



isec
Engenharia

MESTRADO EM ENGENHARIA
ELETROMECAÂNICA

DEFINITIVO

**Projeto e Execução do Sistema de
Gestão Técnica Centralizada de um
Edifício Escolar – Estágio na
Projedomus, Projectos e Instalações
Eléctricas Inteligentes Lda**

Autor

André Filipe Gomes Fernandes Costa

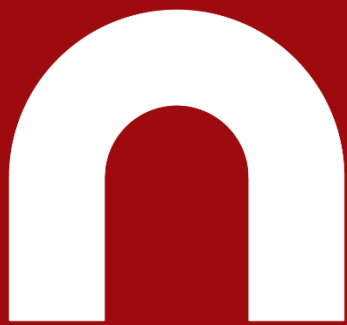
Orientador

Professor António Manuel Almeida

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, dezembro de 2021



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
ELETROMECAÂNICA

Projeto e Execução do Sistema de Gestão Técnica Centralizada de um Edifício Escolar – Estágio na Projedomus, Projectos e Instalações Eléctricas Inteligentes

Relatório de Estágio de Natureza Profissional para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Eletromecânica

Especialização em Instalações e Equipamentos em Edifícios

Autor

André Filipe Gomes Fernandes Costa

Orientador

Professor António Manuel Almeida

Supervisor na empresa Projedomus Lda

Eng.º Daniel Palhares Afonso

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, dezembro de 2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeira instância à minha família porque sem a força, motivação e apoio que me deram em todos os momentos não teria sido possível chegar ao final desta etapa tão importante do meu percurso académico e início do percurso profissional.

A toda a equipa da empresa Projedomus que sempre me auxiliou e proporcionou todas as condições necessárias para o decorrer do estágio curricular, em especial aos Engenheiros Daniel Afonso, Rui Nunes e Artur Figueiredo pela oportunidade que me confiaram.

Ao meu orientador do estágio curricular na pessoa do Professor António Manuel Almeida que sempre que necessário deu a sua total disponibilidade para me auxiliar desde o planeamento do estágio à elaboração do presente relatório.

A toda a equipa docente e não docente do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra por terem estado presentes durante o meu percurso académico.

Por último, mas não menos importante, um agradecimento a todos os meus amigos que conheci antes e durante a vida académica.

RESUMO

Este relatório descreve aquilo que foi o trabalho realizado durante o estágio curricular do Mestrado em Engenharia Eletromecânica, na especialização em Instalações e Equipamentos em Edifícios, do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra e realizado na empresa Projedomus, Lda entre 7 de janeiro de 2019 e 5 de julho de 2019.

Inicialmente os trabalhos basearam-se mais na pesquisa e consolidação de alguns conhecimentos teóricos essenciais para o decorrer do estágio curricular. Dessa pesquisa e consolidação fizeram parte alguns temas, como por exemplo, os protocolos de comunicação mais utilizados atualmente em sistemas de automação e gestão em edifícios como o KNX, Modbus e Bacnet mas também a humanização de plantas e a criação de visualizações em Sistemas de Gestão Técnica Centralizada (SGTC).

Numa fase posterior deu-se início ao trabalho mais prático com o início da execução do projeto de um Sistema de Gestão Técnica Centralizada de um edifício escolar no qual é necessário parametrizar, programar e testar diversos equipamentos de forma a que se atinjam todos os objetivos do sistema. Para isso é necessário integrar no sistema equipamentos que comunicam e diferentes protocolos de comunicação de forma a que todos consigam comunicar entre si conforme necessário e assim se atingir um sistema global.

Posteriormente a toda a parte de parametrização e programação, que foi efetuada em ambiente de escritório através dos *softwares* necessários, foram necessárias várias deslocações à obra do edifício em causa de forma a serem efetuados todos os testes e ensaios necessários à colocação em serviço do SGTC.

Após a colocação em serviço efetuou-se a entrega da obra e procedeu-se a uma formação, na ótica do utilizador, aos utilizadores responsáveis pelo SGTC e elaborou-se um manual com a descrição das funcionalidades principais que lhes foi entregue.

Palavras-Chave: Sistema de Gestão Técnica Centralizada, Domótica, KNX, Modbus, Bacnet

ABSTRACT

This report describes what was done during the curricular internship of the Master in Electromechanical Engineering, Buildings Installations and Equipment specialization, of Coimbra Institute of Engineering and carried out in the company Projedomus, Lda between January 7, 2019 and 5 July 2019.

Initially the work was more based on research and consolidation of some theoretical knowledge essential for the course of the following stages of the curricular internship. This research and consolidation included some themes, for example, the today most used communication protocols in automation and building management systems in such as KNX, Modbus and Bacnet, but also the humanization of plants and the creation of visualizations in Building Management Systems (BMS).

At a later stage, more practical work was started with the execution of the project for a Building Management Systems for a school building in which it was necessary to parameterize, program and test various equipment in order to achieve all the objectives of the system. For this it was necessary to integrate into the system, communicating equipment and different communication protocols so that everyone can communicate with each other as needed and thus achieve a global system.

