcionamento do sistema de controlo de acessos

Com o objetivo de proporcionar segurança no tráfego de saída e entrada de pessoas e veículos nas empresas surge a necessidade de utilizar determinados meios que possam fazer esse controlo.

A popularização do telefone móvel fez com que este produto se tornasse uma interface de comunicação, tornando-se bastante importante e útil nos dias que correm. Dado o decorrente avanço que as telecomunicações obtiveram nas últimas décadas, foi utilizado esse facto para disseminar assuntos de interesse para a automação industrial.

O GSM (*Global System for Mobile Communications*), sistema de mensagens utilizado atualmente pelo telemóvel, foi incluindo a possibilidade de utilização de uma técnica de criptografia *robusta* permitindo assim a integridade da segurança das informações. Tornou-se bastante útil na automação de Edifícios e na monitorização remota com o recurso a qualquer dispositivo que envie e receba SMS.

Durante os anos 80, na Europa, cada país desenvolveu o seu próprio sistema analógico, o que se tornou um problema para os Europeus uma vez que os sistemas não eram compatíveis entre si. Isto tornou-se um problema, pois o equipamento foi limitado nas operações que pode efetuar. Nesta mesma época, os Europeus criaram um grupo de estudos para desenvolver um sistema móvel pan-europeu com o objetivo de padronizar o sistema na Europa.

¹⁷ Figura retirada de documento interno Bresimar

O GSM é um padrão digital de segunda geração desenvolvido para substituir os sistemas analógicos que utilizam frequências nas faixas de 450 a 800 MHz. O GSM utiliza canais de 200 KHz na banda dos 900 MHz¹⁸.

No projeto realizado no Edifício, todas as comunicações entre dispositivos são realizadas via *wireless*, encriptadas, através de um módulo INSYS. O modem Small 2.0 é responsável pela conexão entre o telemóvel do utilizador e o CPU CX1010 da Beckhoff. O pretendido é o uso do *modem* para automatização dos portões da Bresimar, em que o portão recebe informações do utilizador para este ter acesso ao Edifício.

Para uma melhor compreensão do funcionamento da aplicação, visualiza-se abaixo o diagrama de ligação entre estes componentes, Figura 46.

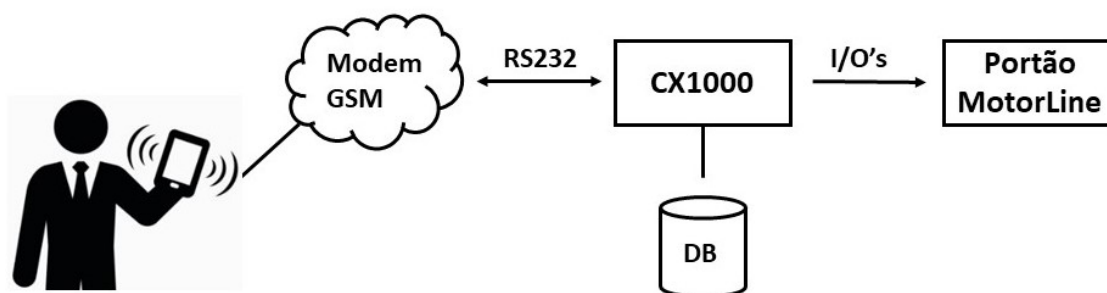


Figura 46 - Esquema de ligação de sistema de controlo de acessos

O utilizador comunica diretamente com o sistema GSM através do telemóvel, para isso é necessário um *modem*, o Small 2.0, que se trata de um equipamento para uso empresarial e industrial.

O *modem* está inserido no quadro parcial que se encontra no Piso 1 do Edifício A, e possui uma interface série RS232 bem como uma conexão de antena na frente e uma ranhura para cartão SIM que se encontra na parte inferior do dispositivo. A interface RS232 está ligada a uma carta de entrada KL6031 do PLC CX1010.

O CX1010 é controlado com o *software* TwinCAT da Beckhoff, onde existe uma base de dados que contém os números autorizados e que estão habilitados a abrir o portão.

O portão é controlado por um motor, o Slide 800A, que foi desenvolvido para automatização de portões de correr até um peso de 800kg. Este tem diversas características como dimensões reduzidas para uma fácil instalação, é silencioso, resistente e possui um sistema de desbloqueio para abertura manual em caso de avaria.

A carta KL2408 acoplada ao CX1010 conecta os sinais de controlo binários do CX ao motor elétrico de abertura de portões Slide 800A da Motorline. Esta carta de saídas digitais contém oito canais que indicam o seu estado de sinal por meio de LEDs. Os sinais que esta carta pode dar ao motor que controla o portão são os seguintes:

¹⁸ Adaptado de http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialcelb/pagina_3.asp

- Caso o portão se encontre aberto e ocorra um flanco no sentido ascendente, este fecha;
- Caso o portão se encontre fechado e ocorra um flanco no sentido ascendente este abre;
- Caso o portão esteja a abrir, e ocorra um flanco ascendente o portão para.

O sistema de visualização é apresentado na consola que está no *hall* de entrada, e tem um ecrã que mostra os números autorizados para a entrada E1 e E2. Este sistema vai ser apresentado no Ponto 5.2.3 do Capítulo 5, uma vez que necessitou de ser melhorado, devido à atualização de contactos telefónicos que ocorreu no ano presente.

5. AUTOMAÇÃO DO EDIFÍCIO - TRABALHOS REALIZADOS

Neste capítulo vão ser apresentadas as medidas implementadas no âmbito deste projeto que promoveram a melhoria das condições de usabilidade do Edifício, no que diz respeito à iluminação, acessos à empresa e gestão de consumos de energia.

5.1 Melhorias no sistema de iluminação

Neste capítulo vão ser apresentados em detalhe os passos necessários para implementar e complementar o sistema já iniciado, que vão desde a identificação dos espaços a melhorar, passando pela alteração de *software* existente, devidamente adaptado ao *hardware* que diz respeito a todos os componentes que fazem parte deste sistema, como interruptores (sensores) ou atuadores.

Para cada situação, é utilizado um *software* diferente. No caso da iluminação optou-se pelo ETS, respeitante ao protocolo KNX, para controlo de acessos e gestão de energia a escolha recaiu sobre o TwinCAT.

No Edifício A optou-se por um sistema de controlo da Siemens. O referido sistema é baseado em módulos com comunicação por infravermelhos e representa uma alternativa aos sistemas via rádio em Edifícios de escritórios, porque garante uma operação livre de falhas em divisões como as salas de conferências ou reuniões (Siemens, 2011).

Os botões de pressão com acoplador só funcionam com um programa de aplicação, ou seja, são compostos pelo dispositivo (*hardware*) e pelo programa de aplicação (*software*). Com o ETS é possível selecionar os programas de aplicação e corresponder os parâmetros e os endereços específicos, isto no “*System Mode*” que oferece o processo de configuração mais versátil, transferindo a responsabilidade de interligação com outros dispositivos para um *master*. Este papel é geralmente executado por um conjunto de ferramentas de gestão (tipicamente a aplicação ETS), executadas a partir de um computador conectado à rede EIB/KNX¹⁹.

5.1.1 Armazém e sala comercial

Numa primeira fase optou-se por verificar e analisar os níveis de iluminância dos locais e para isso foram realizadas medições durante o mês de julho de 2018.

Para medir a iluminância em diversos postos de trabalho foi utilizado um luxímetro da marca BK Precision, modelo 615, equipado com uma célula fotoelétrica, Figura 47.

¹⁹ https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137463449/50254_Dissertacao.pdf



Figura 47 - Luxímetro da BK Precision

Estas medições foram feitas nos postos de trabalho da Sala Técnico-Comercial 1.

As medições e o momento de realização das mesmas foram escolhidos de forma a se obter um valor representativo do nível médio de iluminância na área da tarefa, em condições de trabalho. Estes valores foram registados após a estabilização do luxímetro, o que pode levar mais ou menos tempo dependendo das variações de luminosidade nos pontos de medição.

As medições foram realizadas numa das salas comerciais do rés do chão, que é constituída por oito postos de trabalho e tem duas sancas que refletem luz uniformemente por toda a divisão. Os pontos indicados a amarelo na Figura 48 representam o local das medições.

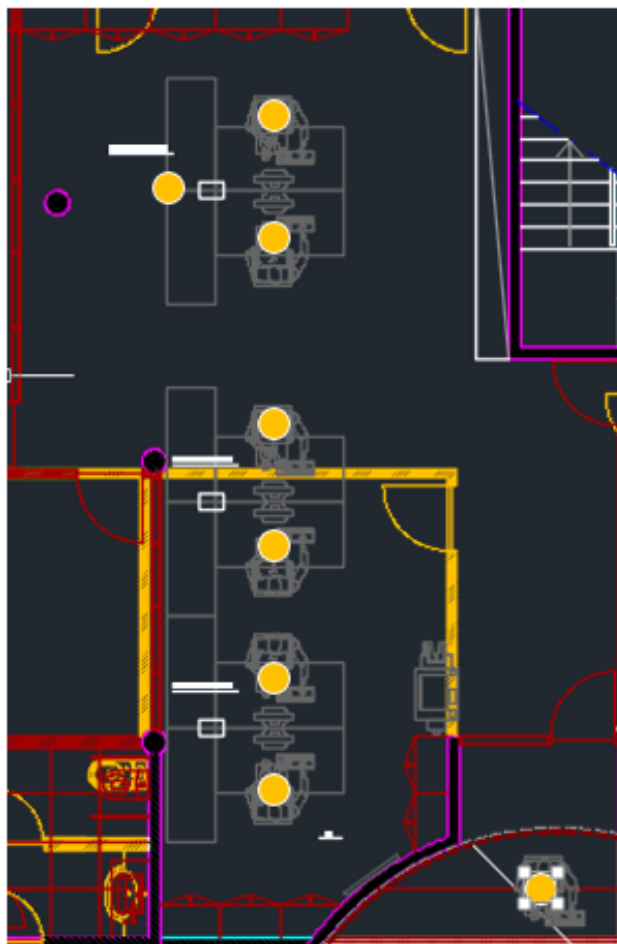


Figura 48 - Planta da sala comercial onde foram realizados testes de iluminância

Foram realizadas medições nestes postos de trabalho, que estão evidenciadas no gráfico abaixo, Figura 49, bem como a sua média.

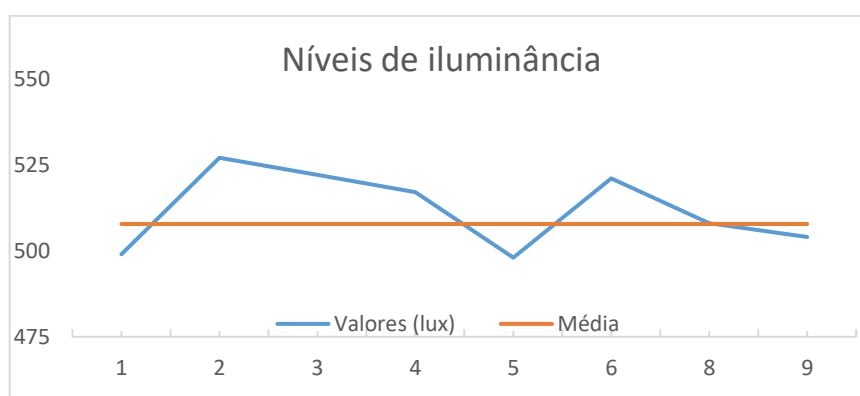


Figura 49 - Tabela de resultados dos testes de iluminância

Tal como é indicado na Tabela 1 do Capítulo 3, o valor de iluminância recomendado para escritórios é cerca de 500 lux. Depois de realizados os testes, o valor médio medido foi de 507 lux para a sala comercial. O mesmo é espectável nas restantes salas, dado que o esquema de iluminação é semelhante.

Foram detetados alguns problemas relacionados com o mau endereçamento dos interruptores que estavam agrupados às luminárias do Armazém e Sala Técnico-Comercial 1, ou seja, os interruptores não estavam a ligar as luminárias corretas. Uma das vantagens do sistema KNX é que não foi necessário alterar nada a nível das ligações das cablagens, apenas foi necessário realizar uma alteração a nível de endereços no ETS.

O sistema de iluminação do Armazém é constituído por 3 circuitos, Figura 50. Para este compartimento existem três interruptores possíveis para controlo, sinalizados em castanho.