Subsequently to all parameterization and programming, which was carried out in an office environment using the necessary software, several trips to the building in question were necessary in order to carry out all the tests and trials necessary for putting the BMS into service.

After commissioning, the work was delivered and training was carried out, from the user's perspective, to the responsible users of the BMS and a manual was prepared with a description of the main functionalities and delivered to them.

Keywords: Building Manegement System, Home Automation, KNX, Modbus, Bacnet

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO.....	ii
ABSTRACT	iii
ÍNDICE	1
ÍNDICE DE FIGURAS	3
ÍNDICE DE QUADROS	6
SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS.....	7
1. INTRODUÇÃO	8
1.1. Enquadramento.....	8
1.2. Planeamento.....	8
2. A EMPRESA PROJEDOMUS	9
3. GESTÃO TÉCNICA CENTRALIZADA.....	10
3.1. Legislação	10
3.2. Humanização de plantas (Peças desenhadas)	11
3.3. Protocolo KNX.....	12
3.3.1. Características	13
3.3.2. Meios de comunicação	13
3.3.3. Topologia da rede	14
3.3.4. Endereço físico/individual	17
3.3.5. Objetos de grupo	18
3.3.6. Endereços de grupo.....	19
3.3.7. Telegramas KNX.....	20
3.3.8. <i>Software</i> de programação ETS.....	21
3.4. Protocolo DALI	23
3.5. Protocolo Modbus	25
3.6. Protocolo BACnet.....	28
4. SGTC – EDIFÍCIO ESCOLAR.....	30
4.1. Estudo do projeto	30
4.2. Humanização de plantas para visualização	32

4.3. Execução do sistema KNX.....	32
4.3.1. Controlo de iluminação	37
4.3.2. Chamadas das instalações sanitárias para deficientes	40
4.3.3. Chamadas de sala.....	42
4.3.4. Campainhas e relógios	42
4.3.5. Consumos de água e gás	43
4.3.6. Ventiladores de extração de ar, central térmica e registos corta-fogo	43
4.3.7. Central de Detecção de Incêndio (CDI)	46
4.3.8. Central de Detecção de Intrusão e Roubo (CDIR).....	47
4.4. Sistema de climatização por ventiloconvectores.....	48
4.5. Unidades de Tratamento de Ar (UTA).....	50
4.6. Monitorização e análise de energia elétrica	53
4.7. Iluminação de emergência.....	56
4.8. Servidor/Gateway Multiprotocolo	58
4.9. Servidor Central (<i>Automation Server</i>)	59
4.9.1. Visualização.....	60
4.10. Testes e ensaios.....	61
4.11. Entrega da obra	61
CONCLUSÃO.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXOS	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fases do planeamento do estágio	9
Figura 2 - Slogan e logótipo da Projedomus.....	10
Figura 3 - Planta não humanizada (Fyr Studio, 2020)	11
Figura 4 - Planta Humanizada (Fyr Studio, 2020)	12
Figura 5 - Diferença entre sistema centralizado e sistema descentralizado	13
Figura 6 - Cabo de bus KNX.....	14
Figura 7 - Topologias de rede KNX TP (Pinto, 2019)	14
Figura 8 - Topologia de uma instalação KNX TP (Pinto, 2019)	15
Figura 9 - Pormenor de ligação entre bornes KNX (Philips, 2012)	16
Figura 10 - Endereços físicos KNX (Santos E. D., 2010)	17
Figura 11 - Estrutura, em numeração binária, de um endereço físico KNX (da Silva, 2016)	18
Figura 12 - Exemplos de objetos de grupo KNX.....	18
Figura 13 - Níveis de endereços de grupo (Pimparel, 2017)	19
Figura 14 - Exemplo de objetos de grupo e endereços de grupo (da Silva, 2016) ...	20
Figura 15 - Estrutura de um telegrama KNX.....	21
Figura 16 - Janela inicial de um projeto novo no software ETS.....	22
Figura 17 - Exemplo de um sistema de controlo de iluminação DALI (Digital Illumination Alliance, 2020).....	24
Figura 18 - Configuração do cabo mais utilizado no DALI.....	24
Figura 19 - Exemplo de integração KNX/DALI (Ivory Egg, 2020)	25
Figura 20 - Comunicação master-slave em Modbus (Control Global, 2020)	25
Figura 21 - Exemplo de arquitetura de um sistema de comunicação Modbus (Control Global, 2020).....	26
Figura 22 - Exemplo de tipologia Daisy Chain (Every Control Solutions, 2018)	27
Figura 23 - Diagrama de comunicações SGTC Aparthotel.....	29
Figura 24 - Diagrama de comunicações do SGTC	31
Figura 25 - Humanização 2D de planta do edifício escolar	32
Figura 26 - Exemplo de atribuição de endereços físicos nos desenhos de traçado .	33
Figura 27 - Exemplo de atribuição de endereços físicos nos esquemas unifilares dos quadros elétricos	34
Figura 28 - Exemplo parcial da topologia criada no ETS.....	35
Figura 29 - Objetos de grupo de um atuador de 4 canais	35
Figura 30 - Exemplo de endereços de grupo criados	36
Figura 31 - Associação de endereços de grupo a objetos de grupo em interface de entradas binárias de 4 canais ligada a um botão de pressão de 4 teclas	36
Figura 32 – Associação de endereços de grupo a objetos de grupo de detetor de presença.....	37
Figura 35 - Detetor de presença da Schneider, ref. MTN630919	38