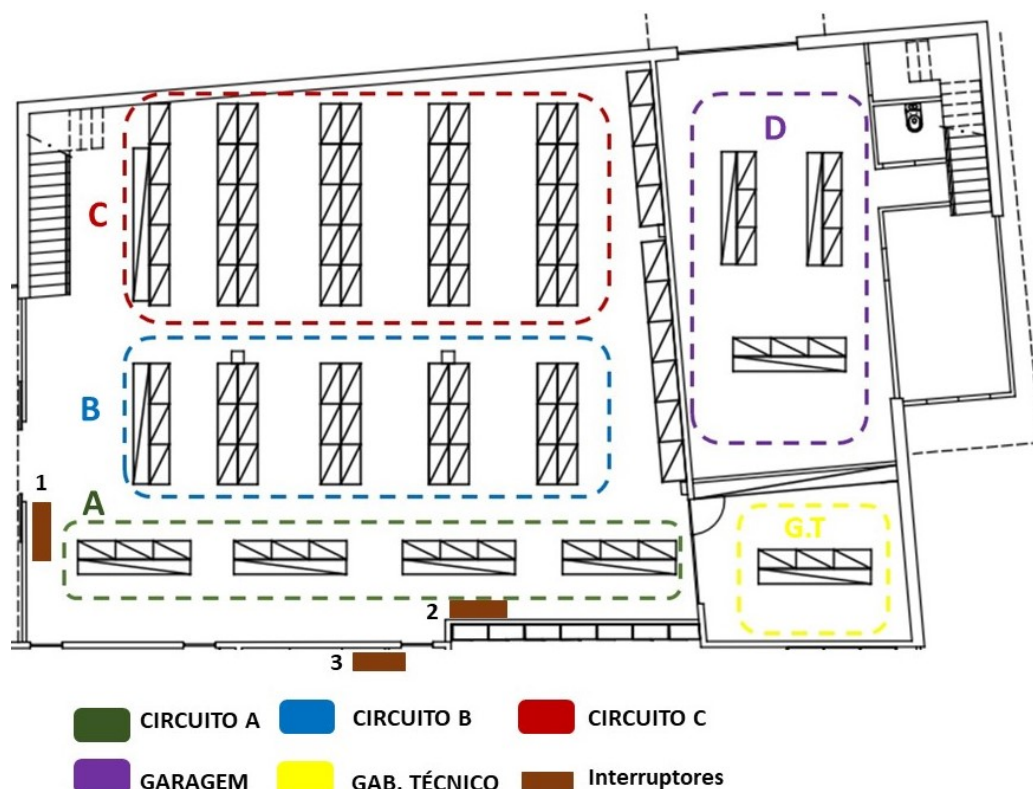


Figura 50 - Diagrama dos circuitos das luminárias do Armazém

Os interruptores 1 e 3 permitem desligar todas as luminárias do Armazém, enquanto o interruptor 2, visível na Figura 51, é constituído por quatro canais e cada um deles está associado a um circuito do Armazém (A, B e C), o último canal está a controlar o gabinete técnico, que se encontra ao lado do Armazém.

Localizado na parte inferior do interruptor de quatro canais encontra-se um outro, Figura 51, cujo objetivo é ligar e desligar todos os circuitos, ou seja fazer o ON/OFF de todas as luminárias do Armazém. O que estava a acontecer era que este interruptor não fazia ligar nem desligar todas as luminárias, obrigando a ligar e desligar cada circuito isoladamente; no botão de quatro canais especificamente os circuitos não estavam sincronizados, ou seja o botão A não estava a comandar o circuito A, mas sim o B e C conjuntamente, o botão B estava a controlar o circuito A e o botão C estava a ligar a iluminação da Sala de Formação.



Figura 51 - Interruptor dos circuitos do armazém

O interruptor de 4 canais tem o endereço 1.1.73, na Figura 52, verifica-se que ao adicionar este tipo de sensor ficam associados quatro botões, que correspondem a um interruptor ON/OFF e quatro LEDs presentes no botão para indicação do estado do mesmo.

A comunicação entre um interruptor e o módulo 5WG1561-1AB01 (atuador) é composta por uma sequência de operações, neste caso o pretendido é a função ON/OFF. Um sensor que possui um endereço físico único, neste caso 1.1.73 pode comunicar com vários módulos através de um endereço de grupo.

As trocas de mensagens entre um conjunto de emissores e recetores são efetuadas para ligar o estado lógico (ou valor) de objetos dos dispositivos a que são atribuídos o mesmo endereço de grupo. Um emissor apenas pode enviar uma mensagem para um endereço de grupo, ou seja, não pode enviar uma mensagem destinada a vários endereços de grupo. Já o recetor pode subscrever vários endereços de grupo, permitindo-o receber mensagens de vários emissores.

Tal como ilustrado na figura abaixo, cada um dos botões do interruptor 1.1.73 corresponde a um objeto, e cada um destes está associado a um grupo, no caso do canal A este está associado ao grupo 1/0/55, bem como o LED. O endereço 1.1.74 corresponde ao interruptor de dois canais da Figura 51, onde o *rocker* do lado esquerdo permite apagar todos os circuitos do Armazém incluindo o Gabinete Técnico e o lado direito permite apagar a luz da Garagem.

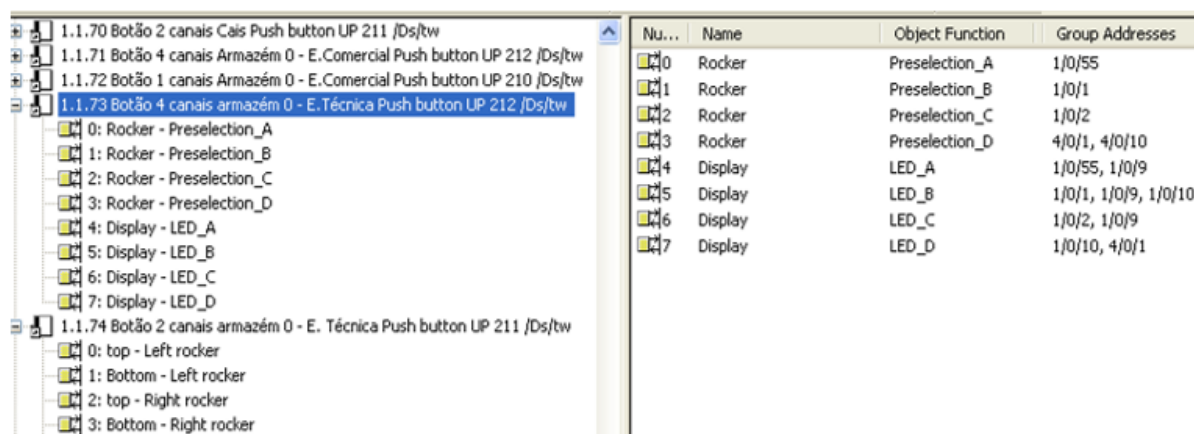


Figura 52 - Janela do ETS com a vista em topologia

A transmissão de informação no protocolo KNX baseia-se na troca de dados codificados, que apenas podem fazer o endereçamento da mensagem para um único grupo de objetos por mensagem ou para um único dispositivo, neste caso para o grupo 1/0/1. Uma ação de comando num interruptor faz criar um datagrama (mensagem) que vai interligar o estado lógico de objetos no mesmo grupo, este datagrama vai ser traduzido na execução de ações por um ou mais atuadores.

Há vários interruptores (sensores) que controlam os circuitos A, B e C, dois deles são os referidos acima (endereços 1.1.73 e 1.1.74), outro está localizado no extremo do Armazém (endereço 1.1.71), interruptor 1 e há um análogo localizado antes de uma porta automática que está na Sala Comercial (endereço 1.1.28), interruptor 3.

O endereço de grupo pode ter associados vários sensores, tal como indicado na Figura 53, ou seja o grupo 1/0/1 pode receber mensagens dos vários dispositivos que tem associados.

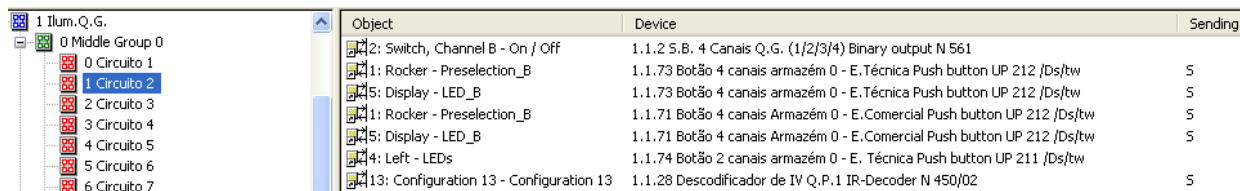


Figura 53 - Janela do ETS com a vista em grupo

As melhorias que foram feitas nesta área passaram por:

- Corrigir os endereços dos interruptores (sensores) e fazer a associação a cada um dos grupos por circuito;
- Igualar as funções do sensor 1.1.73 ao sensor 1.1.71, uma vez que este se trata de um interruptor colocado no lado oposto do Armazém e estava sem qualquer funcionalidade associada;
- Agrupar todos os circuitos incluindo o do Gabinete Técnico, e associá-los ao interruptor 1.1.74, que é um botão com dois canais e endereçar no rocker do lado esquerdo;
- No interruptor 1.1.74, no *rocker* do lado direito fazer a associação para a monitorização das luminárias da Garagem;

- Eliminar o endereço 2.0.24 do grupo 1/0/2, que está associado ao botão C, porque sempre que este era acionado a iluminação da Sala de Formação era ativada;
- Na Sala Comercial existe um botão com dois canais, cujo endereço é o 1.1.28 e cada um dos rockers tem funções diferentes, o da direita permite controlar a iluminação do armazém e o da esquerda permite controlar a iluminação da Sala Comercial, os grupos correspondentes a cada um dos rockers (esquerda e direita) estavam trocados.

5.1.2 Sala de Formação

Dado que a Bresimar é uma empresa especializada na área da comercialização de produtos de automação, é imprescindível a existência de uma sala de reuniões/formação em cada um dos Edifícios.

Na Fração A, a Sala de Formação que se encontra no rés do chão, Figura 54, é utilizada para as reuniões comerciais existentes todas as semanas, realização de formações comerciais e técnicas das marcas representadas e receção de clientes.

Para que a Sala de Formação cumpra totalmente o objetivo para que foi concebida, esta necessita de ser funcional e bem planeada, para que a sua estética seja compatível com a filosofia e a arquitetura da empresa. Cores sóbrias e neutras ajudam a manter um ambiente mais formal.

Um ponto importante na altura de criar uma Sala de Formação confortável é trabalhar a sua iluminação de forma eficiente e sustentável. Posto isto, é muito importante aproveitar bem a luz natural.

No entanto, como se trata de uma Sala de Formação, em que ocorrem muitas apresentações com recurso a projetores, é preciso efetuar a regulação da luminosidade para que ela não transtorne a formação. Por isso, a instalação de cortinas e persianas é fundamental (Casa 3 - Arquitectura, 2014).

O sistema de iluminação da Sala de Formação da Bresimar, é constituído por luminárias localizadas nas extremidades da sala e por duas sancas de luz centrais, Figura 54.



Figura 54 - Sala de Formação existente no Piso 0 do Edifício A

De modo a regular a intensidade das luminárias existentes, o controlo de iluminação da sala é feito com utilização de dispositivos que utilizam o protocolo DALI. A regulação das luminárias é feita através de uma interface gráfica inserida na consola localizada à entrada da sala. Para realizar as funções de ligar e desligar das luminárias utiliza-se o interruptor de quatro teclas, com base na tecnologia KNX, similar ao enunciado no Ponto 5.1.1. Na Figura 55 é possível visualizar o interruptor que faz o ON/OFF, os *rockers* 1 e 2 controlam as luminárias do lado esquerdo e direito respetivamente, e os *rockers* 3 e 4 controlam as sancas de luz.



Figura 55 - Interruptor de quatro teclas que liga/desliga a iluminação da sala

A sala é constituída por quarenta luminárias com vinte balastos, ou seja, um balastro por cada duas lâmpadas. Estão divididos em duas filas, em linha com o compartimento, e no centro encontram-se duas sancas de luz, que são controladas em modo ON/OFF.

Depois das obras de requalificação do Edifício, onde existiram alterações a nível de circuitos, as luminárias não estavam a funcionar corretamente e o programa de regulação de intensidade não estava funcional.

O que acontecia era que, sempre que se acionava o interruptor para ligar as várias luminárias, algumas delas não acendiam e ao regular a intensidade na consola, através da interface gráfica que tem um *layout* da Sala de Formação, a correspondência com as luminárias estava incorreta. Este fato vai ser explicado no decorrer deste capítulo.

O circuito do sistema existente na Sala de Formação está representado na Figura 56, que mostra a ligação desde o balastro até à consola.

A cada um dos balastros, da marca TRIDONIC, é associado um endereço, configurado pelo utilizador na primeira vez que se liga, através do *software* “MasterConfigurator”²⁰. Trata-se de um programa de configuração e parametrização para dispositivos DALI e é usado para configurar os balastros associados a este tipo de controlo.



Figura 56 - Arquitetura do sistema DALI existente na Sala de Formação

Os balastros utilizados são o modelo 2x14/24 T5 Excel da Tridonic, que se trata de um balastro eletrónico com função de regulação para o tipo de lâmpadas que estão na sala. São para utilizar através de uma interface DALI, com uma faixa de intensidade que varia entre os 1 e 100%. A conexão entre os balastros e o *software* é feita com recurso a um conversor DALI/USB.

Cada um dos vinte balastros tem um endereço, e o procedimento inicial foi fazer a ligação ao *MasterConfigurator* para saber o endereço de cada um dos balastros. Entre eles há uma repicagem, e assim ao ligar a um dos balastros consegue-se configurar todos os outros.

No *software* é feita uma pesquisa de todos os endereços que estão ligados ao circuito de iluminação. Assim que são detetados a sua indicação é mostrado no lado esquerdo da janela, Figura 57.

²⁰ <https://www.tridonic.com/com/en/software-masterconfigurator.asp>

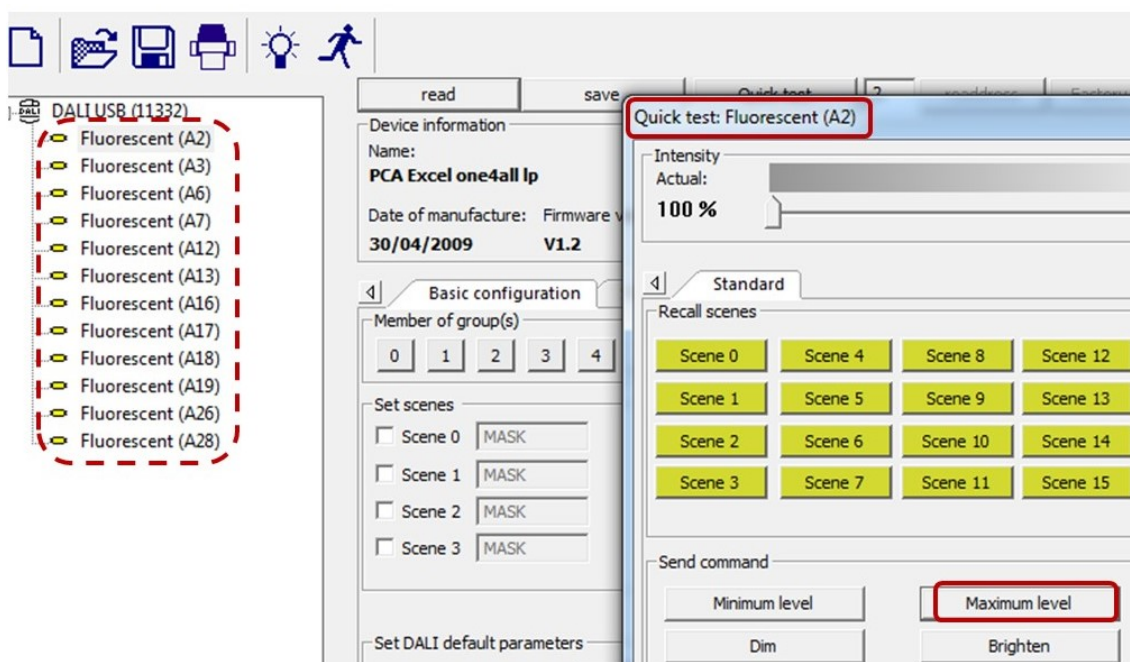


Figura 57 - Detecção dos endereços dos balastos

De seguida para que se saiba qual a luminária correspondente a cada endereço é necessário fazer um teste (*Quick test*) que, quando seleccionado ao nível máximo de 100% vai acender a luminária correspondente. Depois de fazer os testes a todos os endereços fez-se a correspondência de acordo com a disposição das luminárias na sala, representado na Figura 58.

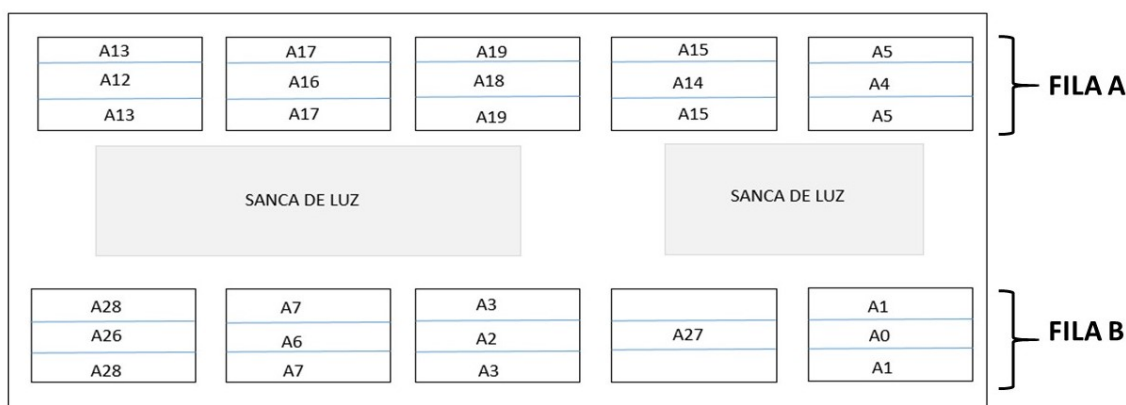


Figura 58 - Endereços dos balastos existentes na Sala de Formação

Um dos problemas que surgiram foi que nem todas as luminárias tinham um endereço associado, como no caso da segunda armadura da fila B. Após vários testes, concluiu-se que a anomalia estava no balastro, o que implicou a sua substituição por um novo.

O procedimento seguinte foi definir as variáveis que dizem respeito à Sala de Formação no TwinCAT para posteriormente reconstruir o programa no iX Developer. Na Figura 59, é visível uma função correspondente à armadura 1 da fila A, que está ao centro e cujo endereço é o A4.

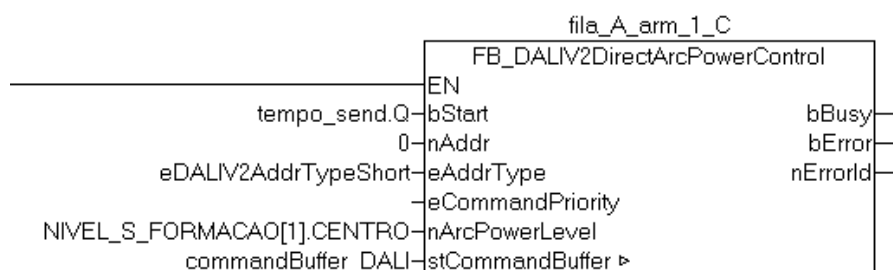


Figura 59 - Exemplo de uma função para a armadura 1 da fila A

Todos os balastros têm associado uma função semelhante à da Figura 60. A variável global correspondente é a ‘NIVEL_S_FORMACAO[1].CENTRO’. Depois do programa estar elaborado, o procedimento seguinte é fazer a *Rebuild* para que seja criado um ficheiro do tipo “.tpy” onde estão contidas as variáveis do projeto.

No *software* iX Developer para configurar a parte gráfica que diz respeito à consola, no separador ‘TAGS’, o ficheiro ‘.tpy’ que foi criado anteriormente é importado para o iX e todas as variáveis contidas no TwinCat são apresentadas. Este procedimento é descrito com mais pormenor no Ponto 5.2.3.

Na consola, o *layout* que aparece está apresentado na Figura 60, onde é visível a disposição das luminárias da Sala de Formação e é possível fazer a regulação de cada um dos balastros associados à iluminação.

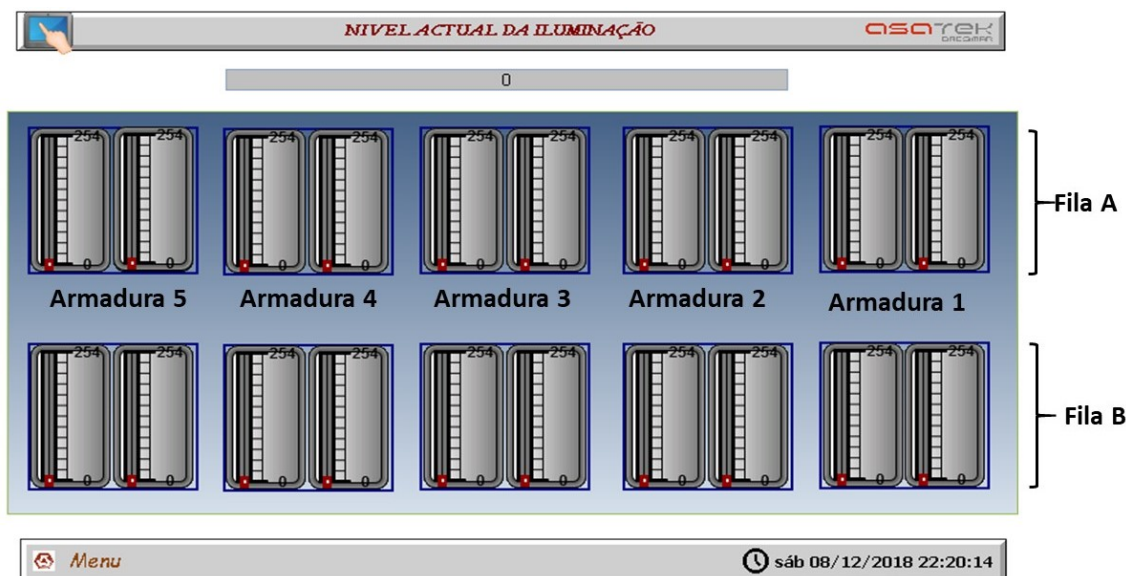


Figura 60 - Disposição das luminárias da Sala de Formação no iX Developer

Um dos problemas que existia anteriormente era o mau endereçamento das *tags*, sempre que alguém alterava a intensidade de alguma luminária, por exemplo no caso da luminária da armadura 5 da fila A, o que mudava era a luminária da armadura 2 da fila B. Houve a necessidade de reestruturar todas *tags* associando-se corretamente a cada uma das luminárias, como ilustrado na Figura 61.

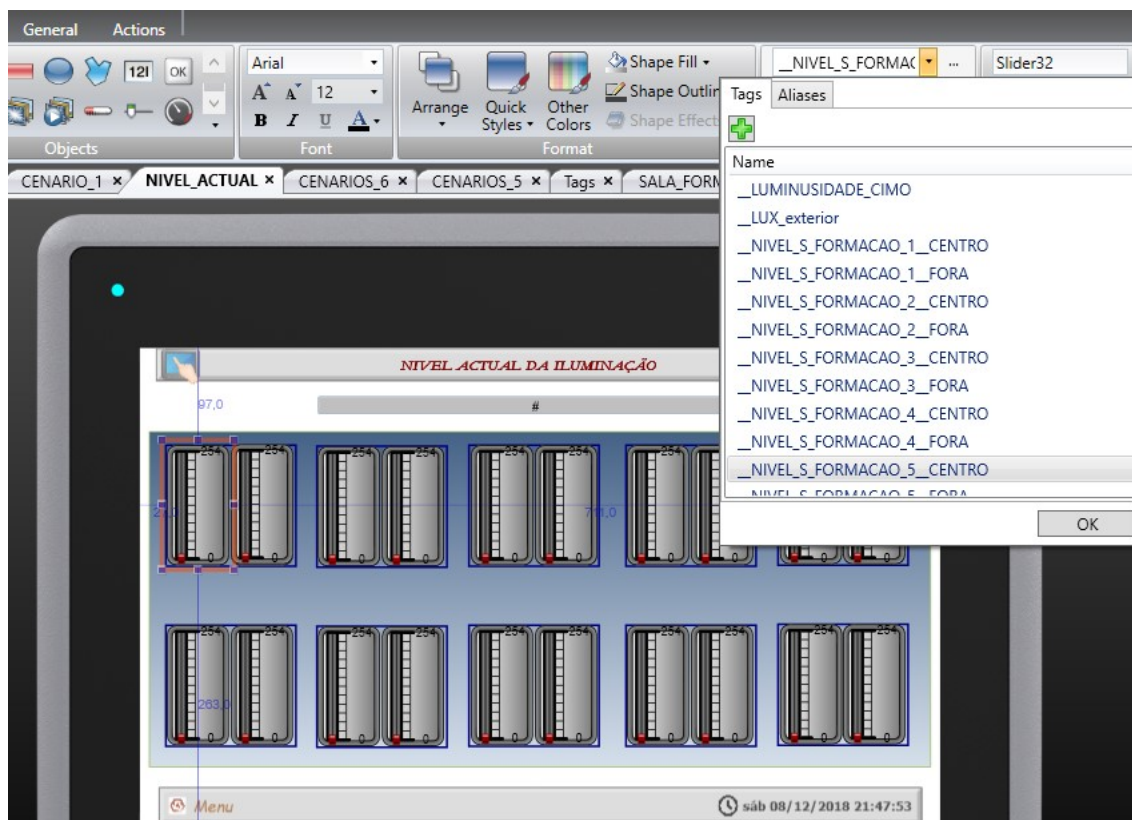


Figura 61 - Atribuição das *tags* às luminárias

Esta medida de melhoria foi importante para fazer a regulação correta das luminárias, uma vez que na Sala de Formação existem diversas apresentações de produtos e marcas, e com a projeção na tela a intensidade luminosa deve ser baixa de modo a não encadear a vista dos utilizadores.