Figura 34 - Interface de 4 entradas binárias para botão de pressão da Schneider, ref. MTN670804.....	38
Figura 33 - Gateway KNX/DAL broadcast de 6 canais da Zennio, ref. ZIO-DLB6I...	38
Figura 36 - Botão de pressão com 4 funções da EFAPEL, ref. 21164	39
Figura 37 - Pormenor de projeto do controlo de iluminação de uma sala	39
Figura 38 - Esquema de ligações botão de pressão - Interface KNX.....	40
Figura 39 - Interface de 2 entradas binárias para botão de pressão da Schneider, ref. MTN670802.....	41
Figura 40 – Pormenor de projeto do sistema de chamadas das I.S. para deficientes	41
Figura 41 - Relógio KNX de duas faces com suporte de parede/teto da Theben, ref 5009250	42
Figura 42 - Leitor de impulsos para contadores de energia elétrica, água e gás da Zennio,	43
Figura 43 - Siemens Synco 700	44
Figura 44 - Módulo misto KNX da Siemens, ref. 5WG1 502-1AB02.....	44
Figura 45 - Módulo KNX de entradas binárias da Siemens, ref. 5WG1 262-1EB01.....	45
Figura 46 - Sensor de temperatura e humidade da Elsner, ref. TH65-AP	46
Figura 47 - Associação de endereços de grupo dos estados da CDI.....	46
Figura 48 - Associação de endereços de grupo dos estados da CDIR	47
Figura 49 - Módulo KNX misto com 2 saídas e 4 entrada da Zennio, ref. ZIOIB24V2	47
Figura 50 - Termostato para ventiloconvetor da Schneider, ref. TC303-3A4DLMS.....	48
Figura 51 - Esquema de ligações elétricas VC - Termostato	49
Figura 52 – Comparação de I/O da gama de controladores MP-C da Schneider (Schneider Electric, 2021)	50
Figura 53 – Configuração por tipo de entrada/saída dos módulos MP-C (Schneider Electric, 2021)	51
Figura 54 - Controlador MP-C24A da Schneider	51
Figura 55 - Parte do esquema de ligações entre o controlador MP-C e os pontos da UTA	52
Figura 56 - Bloco de função PID de controlo da válvula da bateria de aquecimento de uma UTA	53
Figura 57 - Contador de energia elétrica da Schneider, ref. A9MEM3255	54
Figura 58 - Analisador de energia elétrica da Schneider, ref. METSEPM5110	54
Figura 59 - Servidor de energia da Schneider, ref. EBX510.....	55
Figura 60 - Exemplo de um conjunto de dados registado no servidor de energia	56
Figura 61 - Equipamento de controlo do sistema Exiway DiCube da Schneider, ref. OVA53167.....	57
Figura 62 - Luminária de emergência Exiway Smartled Dicube da Schneider	58
Figura 63 - Servidor/Gateway Multiprotocolo da Schneider, ref. LSS100200.....	59
Figura 64 - Automation Server SmartX Controller AS-P da Schneider, ref. SXWASPXXX10001.....	59

Figura 65 - Exemplo do tipo de painel/computador utilizado como HMI	60
--	-----------

ÍNDICE DE QUADROS

Tabela 1 - Distâncias máximas admissíveis numa instalação KNX TP (Siemens, 2008)	16
Tabela 2 - Subsistemas a integrar no SGTC	30

SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

AQS	Águas Quentes Sanitárias
ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i>
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BACnet	<i>Building Automation Control Networks</i>
DALI	<i>Digital Addressable Lighting Interface</i>
EHS	<i>European Home Systems</i>
EIB	<i>European Installation Bus</i>
ETS	<i>Engineering Tools Software</i>
HMI	<i>Human Machine Interface</i>
RTU	<i>Remote Terminal Unit</i>
SELV	<i>Security Extra Low Voltage</i>
SGTC	Sistema de Gestão Técnica Centralizada
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TP	<i>Twisted Pair</i>
UTA	Unidade de Tratamento de Ar

1. INTRODUÇÃO

O mundo em que vivemos exige cada vez mais a procura e implementação de soluções tecnológicas que nos permitam aliar o nosso conforto à gestão otimizada e racional da energia e dos recursos, de forma geral. É com esse horizonte que os sistemas de automação e gestão estão a ser cada vez mais implementados nos mais diversos tipos de edifícios chegando mesmo a serem obrigatórios por imposição legal em determinados casos. Assim é notória a importância deste tipo de sistemas no que toca à conciliação do conforto com a gestão e a eficiência energética em edifícios.