5.2 Monitorização de consumos

Ao longo do tempo tem havido uma preocupação crescente em tentar controlar e melhorar os consumos de energia e as alterações causadas pelos diferentes dispositivos na rede elétrica. A inserção de novos aparelhos veio aumentar a necessidade de se efetuar uma monitorização mais eficaz da energia distribuída, ajudando a ter uma maior perceção dos consumos do Edifício.

5.2.1 Rede de distribuição de energia elétrica do Edifício

A rede de distribuição de energia elétrica é composta pelas redes elétricas primárias (redes de distribuição de média tensão) e redes secundárias (redes de distribuição de baixa tensão), cuja manutenção e operação é responsabilidade da distribuidora.

A distribuição da energia é feita por parte da EDP, no entanto caso haja uma falha é acionada uma unidade de alimentação de reserva, Figura 62.

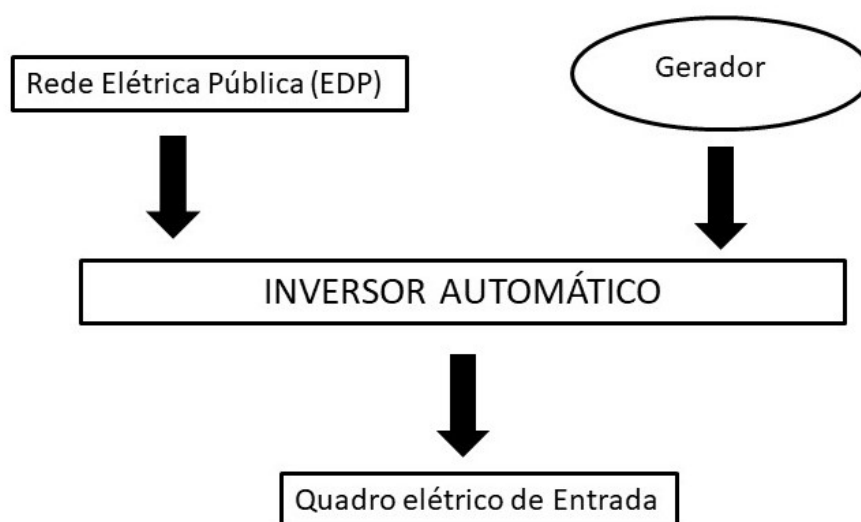


Figura 62 - Esquema de distribuição de energia na Bresimar

O inversor de rede tem a capacidade de optar por uma das duas redes elétricas disponíveis, a rede pública (energia elétrica fornecida pela EDP) e outra alternativa, o gerador neste caso, que tem um sistema de ignição automático permitindo fazer o arranque automático.

A inversão é feita com o recurso a dois contactores, correspondendo cada um deles a uma fonte. O sistema é instalado de modo a que um dos contactores fique bloqueado enquanto o outro estiver acionado, que evita o funcionamento coincidente dos mesmos.

As vantagens do inversor automático, também denominado Quadro de Transferência Elétrica são:

- Em situações de falha de energia elétrica da rede pública, o inversor transfere automaticamente energia para a rede do gerador, sem qualquer intervenção humana (existindo apenas um corte de energia elétrica curto), que depende da disponibilidade da rede elétrica alternativa;
- Ele tem como função principal evitar o cruzamento de duas redes elétricas, protegendo o quadro e gerador de um risco de incêndio, entre outros riscos considerados perigosos para as pessoas e bens;
- Dá prioridade à rede pública, que provoca uma redução dos custos com combustível do gerador, porque caso a energia da EDP esteja disponível ele desliga o gerador automaticamente, sem necessidade de intervenção humana;
- É um sistema flexível, ou seja o utilizador pode optar por transportar este inversor para outro lugar, ou para outra instalação elétrica por motivos particulares e adaptar a outros sistemas elétricos semelhantes (Ussaque escritórios, 2017).

É possível visualizar um menu na consola localizada no *hall* do Edifício, Figura 63, que permite fazer a escolha de como a distribuição de energia é feita caso falhe a rede pública. A opção escolhida é que o gerador ligue imediatamente após ocorrer essa falha de energia, sinal de gerador pronto. A outra opção é escolher manualmente se se pretende ligar ou não o gerador, sinal de arranque.

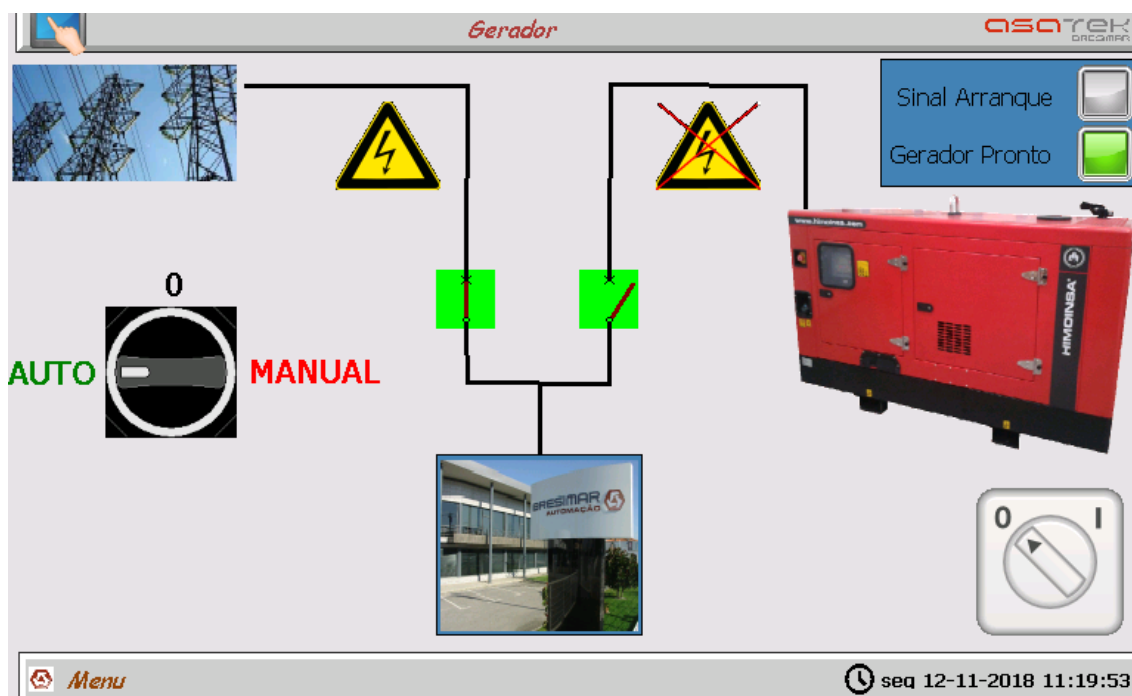


Figura 63 - Menu de monitorização do gerador

A partir de maio de 2018 surgiram falhas de energia no Edifício. Sempre que isto ocorria, o inversor atuava e o gerador era ligado. À entrada do quadro geral encontra-se um disjuntor não diferencial, que se trata de um dispositivo de segurança que dispara sempre que a sua capacidade é ultrapassada, com limite de 50 Amperes. Ele dispara para interromper a corrente elétrica e evitar o sobreaquecimento. O motivo pelo qual o disjuntor cortava a energia elétrica frequentemente era uma sobrecarga no sistema elétrico.

No quadro geral localizado no rés do chão estão instalados três transformadores de corrente monofásicos, denominados de banco trifásico, Figura 64, com uma razão de transformação de 75/5A. Cada um deles corresponde a uma fase do sistema trifásico, fase R, S e T, e são utilizados para medir corrente alternada. Os procedimentos realizados foram medir a corrente em cada uma das fases e verificar se estas estavam equilibradas ou não.



Figura 64 - Transformadores de corrente localizados no QG

A medição das correntes foi feita com recurso a uma pinça amperimétrica da Fluke, modelo 324, e o resultado da medição foi cerca de 40A na fase T, 25A na fase S e cerca de 9A na fase R, logo à partida verificou-se que não havia um equilíbrio nas fases e era necessário fazer o equilíbrio das cargas.

Uma vez que foram introduzidos novos dispositivos na rede elétrica, como carregadores de veículos elétricos, pensou-se que esta pudesse ser a causa para as falhas de energia que estavam a ocorrer no Edifício.

5.2.2 Instalação de um carregador para veículos elétricos

De modo a promover a eficiência energética a empresa Bresimar complementou o seu portefólio com novas unidades de carregamento para viaturas elétricas VersiCharge da Siemens. Esta unidade é compatível com todos os veículos elétricos *plug-in* e o seu cabo que apresenta uma extensão de até 7 metros, permite o carregamento de veículos elétricos com a possibilidade de limitar a potência máxima a disponibilizar ao veículo, ajustando-se desta forma à capacidade da instalação.

Os modelos existentes apresentam potências de 4,6kW até 22kW. O equipamento encontra-se preparado para uma instalação em ambientes internos e externos, com um índice de proteção IP56 (Bresimar, 2016).

Foram instalados dois carregadores elétricos, na fachada frontal do estabelecimento para uso interno de colaboradores e administração. A referência do artigo instalado é 5TT3201-1VR02, Figura 65, cuja tensão de alimentação é de 3x230VAC, a corrente máxima nominal é de 32A e a potência de saída é de 22kW.



Figura 65 - VersiCharge 5TT3201-1VR02 da SIEMENS

O problema que surgiu após a instalação de dois destes carregadores foram os vários cortes de energia que se verificaram na empresa. Uma vez que as cargas nos transformadores estavam desequilibradas, foi avaliado se existia mais algum aparelho ligado à fase T que provocasse uma sobrecarga.

A dúvida sobre a correta instalação destes equipamentos, e a necessidade de monitorizar em tempo real os consumos do Edifício levou a que fosse criada uma interface de visualização que permitisse também detetar qual a origem das falhas de energia no sistema.

5.2.3 Criação de menu de visualização para monitorização de consumos

Toda a instalação da Fração A é controlada através do módulo da Beckhoff CX1010, que se encontra representado no Capítulo 4, Figura 39, considerado o *master* da rede. Ao longo do tempo o menu de visualização da consola do *hall* tem vindo a ser melhorado. A programação incluída na consola é feita com recurso ao *software* TwinCat e a parte gráfica é feita através do iX Developer da Beijer.

O TwinCat pode ser descarregado gratuitamente da página do fabricante²¹, bastando para isso realizar um pequeno registo. Após a instalação do *software* aparece o ícone na barra do Windows de cor azul, o que significa que o sistema foi bem instalado e que o PLC se encontra desligado.

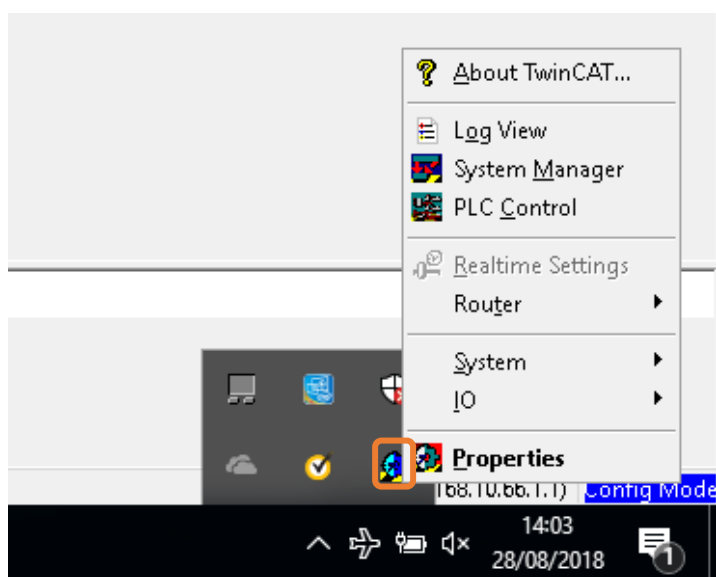


Figura 66 - TwinCat Menu

Ao seleccionarmos o ícone, exposto a laranja, com o botão direito do rato no menu do programa principal do programa é apresentada a Figura 66, e desta forma podemos facilmente optar por qual dos módulos pretendemos usar, existem dois blocos principais. São eles:

²¹ <https://www.beckhoff.com/english.asp?download/tcatdow.htm?id=159876032042844>

- **PLC Control** - O PLC Control é o IDE (*Integrated Development Environment*) propriamente dito de programação da aplicação que vai ser executada pelo PLC.
- **System Manager** - É no System Manager que realizamos a configuração do *hardware* e a ligação entre as variáveis do programa e os I/O do autómato.

É no PLC Control onde é possível escrever o código da aplicação que vai ser executado pelo PLC. Esta componente do *TwinCat* é constituída pelas linguagens de programação descritas na norma IEC 61131-3. Podemos observar na Figura 67 onde ao ser iniciado um novo programa (POU), é possível escolher entre uma das seis linguagens disponíveis, e ainda definir se o que vamos escrever será um programa, uma função, ou uma função bloco. Neste projeto em concreto, a linguagem escolhida foi o ST (*Structured Text*), por se tratar de um programa extenso.

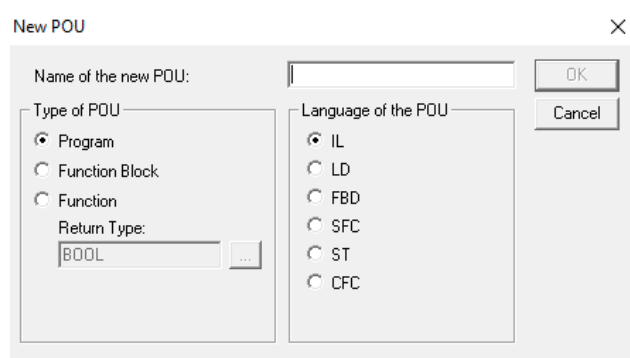


Figura 67 - TwinCat PLC Control - Nova POU

No diagrama da Figura 68, são visíveis os passos principais a executar no TwinCat, com o objetivo de visualizar os valores de energia consumidos por cada uma das fases do sistema. Inicialmente foi necessário definir quais as variáveis globais e locais do programa. De seguida, é visível o bloco ENT_EDF_R (correspondente à fase R do sistema trifásico), onde são mostradas as variáveis de entrada “VAR_INPUT”.

As variáveis de entrada estão ligadas à carta KL3403, que permite a medição de dados elétricos relativos à potência das 3 fases da rede de abastecimento. A tensão é medida através de fios condutores, denominados por fases L1, L2 e L3, onde existe presença de tensão e através do neutro que não possui tensão. As correntes das três fases são referenciadas como R, S e T e o seu valor é medido com recurso aos transformadores da Figura 64.

Terminadas a escrita e depuração do programa, e assim que o mesmo não apresente erros é necessário fazer o *Rebuild* do projeto, para que seja criado um ficheiro do tipo “.tpy” onde estão contidas as variáveis do projeto.

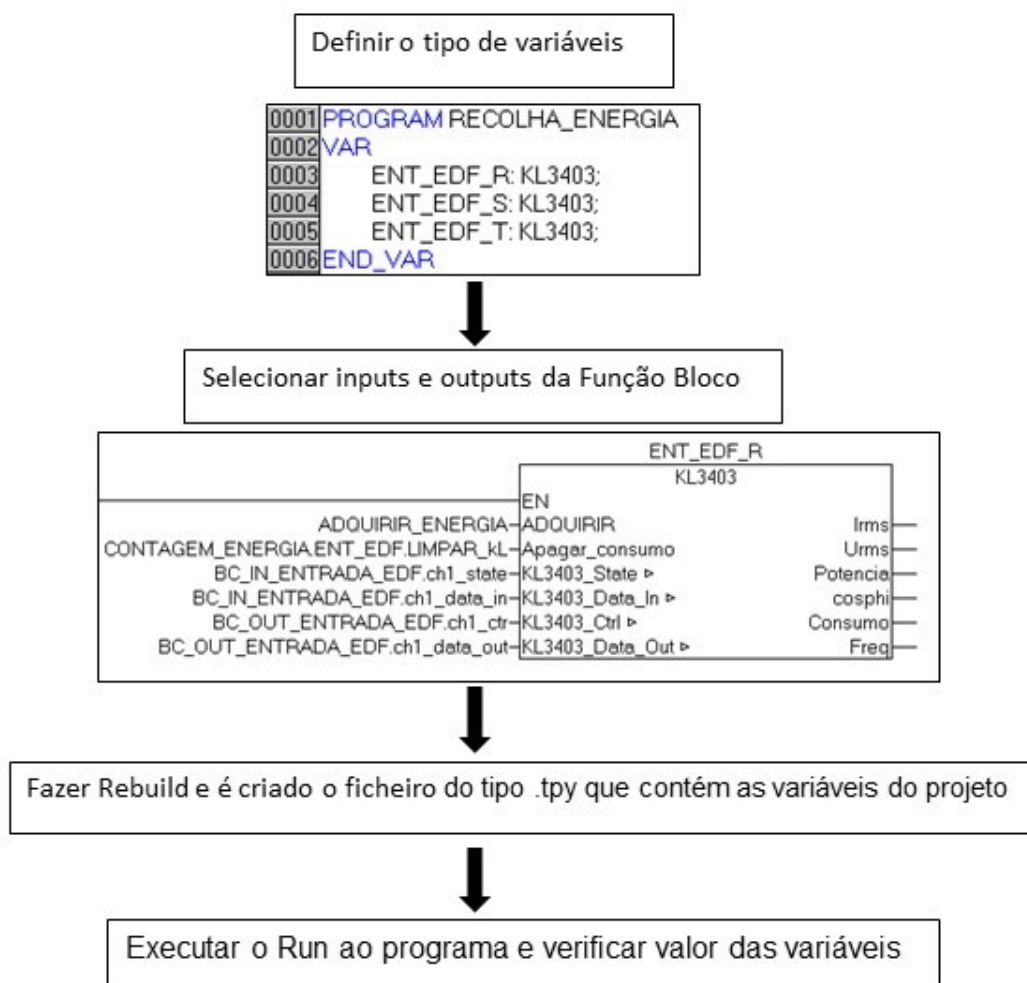


Figura 68 - Passos principais para fazer a aquisição de dados de recolha de energia

No *TwinCat System Manager*, o procedimento seguinte é executar do programa no CX. De seguida é necessário adicionar o PLC da Beckhoff à rede da Bresimar, que tem o *host name* “CX_09F192” e para isso é fazer um “*Broadcast search*” que tem como função localizar dispositivos remotos que já estiveram/estão ligados à rede, visível na Figura 69.

Neste IDE é necessário adicionar à rede o PLC da Beckhoff com o *host name* “CX_09F182” e para isso fazer um “*Broadcast Search*” e adicionar o endereço de IP 192.168.0.201 (IP do CX1000).

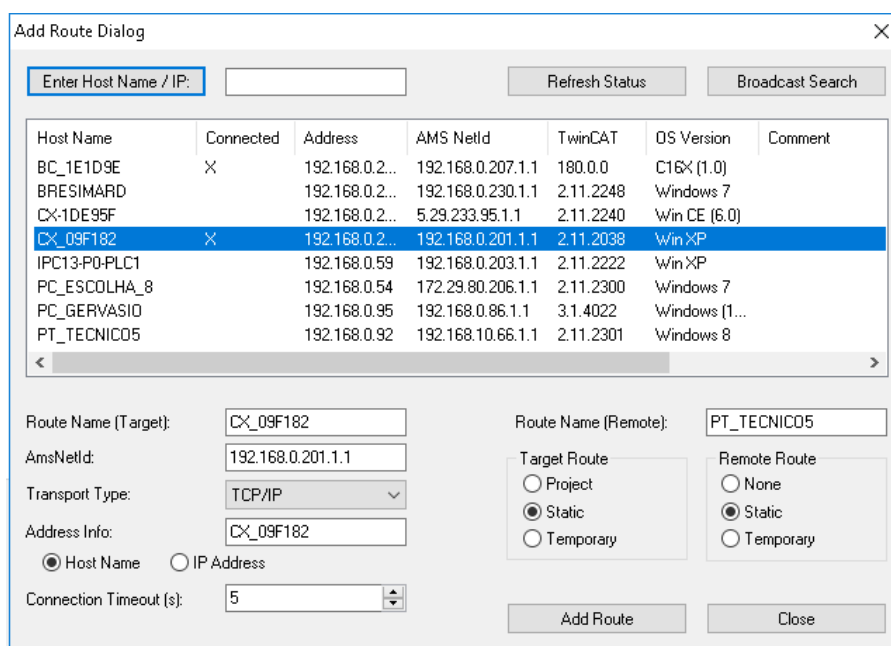


Figura 69 - Dispositivos associados à rede do Edifício

O endereço de IP do CX1010, 192.168.0.201, é selecionado fazendo um clique sobre “Add route”, de seguida ao fazer “Choose Target” deverá aparecer o CX_09F182, Figura 70.

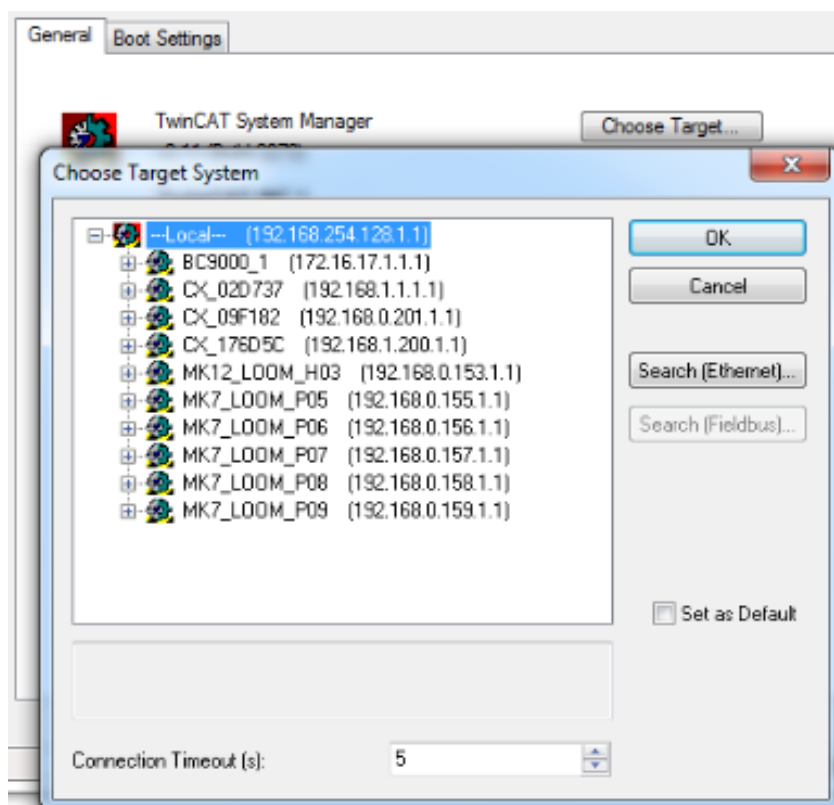


Figura 70 - Inserção do CX na rede

Na ferramenta PLC Control relativo ao CX1010, após efetuar o envio de dados do programa, é possível ler o valor das variáveis em tempo real, Figura 71, na qual se verificam os valores da tensão, corrente, fator de potência, frequência, potência e consumo real.

As correntes e tensões medidas estão disponíveis como valor eficaz. Na versão KL3403, a potência ativa e o consumo de energia para cada fase são calculados. Através do produto da tensão e corrente eficaz por fase e da potência P, informações como a potência aparente, S ou o ângulo de deslocamento *cosphi* podem ser medidos. A carta KL3403 fornece uma análise abrangente de todas estas grandezas.