1.1. Enquadramento

No âmbito da Unidade Curricular de Estágio/Projeto/Dissertação inserida no plano curricular do Mestrado em Engenharia Eletromecânica - Especialização em Instalações e Equipamentos em Edifícios, tomei a opção por realizar um estágio curricular de forma a iniciar desde logo uma integração com o mercado de trabalho. Foi aí que surgiu a Projedomus, nas pessoas dos Engenheiros Daniel Afonso, Rui Nunes e Artur Figueiredo, que se mostraram desde o nosso primeiro contacto disponíveis para me acolher na realização do estágio curricular.

Cada vez mais a tecnologia está inserida em todas as áreas do nosso cotidiano e os edifícios, seja em novas construções ou em requalificação de edifícios já existentes, não são exceção. Nesse sentido e no seguimento do meu gosto pessoal por este “mundo” decidi avançar para a realização do estágio curricular na Projedomus.

Desse modo, o estágio curricular decorreu entre 7 de janeiro de 2019 e 5 de Julho de 2019 durante os dias úteis e com o horário das 9h às 18h com pausa para almoço entre as 13h e as 14h.

1.2. Planeamento

Na fase inicial do estágio curricular houve necessidade de se elaborar um planeamento daquilo que seria a linha temporal das diversas fases do decorrer do estágio curricular. Assim sendo, traçou-se o plano representado na **Figura 1** que é composto por 5 fases e que objetivamente seriam a base de todos os trabalhos a desenvolver.

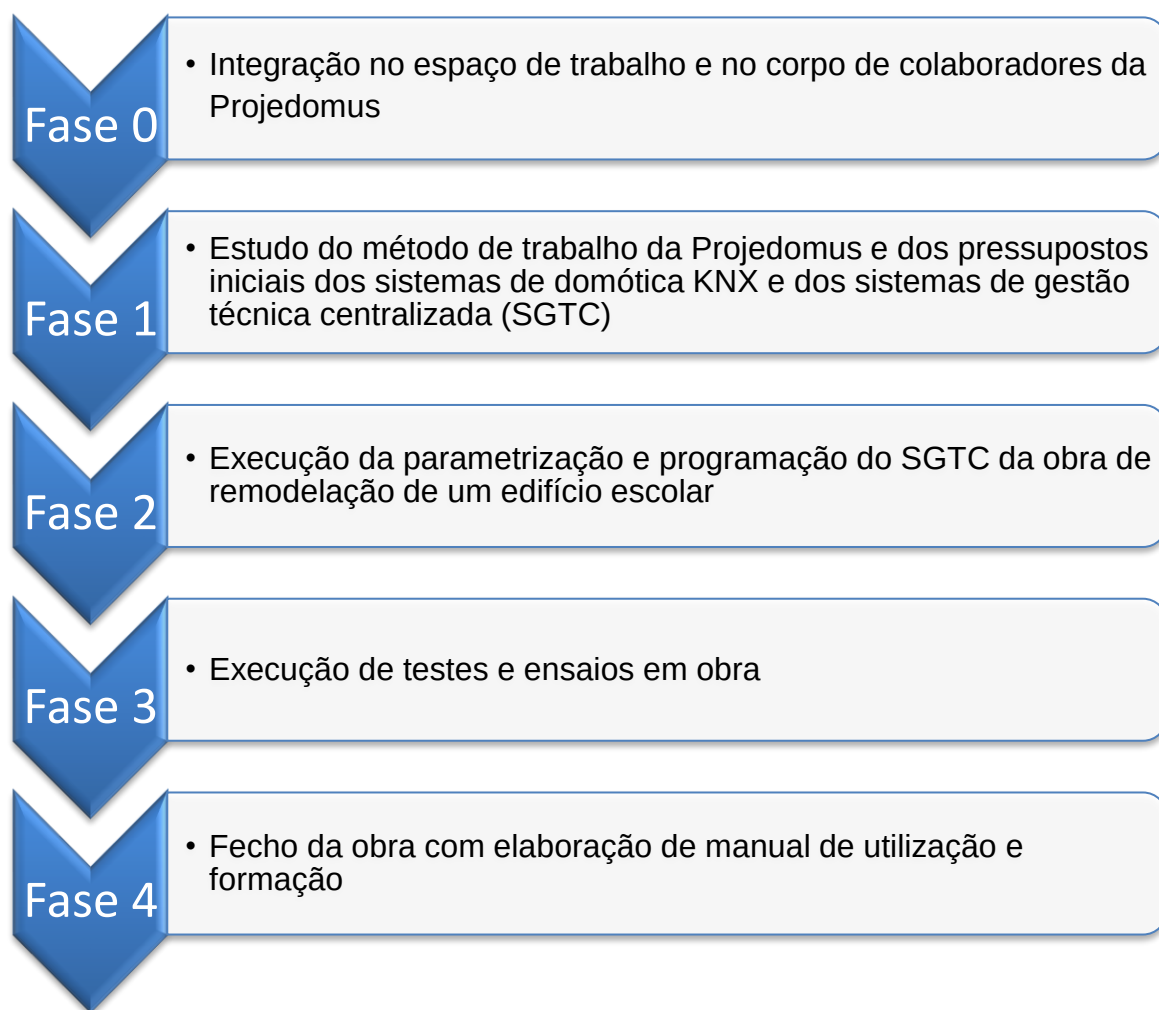


Figura 1 - Fases do planeamento do estágio

2. A EMPRESA PROJEDOMUS

A Projedomus – Projetos e Instalações Elétricas Inteligentes, Lda com sede em Av. Elísio de Moura, 443 – Loja 1, 3030-183 Coimbra é uma empresa cuja área de negócio se divide essencialmente em duas grandes áreas, nomeadamente a área de elaboração de projetos elétricos e a área da conceção e execução de soluções de controlo e gestão inteligente de edifícios. Contando com mais de 15 anos de experiência, a Projedomus sempre se diferenciou pela implementação de sistemas tecnologicamente inovadores, associados a serviços de qualidade e a um forte comprometimento de prazos e de serviços pós-venda. Baseada na vasta experiência dos seus recursos humanos, altamente qualificados, potencia uma cultura interna de excelência, inovação, responsabilidade e comprometimento. (Projedomus, Lda, 2020)

A Projedomus destaca-se ainda por já ter sido reconhecida diversos anos pelos Prémios KNX Portugal, um concurso organizado pela Associação KNX Portugal com o objetivo de promover o Protocolo KNX e de dar notoriedade às empresas, organizações e profissionais que promovem, projetam, implementam e estudam as melhores e/ou mais inovadoras soluções globais de gestão integrada de edifícios.



Figura 2 - Slogan e logótipo da Projedomus

3. GESTÃO TÉCNICA CENTRALIZADA

A **Gestão Técnica Centralizada (GTC)** está associada à definição muito utilizada atualmente de **Edifícios Inteligentes** ou **Smart Buildings** e tem como objetivo principal a integração e centralização de vários sistemas existentes nos edifícios como se de apenas um sistema se tratasse e dessa forma poder haver um controlo e uma gestão unificada ao invés de cada sistema do edifício ter um controlo e uma gestão independente. Nesse conjunto de sistemas podem-se incluir, por exemplo, os sistemas de climatização, ventilação e tratamento do ar (AVAC), iluminação, iluminação de emergência, produção e distribuição de águas quentes sanitárias (AQS), consumo energético, quadros elétricos, deteção de intrusão e alarme, deteção de incêndios, etc. Existe uma infinidade de sistemas passíveis de serem integrados nos sistemas de GTC e que desse modo podem ser geridos e controlados de forma integrada, o que possibilita por exemplo que algum acontecimento no “sistema A” provoque uma ação no “sistema B”.

Esta integração é possível uma vez que atualmente vivemos tempos de evolução tecnológica de tal maneira que a maioria dos principais sistemas dos edifícios possuem protocolos de comunicação e que podem “falar uns com os outros” com recurso a “gateways” que servem de “tradutor” ou a servidores multiprotocolo. Hoje existem inúmeros protocolos de comunicação usados nos sistemas de gestão técnica centralizada e nos próximos capítulos serão enumerados alguns dos mais utilizados a nível mundial e mais particularmente a nível europeu.

3.1. Legislação

Em Portugal já foi criada alguma legislação que obriga a instalação e determina os requisitos mínimos de Sistemas de Gestão Técnica em edifícios dependendo de alguns fatores, como por exemplo da potência térmica nominal do mesmo.

Destacam-se neste caso os seguintes documentos legislativos:

- Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto (RECS);
- Portaria n.º 349-D/2013, de 2 de dezembro.

No **Anexo 1** do presente documento é possível observar uma tabela retirada da Portaria n.º 349-D/2013 onde constam os tipos de sistemas de regulação, controlo e gestão técnica obrigatórios em função da potência térmica nominal de cada edifício.

3.2. Humanização de plantas (Peças desenhadas)

De acordo com o dicionário, o termo “Humanizar” quer dizer “Processo ou resultado de tornar(-se) mais fácil ou favorável à utilização por humanos” (Porto Editora, 2020), ou seja, pode dizer-se que a humanização de plantas é o processo de tornar as plantas esteticamente mais apelativas e mais facilmente interpretáveis.