Linha	Descrição	Valor	Valor
0034	ADQUIRIR_ENERGIA:= TRUE;	ADQUIRIR_ENER... = TRUE	
0035			
0036	(* energia entrada *)		
0037	Energia_Entrada_Edificio.R_Tensao :	Energia_Entrada_... = 233	RECOLHA_ENER... = 233
0038	Energia_Entrada_Edificio.R_Corrente:	Energia_Entrada_... = 19.875	RECOLHA_ENER... = 19.875
0039	Energia_Entrada_Edificio.R_cosphi :=	Energia_Entrada_... = 0.91	RECOLHA_ENER... = 0.91
0040	Energia_Entrada_Edificio.R_Frequenc	Energia_Entrada_... = 50	RECOLHA_ENER... = 50
0041	Energia_Entrada_Edificio.R_Potencia	Energia_Entrada_... = 4215	RECOLHA_ENER... = 4215
0042	Energia_Entrada_Edificio.R_Consumo	Energia_Entrada_... = 1381	RECOLHA_ENER... = 1380.7
0043			
0044	Energia_Entrada_Edificio.S_Tensao :	Energia_Entrada_... = 234.7	RECOLHA_ENER... = 234.7
0045	Energia_Entrada_Edificio.S_Corrente:	Energia_Entrada_... = 14.775	RECOLHA_ENER... = 14.775
0046	Energia_Entrada_Edificio.S_cosphi :=	Energia_Entrada_... = 0.92	RECOLHA_ENER... = 0.92
0047	Energia_Entrada_Edificio.S_Frequenc	Energia_Entrada_... = 50	RECOLHA_ENER... = 50
0048	Energia_Entrada_Edificio.S_Potencia	Energia_Entrada_... = 3293	RECOLHA_ENER... = 3292.5
0049	Energia_Entrada_Edificio.S_Consumo	Energia_Entrada_... = 1439	RECOLHA_ENER... = 1438.75
0050			
0051	Energia_Entrada_Edificio.T_Tensao :	Energia_Entrada_... = 229.8	RECOLHA_ENER... = 229.8
0052	Energia_Entrada_Edificio.T_Corrente:	Energia_Entrada_... = 32.7	RECOLHA_ENER... = 32.7
0053	Energia_Entrada_Edificio.T_cosphi :=	Energia_Entrada_... = 0.95	RECOLHA_ENER... = 0.95
0054	Energia_Entrada_Edificio.T_Frequenc	Energia_Entrada_... = 50	RECOLHA_ENER... = 50
0055	Energia_Entrada_Edificio.T_Potencia	Energia_Entrada_... = 7343	RECOLHA_ENER... = 7342.5
0056	Energia_Entrada_Edificio.T_Consumo	Energia_Entrada_... = 429496...	RECOLHA_ENER... = -999.25
0057			
0058	Energia_Entrada_Edificio.corrente_tot	Energia_Entrada_... = 67.35	Energia_Entrada_... = 19.875

Target: CX_09F182 (192.168.0.201 1 1), Run Time: 1 | Lin.: 1, Col.: 1

Figura 71 - Visualização das variáveis de energia

Para esta fase do projeto a variável importante a ler era a corrente, que se encontra circundada a vermelho. No entanto, a visualização não se tornava simples e objetiva, e para isso decidiu-se acrescentar um menu ao programa da consola que se encontra na entrada do Edifício.

Nas imagens abaixo são ilustrados os passos essenciais para a criação deste novo menu, fazendo a interligação das variáveis do TwinCat ao *software* de programação da consola, iX Developer.

Ao abrir o *software* “iX Developer” aparecem automaticamente as consolas que estão associadas à rede. Neste caso são visíveis os endereços das duas consolas que estão no Edifício, sendo eles o IP da consola do *hall* de entrada (192.168.0.208) e o IP da consola instalada na Sala de Formação (192.168.0.202), Figura 72.

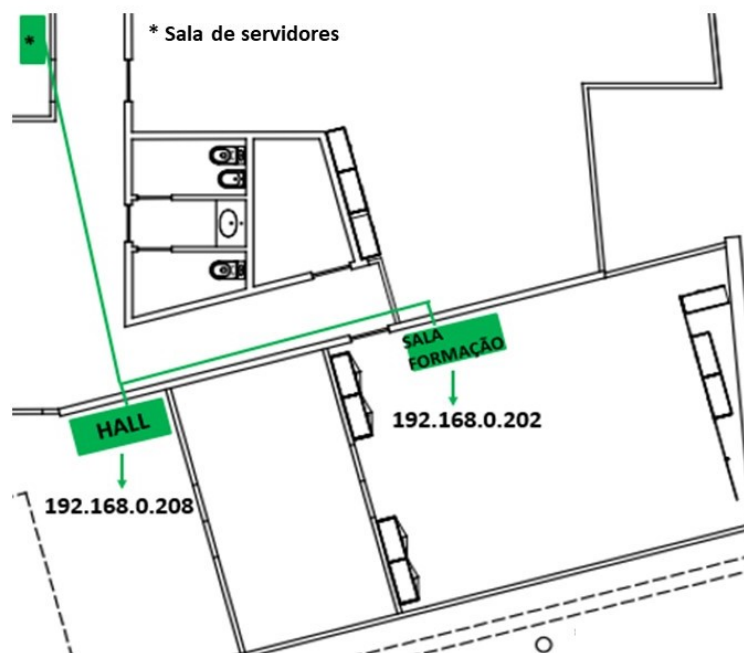


Figura 72 - Localização das consolas no Edifício e respetivos IPs

Ao seleccionar a consola Exter T7F-2 situada no *hall* de entrada, é apresentado todo o programa existente. De seguida, foram criados cinco ecrãs em que em cada um deles representa o consumo no Quadro Geral, Quadro Parcial do rés do chão, Quadro Parcial do Piso 1, AC do rés do chão e AC do 1ºPiso.

De seguida, no separador 'TAGS', o ficheiro '.tpy' que foi criado anteriormente é importado para o iX e todas as variáveis contidas no TwinCat são apresentadas.

Na sequência destas operações é necessário estabelecer a comunicação entre a consola e o CX, para isso no separador *Controllers* → *Settings* é colocado o IP da consola, e no *Controllers* → *Stations* é colocado o IP do CX1000, passos apresentados na Figura 73.

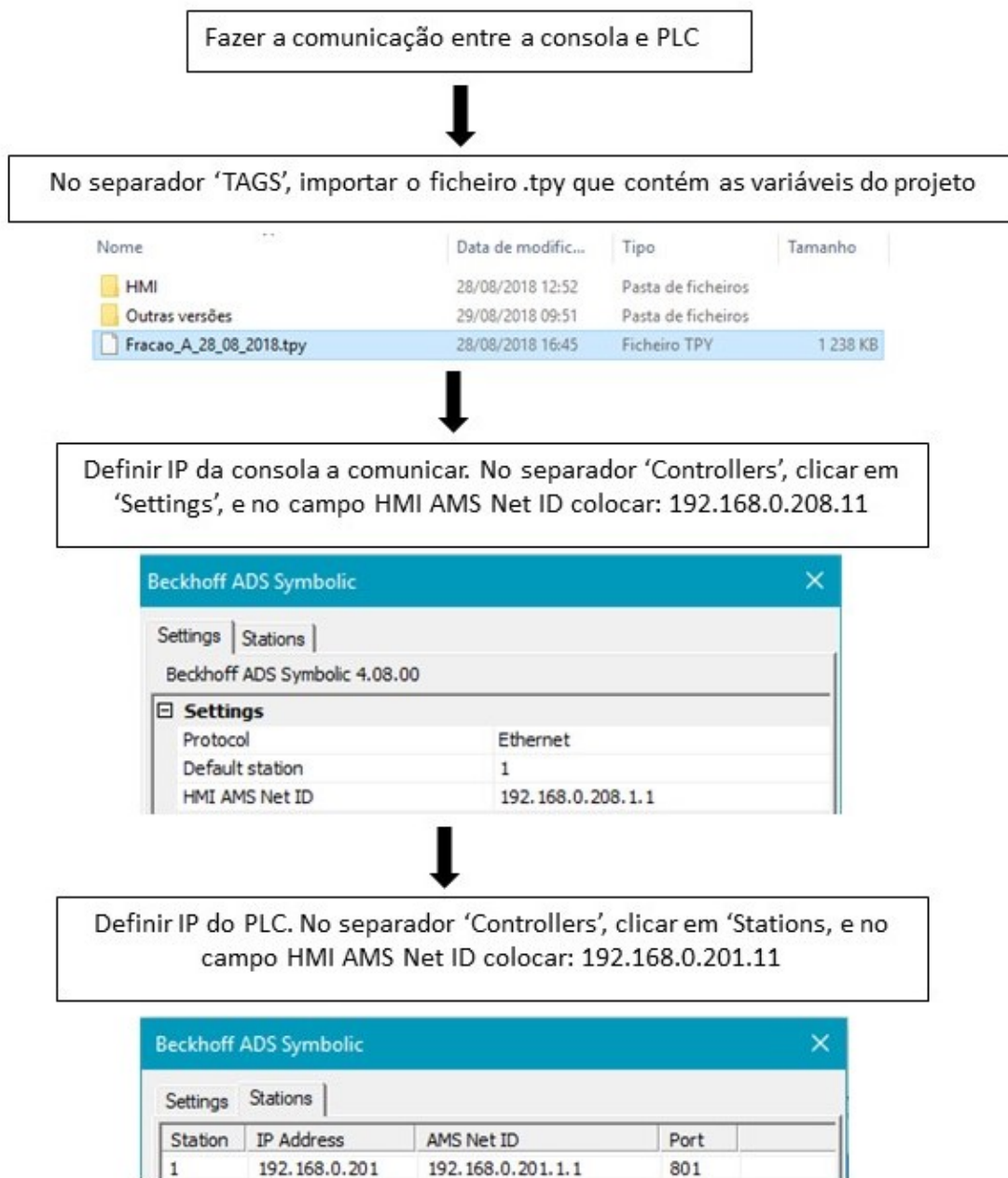


Figura 73 - Principais passos no *software* iX Developer

Seguidamente, fez-se a simulação e exportação do programa para a consola. No menu principal é visualizado o novo botão 'Consumo', Figura 74.



Figura 74 - Menu principal com novo botão

Após fazer clique no botão ‘Consumo’ é aberto o ecrã correspondente ao QG da entrada, nele são visíveis os gráficos correspondentes à corrente consumida por fase.

Após a realização de um teste foi constatado que os dois carregadores estavam ligados à mesma fase, neste caso à fase T, e que esta estava sobrecarregada em relação às outras. Depois disso passou-se um dos carregadores para a fase R, a fim de obter um melhor equilíbrio das cargas por fase.

Na Figura 75 encontra-se o gráfico que relaciona o tempo, escala de 10 minutos, com a corrente consumida em Amperes.

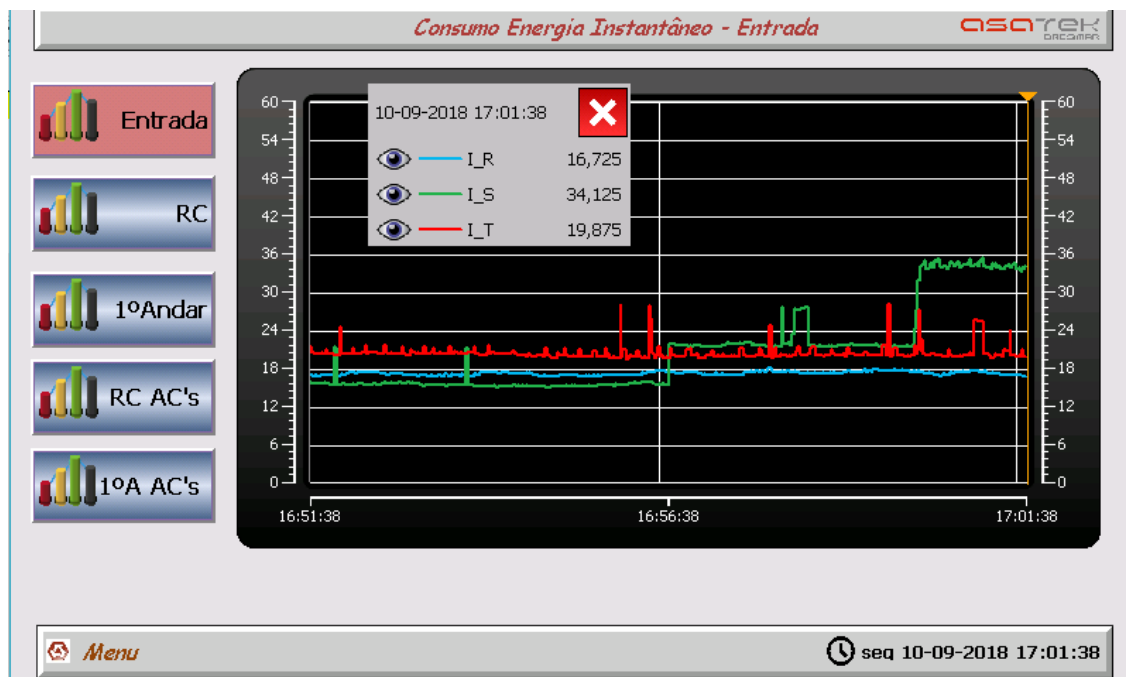


Figura 75 - Consumo instantâneo de energia do Quadro Geral

No dia 10 de Setembro de 2018 pelas 17:01, a fase com maior consumo era a S, uma vez que a ventilação se encontra ligada nesta fase e está temporizada para ser ativada de hora a hora, tal como é indicado no menu de controlo de ventilação que se encontra na Figura 76.