Nos sistemas de Gestão Técnica Centralizada é muito comum, diria que praticamente obrigatória, a existência de uma *Human-Machine Interface* (HMI) ou Interface Homem-Máquina em português, que normalmente é um computador ou um painel tátil onde é possível visualizar e alterar em tempo real, grande parte dos parâmetros do sistema, como por exemplo, consultar o histórico de temperatura de um determinado espaço do edifício ou simplesmente suspender a utilização dos elevadores. Nessas interfaces homem-máquina é habitual que os diversos parâmetros de visualização e controlo estejam representados na planta do próprio edifício para que a interação homem-máquina seja mais intuitiva e tudo esteja melhor organizado. Nesse sentido e com o objetivo de tornar essa visualização mais apelativa, surgiu o conceito de humanização de plantas na Gestão Técnica Centralizada. Este conceito já existia, por exemplo, nas áreas da arquitetura e da decoração de interiores, no entanto faz todo o sentido existir também na elaboração de Sistemas de Gestão Técnica Centralizada, pois permite criar visualizações muito mais apelativas ao “olho humano” e em que é muito mais fácil identificar cada zona do edifício tornando a tarefa do utilizador muito mais fácil e intuitiva.

Nas **Figuras 3 e 4** podem observar-se as diferenças entre uma planta não humanizada e uma planta humanizada.

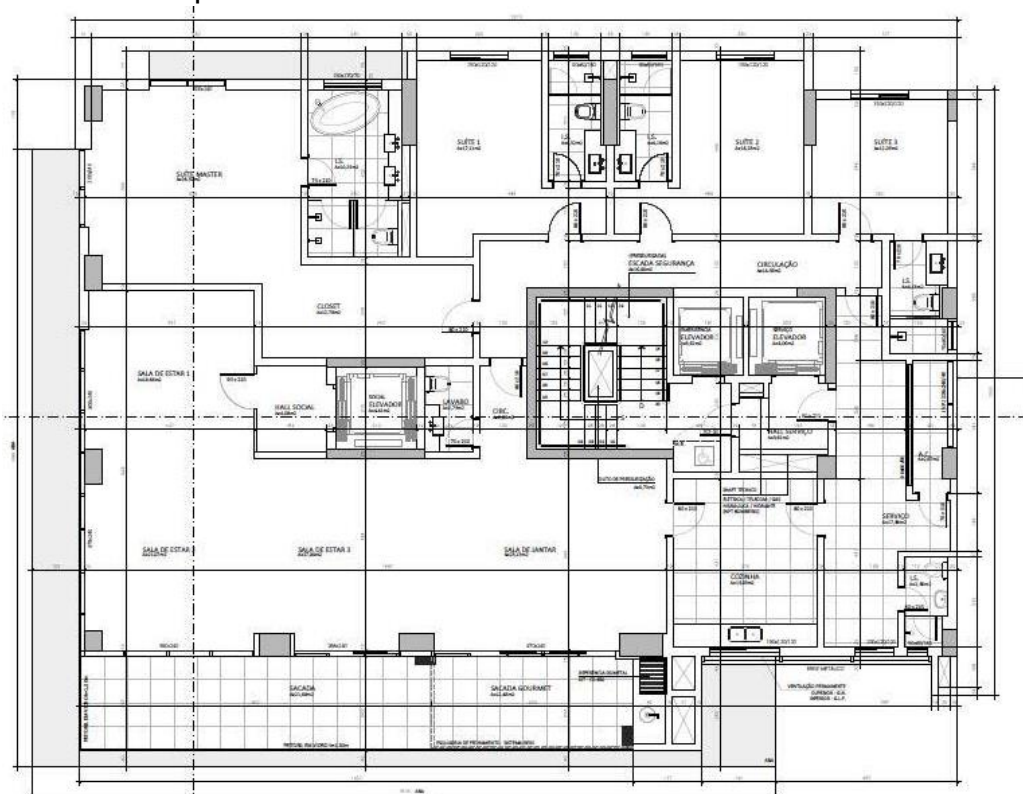


Figura 3 - Planta não humanizada (Fyr Studio, 2020)



Figura 4 - Planta Humanizada (Fyr Studio, 2020)

3.3. Protocolo KNX

O KNX é provavelmente o protocolo mais utilizado a nível europeu, e um dos mais usados a nível mundial, na automatização de habitações e edifícios. É um protocolo aberto e normalizado que surgiu da conjugação dos protocolos *European Installation Bus* (EIB), *European Home System* (EHS), BatiBUS. O KNX tem, à data de hoje, mais de 500 fabricantes a nível mundial que fabricam equipamentos que comunicam neste protocolo e que já totalizam mais de 8000 equipamentos¹. Está atualmente aprovado como norma internacional (ISSO/IEC 14543-3), norma europeia (CENELEC EN 50090 e CEN EN 13321-1), norma nos EUA (ANSI/ASHRAE 135) e norma chinesa (GB/Z 20965).

A Konnex Association, detentora da norma KNX, foi criada a 14 de abril de 1990 como sendo uma organização internacional, sem fins lucrativos e tendo como principais objetivos a promoção, desenvolvimento e certificação do KNX para a implementação de sistemas de automação de habitações e edifícios.

Fazem parte dessa associação empresas líderes mundiais na área da eletrónica e automação de habitações e edifícios das quais se podem referir a Cisco, a Siemens, a Bosch, entre muitos mais. (Pplware, 2019)

¹ <https://www.knx.org/knx-en/for-professionals/index.php>

3.3.1. Características

O KNX, ao contrário de outros protocolos de automação, é um protocolo que tem como uma das suas maiores premissas o facto de ter um controlo distribuído. Isto significa que os equipamentos KNX não necessitam de um equipamento central para comunicarem entre si e, portanto, os equipamentos comunicam diretamente uns com os outros o que permite que a instalação não fique completamente inviabilizada no caso de haver algum problema ou avaria num determinado equipamento.

Na **Figura 5** podem observar-se as diferenças entre um sistema centralizado e um sistema descentralizado.

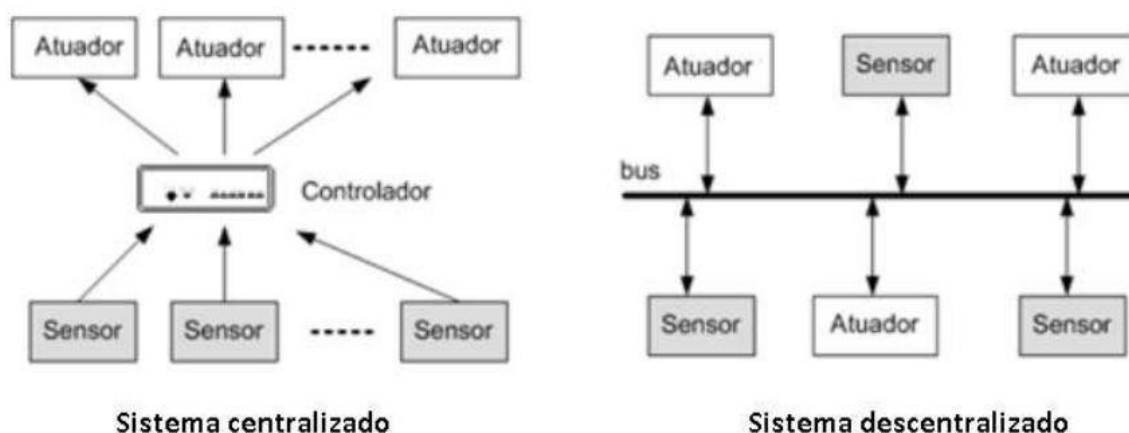


Figura 5 - Diferença entre sistema centralizado e sistema descentralizado

Em termos elétricos, as fontes de alimentação KNX são alimentadas através da rede elétrica monofásica (220-240VAC / 50-60Hz) e fornecem uma tensão SELV (*Safety Extra Low Voltage*) de 30V DC $\pm$ 1V aos equipamentos KNX que em muitos casos é suficiente para os alimentar, não necessitando de alimentação auxiliar.

Existem fontes de alimentação KNX com várias capacidades no que diz respeito à corrente máxima fornecida sendo que as mais usuais são 160mA, 320mA e 640mA mas ainda existem fontes de alimentação KNX com capacidade para fornecer 1280mA. Havendo fontes de alimentação KNX com diferentes capacidades é lógico que o número de equipamentos que cada uma conseguirá alimentar é diferente, portanto quando se realiza a escolha de uma fonte de alimentação KNX deverá ter-se isso em conta.

3.3.2. Meios de comunicação

O protocolo KNX atualmente é suportado em vários meios de comunicação, nomeadamente através de cabo TP (*Twisted Pair*), IP (*Internet Protocol*), RF (Radio

Frequência) e PL (*Power Line*) sendo que no mesmo sistema de automação é possível ter equipamentos a comunicar entre si pelos diferentes meios de comunicação.

O meio de comunicação mais utilizado é sem dúvida o cabo de cobre entrançado, TP (*Twisted Pair*), e nesse caso os cabos tipicamente mais utilizados são o YCYM 2x2x0.8 VDE 0815 e o JY(St)Y 2x2x0.8 VDE 0815. Estes cabos são compostos por dois pares de condutores sendo que o par vermelho-preto é utilizado para a comunicação e o par amarelo-branco apenas costuma ser utilizado quando é necessária uma alimentação auxiliar em baixa tensão em determinados equipamentos, tipicamente 24VDC.

O cabo YCYM 2x2x0.8 VDE 0815 é apropriado para instalações com ambientes secos, húmidos ou molhados além de que pode ser instalado no exterior desde que não esteja exposto diretamente ao sol, enquanto que o cabo JY(St)Y 2x2x0.8 VDE 0815 apenas é apropriado para instalação em ambientes secos e interiores.



Figura 6 - Cabo de bus KNX

3.3.3. Topologia da rede

A topologia pode ser entendida como a configuração do bus. Em alguns meios de transmissão de sinal não é necessário um bus. Na situação do cabo de cobre entrançado (TP), o bus pode estar organizado de várias formas, tais como, em barramento, em estrela, em árvore ou uma combinação destes.

Na **Figura 7** podem-se observar as várias configurações.