A fase S ficou com o valor aproximado de 34A durante dez minutos, que é o tempo em que a ventilação se encontra ativa.



Figura 76 - Menu de controlo de ventilação

Após várias análises e testes foi possível descobrir quais os equipamentos que estavam ligados a cada fase. Na Tabela 5 abaixo pode visualizar-se essa correspondência.

Tabela 5 - Distribuição de equipamentos por cada fase

FASES	Função / Equipamento
R (Azul)	<ul style="list-style-type: none"> • Carregador elétrico (1) • Estore 2 (Gabinete Diretor Técnico)
S (Verde)	<ul style="list-style-type: none"> • Ventilação automática • AC (Sala Comercial 2) • Estore 1 (Gabinete Diretor Técnico)
T (Vermelho)	<ul style="list-style-type: none"> • Carregador elétrico (2) • Portas automáticas • Impressora multifunções

A criação deste *menu* foi bastante útil porque permite a fácil monitorização dos consumos, sem ter que estar a ligar o *software* TwinCAT 2 ao CX1010. A HMI, neste caso a consola da Beijer, exhibe informações operacionais, como o valor de corrente por fase, em tempo real e dá uma visão do processo que permite o seu controlo e otimização.

5.3 Sistema de controlo de acessos à empresa

Até Fevereiro de 2018, o Edifício C da Figura 45 estava ocupado por uma outra empresa, que mudou de instalações no ano presente.

Tal como referido no Ponto 4.5, os acessos à empresa são feitos com identificação de número telefónico. O portão correspondente à entrada E1 abre automaticamente às 8h00, fecha às 19h30 e durante este período de tempo permanece aberto. O portão da entrada E2, tal como o portão da saída S1 apenas permitem o acesso caso se efetue uma chamada para o sistema de controlo de acessos e se o número telefónico estiver registado na base de dados.

Na base de dados antiga existiam muitos números de pessoas cujo acesso não já não era relevante, por terem deixado de ser colaboradores da empresa, por uma questão de segurança foi necessário remover estas permissões de acesso da base de dados do sistema. Também entraram novos colaboradores na empresa que necessitavam de ter acessos às instalações.

Foi solicitado, via email, a todos os colaboradores, a confirmação da necessidade de terem o seu número telefónico inserido na base de dados, para que desta forma tenham acesso às instalações da empresa fora das horas normais de funcionamento.

Com todos os números registados, o passo seguinte foi inseri-los manualmente no *software* TwinCat. No projeto do Edifício fez-se a divisão em vários programas, de acordo com cada função, como o controlo de iluminação, energia, gerador, entre outros, visível no lado esquerdo da Figura 77. O programa que diz respeito aos acessos foi denominado de “SMS_SEND”.

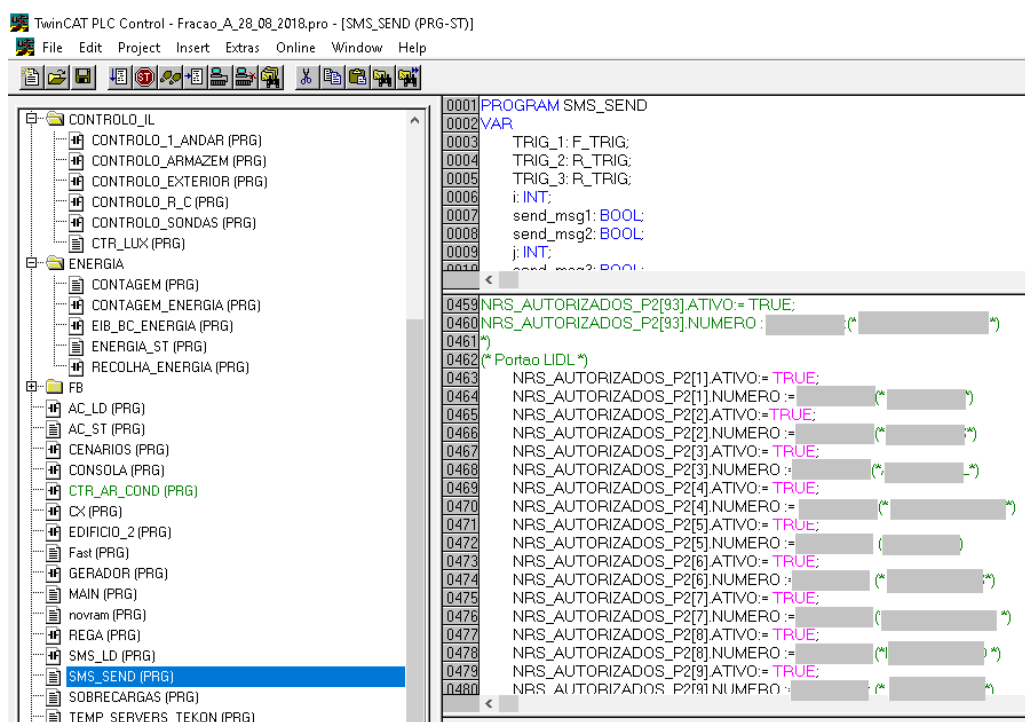


Figura 77 - Janela do TwinCAT correspondente ao programa SMS_SEND

Os portões das entradas E1 e E2 comunicam com o módulo master da Beckhoff CX1000 que está instalado no Edifício A e os portões das saídas S1 e S2 estão a comunicar com o módulo que está instalado no Edifício D.

Como na consola da entrada o objetivo é que fiquem todos os registos pertencentes ao Edifício, foi elaborada uma interface gráfica que mostra todos os números telefónicos que têm acesso, Figura 78, e as respetivas entradas, e nesse ecrã é possível inibir o acesso de determinados números.

Foram criadas duas páginas, uma com as permissões ao portão da E1, entrada principal, e outra com as permissões ao portão da E2.

Na imagem abaixo é visualizado um exemplo da página da HMI, que contém os números autorizados. Por uma questão de confidencialidade não são apresentados os números. No lado inferior esquerdo é possível definir a hora de abertura e fecho automático, que se encontram entre as 8h00 e as 19h30. É ainda possível controlar a abertura do portão em modo manual selecionando a tecla do lado superior esquerdo.

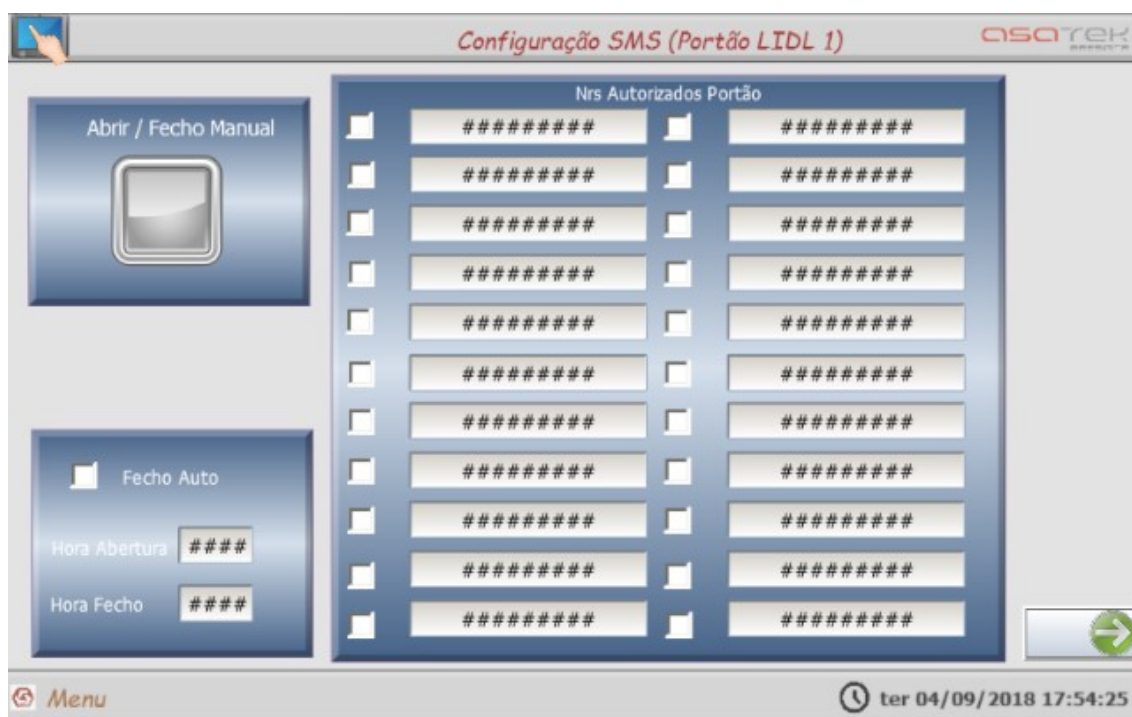


Figura 78 - Menu de acesso à Entrada 1

Como é visível na figura acima, no lado direito existe uma seta que redireciona este ecrã para um outro semelhante para dar seguimento aos números telefónicos associados. Sempre que for necessário introduzir algum contacto na base de dados é necessário inseri-lo no programa “SMS_SEND” onde vai ser criada uma variável do tipo NRS_AUTORIZADOS_P2[90].NUMERO, análogo à Figura 77 com o respetivo número.

No ecrã correspondente à entrada 2, Figura 79, são indicados os números para os quais é enviado um sinal de alarme, que tem como finalidade informar a violação do perímetro ou local protegido da empresa.



Figura 79 - Menu de acesso à Entrada 2

Assim que o for feito o *download* do programa para o CX1010, que está acoplado a uma carta de oito entradas digitais, KL2408, é dada a permissão para abertura dos portões aos números inseridos na base de dados.

6. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Neste capítulo são apresentadas as conclusões sobre o trabalho realizado, assim como algumas considerações sobre o mesmo. São ainda apresentadas sugestões de trabalho futuro.

Concluído o projeto foi efetuada uma reflexão e balanço, não só da parte técnica do trabalho desenvolvido como também sobre as competências pessoais e interpessoais adquiridas.

Os objetivos iniciais propostos neste trabalho foram alcançados na sua maioria. Em particular foi muito importante a realização de pesquisas sobre os sistemas de automação de Edifícios existentes no mercado e chegou-se à conclusão que existe uma forte concorrência entre os vários sistemas tecnológicos.

Durante o decorrer deste trabalho foi otimizado com sucesso o sistema de automação de um edifício empresarial, através de modificações no sistema de iluminação do Edifício, alterações ao sistema de controlo de acessos e desenvolvimento de um sistema de monitorização de energia.

No que diz respeito à iluminação, a rede de dispositivos KNX existente foi reformulada e alargada, existindo agora novas funcionalidades disponíveis no Edifício. Como exemplo, é agora possível monitorizar de forma correta a iluminação do *hall* de entrada e da sala de formação. Foram eliminados vários erros de endereçamento na rede, e corrigida a base de dados do *software* ETS.

Com o objetivo de monitorizar os consumos da empresa, foi criada uma interface gráfica que permite mostrar em tempo real o valor dos consumos energéticos instantâneos em todo o Edifício. Esta interface, criada com o *software* iX Developer, possibilita também realizar a gestão dos consumos, mantendo balanceado o consumo energético por fase no Edifício.

O sistema de controlo de acessos foi atualizado com o *software* TwinCAT. Os números de telefone associados aos acessos foram inseridos numa base de dados da CPU CX1010 instalado na empresa. Este sistema está em funcionamento sem apresentar falhas.

Os algoritmos de monitorização e controlo criados podem ser progressivamente melhorados com a aprendizagem que resulta da utilização continuada dos edifícios durante a atividade normal da empresa.

Os colaboradores da empresa Bresimar auxiliaram na realização das tarefas de melhoria do sistema de automação do Edifício. A inserção numa equipa de trabalho diversa permitiu que o trabalho em grupo e o respeito pelo outro fossem desenvolvidos de uma forma muito enriquecedora. Durante a execução do projeto foi possível colocar em prática e consolidar conhecimentos adquiridos durante o período de formação académica.

Como sugestão de trabalho futuro surgiu a possibilidade de automatizar também os restantes Edifícios da empresa, uma vez que nenhum deles possui ainda sistemas de automação apropriados. Por fim, é também expectável que este projeto em conjunto com novas ideias possam originar novos trabalhos nesta área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDA. (2014). *Sistema de Gestão Energética - Guia Prático*. Aveiro.
- Baraniuk, J. A. (s.d.). Obtido de <http://www.eletrica.ufpr.br/~james/Laboratorio%20V/arquivos/Conceitos%20de%20Iluminacao.pdf>
- Beckhoff. (Março de 2014). TwinCAT Building Automation – engenharia eficiente para todos os sistemas prediais. Brasil. Obtido de http://download.beckhoff.com/download/press/2014/brazilian/pr072014_Beckhoff_br.pdf
- Beckhoff. (2015). *New Automation Technology*. Obtido de Beckhoff: <https://www.beckhoff.com/>
- Breda, A. C. (2017). Manual de acolhimento, Bresimar Automação, S.A. (*Documento interno da Bresimar Automação, S.A.*). Aveiro.
- Bresimar. (2016). Obtido de <https://www.bresimar.pt/pt/>
- Bresimar Automação, S. (s.d.). Gestão técnica de edifícios inteligentes da Bresimar. Revista Robótica nº75. Obtido de https://issuu.com/cie-comunicacao/docs/robotica75_63
- Casa 3 - Arquitectura*. (2014). Obtido de <http://casa3.com.br/como-criar-uma-sala-de-reuniao-bonita-e-confortavel/>
- Castro, K. P. (2012). *Domótica - Desenvolvimento de uma solução integradora*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Catarino, R. M. (2016). Responsabilidade social das empresas. Lisboa.
- Contimetra. (2017). Sistema LON (Conceitos). Carnaxide.
- Couras, I. M. (2011). *Gestão Técnica de Edifícios*. Porto.
- Coutinho, M. S. (2009). *Avaliação das Condições de Iluminação Natural através de Simulação em Modelos Virtuais*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Cruz, R. E. (2016). *Desenvolvimento de uma interface gráfica com comandos de voz integrados para edifícios inteligentes*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Descrição da aplicação KNX*. (s.d.). Obtido de [file:///C:/Users/Sony/Downloads/801411XX-801421XX__MODULO-DE-BOTAO-DE-PRESSAO-ACOPLADOR-BUS-INTEGRADO__PT__2015-08__SYSTEMLINK__APP-DESCRIPTION%20\(2\).PDF](file:///C:/Users/Sony/Downloads/801411XX-801421XX__MODULO-DE-BOTAO-DE-PRESSAO-ACOPLADOR-BUS-INTEGRADO__PT__2015-08__SYSTEMLINK__APP-DESCRIPTION%20(2).PDF)
- Dias, C. P. (Abril/Junho de 2017). O electricista - Revista técnico-profissional. pp. 64-66.

- Domingues, G. d. (2014). *Monitorização de Consumos Energéticos em Edifícios: um estudo de caso na Schneider Electric*. Lisboa.
- Electronics, T. (2018). Obtido de https://www.tekonelectronics.com/en/product/European_Installation_Bus. (s.d.). Obtido de https://pt.wikipedia.org/wiki/European_Installation_Bus#Dispositivos
- Ferreira, L. F. (2012). *Identificação e Caracterização dos Principais Fatores que Afetam os Parâmetros que Caracterizam a Qualidade do Ambiente Interior dos Edifícios*. Braga.
- Ferreira, M. J. (2004). *Caudais de Ventilação Recomendados para Edifícios Residenciais*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Gaspar, H. E. (2016). *Melhoria da eficiência energética de edifícios existentes – Análise técnico-económica*. Coimbra: ISEC - Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. Obtido de <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/18284/10/Hugo-Eduardo-Gabriel-Gaspar.pdf>
- Horta, J. C. (2016). *Projeto de Instalações elétricas: Comparação entre a solução convencional e uma solução baseada no sistema KNX*. Coimbra: Universidade de Coimbra.
- ISO. (2002). ISO 8995 - Principles of visual ergonomics - The lighting of indoor work systems. Brussels.
- ISO. (2007). EN 15251 - Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. Brussels.
- Marcu, A. (s.d.). *Sistema de automatização de casas*. Obtido de <https://deconf.ro/sisteme-de-automatizari-casa/>
- Monteiro, J. V. (2004). *Montagem de um sistema didático utilizando a tecnologia Instabus/EIB da Siemens*. Porto: Faculdade de Engenharia do Porto.
- Mourinho, J. M. (2014). *Projeto de Instalações Elétricas: Estudo comparativo entre uma solução tradicional com uma solução energeticamente eficiente*. Porto. Obtido de https://paginas.fe.up.pt/~ee07295/docs/dissertacao_josemourinho_070503295_vprovisoria.pdf
- PT, E. (s.d.). *Casa inteligente - Home automation*. Obtido de <https://www.electronica-pt.com/domotica/x10>
- Ramos, C. D., Dias, C., Paixão, E., Cano, M., & Proença, M. (s.d.). *Qualidade do Ar Interior em Edifícios de Escritórios e Serviços*.
- Sacramento, P. N. (2015). *Conceção/Desenvolvimento de aplicações de domótica*. Coimbra. Obtido de <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/11740/1/Pedro-Sacramento.pdf>

- Senior. (11 de Setembro de 2018). *Senior Blog*. Obtido de <https://www.senior.com.br/blog/como-funciona-um-sistema-de-controle-de-acesso/>
- Serzedo, N. -N. (s.d.). *Sistemas de engenharia e tecnologia de edifícios*. Obtido de http://sete.pt/imgs/estudo_brochura_sete_v4.pdf
- Siemens. (27 de Junho de 2011). *Siemens lança novo sistema de controlo remoto por infravermelhos KNX*. Obtido de https://w5.siemens.com/portugal/web_nwa/pt/portalinternet/negocios/bt/noticias/pages/siemens_lanca_novo_sistema_de_controlo_remoto_por_infarvermelhos.aspx
- Silva, E. W. (2015). *Implementação de um Sistema de Gestão de Energia no DEC*. Coimbra.
- Silva, J. P. (2007). *Aplicação de Interface Com Sistema Domótico EIB*. Lisboa. Obtido de https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137463449/50254_Dissertacao.pdf
- Silva, R. F. (2017). *Um Controlador Programável Baseado em CoDeSys*. Coimbra: ISEC-IPC.
- Simões, H., & Talaia, M. (2009). Índices PMV e PPD na definição de “performance” de um ambiente. Aveiro. Obtido de https://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Congressos/Apresentacoes_ICI_VENR/28-Helena_Simoes_Indices_PMV_e_PPD
- Sousa, L. A. (2012). *Sistema modular de comunicação e controlo de dispositivos sensores/atuadores: Um ensaio na NextToYou - Network Solutions, Lda*. Porto.
- Systems, S. -B. (2006/2007). *LON - For Intelligent Buildings*. Obtido de http://www.lon-catalog.ru/catalog_doc/6863.pdf
- Teixeira, W. (s.d.). *O que é DALI?* Obtido de http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed21/ed_21_Aula.pdf
- TekOn Electronics. (2016). Sondas de temperatura e de nível. Aveiro. Obtido de <https://www.bresimar.pt/download.php?fd=63&key=35b06e8b04f6f765a030cfdfe69b5aac>
- Ussaque escritórios. (31 de Janeiro de 2017). *Inversor automático para redes elétricas*. Obtido de LinkedIn: <https://www.linkedin.com/pulse/ussaque-escritorios-tem-inversor-de-redes-el%C3%A9ctricas-escrit%C3%B3rios/?originalSubdomain=pt>
- Wikipédia. (Março de 2013). *Wikipédia*. Obtido de CEBus: <https://pt.wikipedia.org/wiki/CEBus>
- Wyszecki, G. (2000). *Ciência das Cores: Conceitos e Métodos, Dados Quantitativos e Fórmulas*.
- Zão, J. M. (Julho de 2016). Módulo 'O meu Mordomo' para Aplicações móveis e Domótica. Porto. Obtido de https://paginas.fe.up.pt/~ee08022/TESE/lib/exe/fetch.php?media=relatorio_pdi.pdf

ANEXOS

Anexo I – Formações frequentadas durante o projeto

Anexo I – Formações frequentadas durante o projeto

A Bresimar Automação desenvolve ações de formação direcionadas para o desenvolvimento do conhecimento quer para produtos, quer para as aplicações de sistemas, que ajudam e contribuem para a envolvimento com o mercado industrial. Neste caso foram relevantes as formações em TwinCat e iX Developer, cujos logotipos são apresentados na Figura 80.



Figura 80 - Softwares TwinCat e iX Developer

TwinCat – Nível I e II

No decorrer deste projeto foi ministrada a formação de TwinCat, *software* de programação da Beckhoff, pelo Eng. Jorge Andril, diretor da ASATEK, com a duração de 32 horas.

O objetivo, no Nível I, foi garantir que o formando fosse capaz de executar programas, e usar as instruções standard em pelo menos 3 tipos de linguagens (IL-*Instruction List*, Ladder e ST-*Structured Text*).

O programa da formação passou por:

- Apresentação do *hardware* Beckhoff, *embedded* PC (CX1000, CX9000), *Bus* Coupler (BX e BC) e *Bus* Terminal (KL com entradas/saídas digitais e analógicas);
- Apresentação do *software*, editor de programas ‘TwinCat PLC’ e o configurador do sistema ‘*System Manager*’;
- Introdução à programação, nos diversos tipos de edição (IL, ST, LD, FBD e SFC) e os tipos de dados e variáveis.

No final, foram executados exercícios práticos, como o arranque direto de um motor e arranque estrela-triângulo de um motor trifásico.

No Nível II, o programa foi o seguinte:

- Apresentação do *hardware* e a sua configuração, módulos de comunicação (KL6xxx) e módulos de entradas e saídas (KL1xxx, KL2xxx, KL3xxx e KL4xxx);
- Exposição de novos tipos de dados, vetores, ‘estruturas’, ‘alias’, construção de *Program Organization Unit* (POU), Funções (FUN) e Funções bloco (FB).

No final da formação foram realizados exercícios práticos com as funções mencionadas acima.

iX Developer- Nível Básico e Avançado

O *software* iX Developer 2.40 da Beijer é usado para configurar painéis iX e aplicações de controlo via PC. Este facilita a criação de interfaces homem-máquina lógicas e flexíveis, que fornecem as informações para os operadores e outros sistemas.

A formação foi composta pelo nível básico e avançado, e foi orientada pelo Eng. Rui Álvares que é responsável por sistemas de automação no Departamento de Engenharia, ASATEK. Esta formação teve a duração de 16 horas.

No primeiro nível o objetivo foi capacitar o formando para executar pequenas aplicações de interface gráfico e identificar os diversos componentes que a aplicação disponibiliza.

O programa desta formação passou por:

- Apresentação dos vários painéis de operação HMI da Beijer, modelos X2 Base e X2 Pro;
- Demonstração do iX Developer, disposição e descrição de ferramentas, e organização do projeto;
- Demonstração do *software* de ‘run-time’, apresentação do motor gráfico e funcionalidades conhecidas das HMI.

Por fim, realizou-se um projeto funcional para consolidar os conhecimentos adquiridos dos formandos e esclarecer dúvidas existentes.

No nível avançado, o programa passou pela apresentação das seguintes funcionalidades:

- Data Exchange, permite troca de dados entre controladores de marcas diferentes;
- Index Register, é possível selecionar durante a execução do programa, de qual variável (endereço) do PLC é possível apresentar o valor;
- Audit trail, função que possibilita acompanhar ações do operador;
- Variáveis do sistema, permite controlar ou visualizar informação do sistema operativo da consola.

Tal como nas restantes formações, no final foi realizada a construção de um programa para aplicação das funcionalidades acima apresentadas.