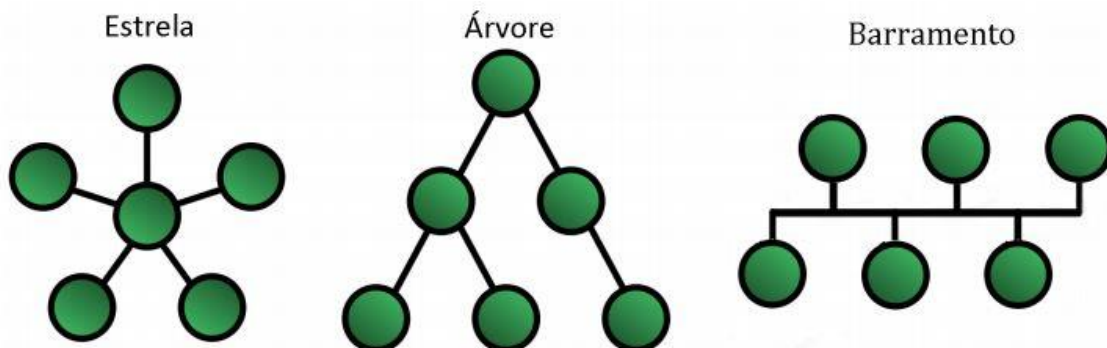


Figura 7 - Topologias de rede KNX TP (Pinto, 2019)

O KNX apresenta uma topologia muito particular que se divide na linha principal (normalmente designada de *backbone*), áreas e linhas.

Em cada linha podem ser ligados sessenta e quatro (64) dispositivos, mas em alguns casos pode ser necessário ligar mais do que sessenta e quatro (64). Para isso, será necessário ligar dois segmentos através de um repetidor de sinal, sendo duplicada a capacidade da linha. É possível ligar até quatro segmentos o que vai originar uma capacidade de duzentos e cinquenta e seis (256) dispositivos por cada linha.

Para cada segmento adicionado é necessária a instalação de uma fonte de alimentação, sendo que a distância mínima entre eles deve ser de 200m. Cada segmento só pode ter um comprimento máximo de 1000m.

Cada área de controlo pode ter até dezasseis (16) linhas. Através do uso de uma *backbone* é possível interligar dezasseis (16) áreas, permitindo ligar até sessenta e cinco mil, quinhentos e trinta e seis ($65536 = 256 \times 16 \times 16$) dispositivos.

Na **Figura 8** pode-se ver a topologia mais utilizada nesta tecnologia. (Castro, 2012)

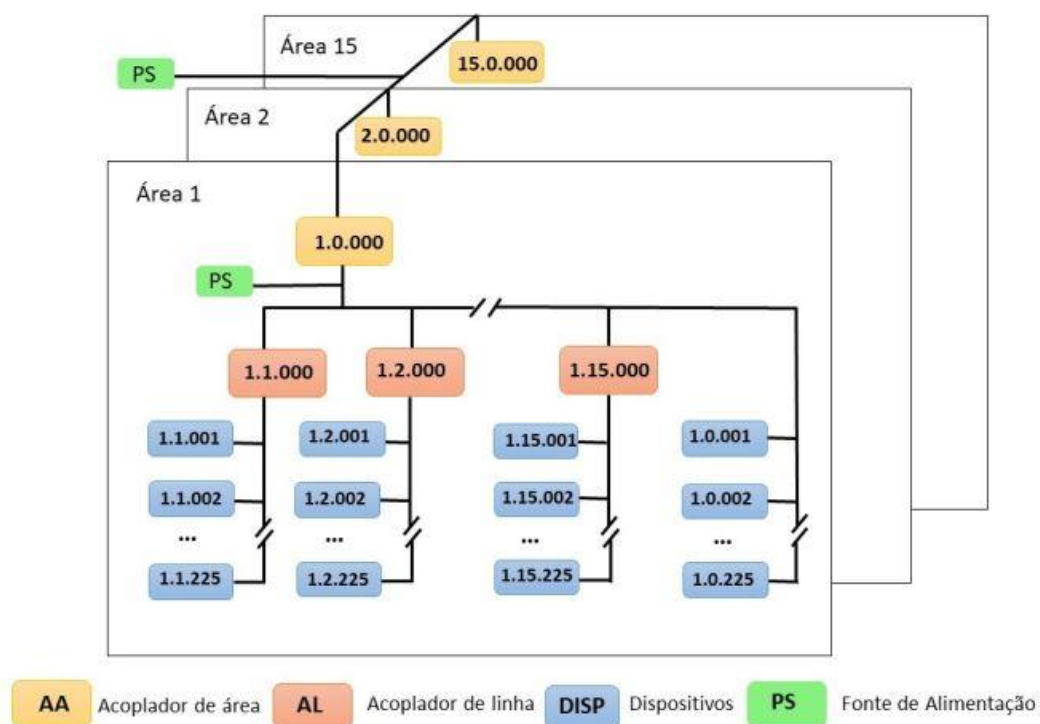


Figura 8 - Topologia de uma instalação KNX TP (Pinto, 2019)

Relativamente às distâncias máximas admissíveis numa instalação KNX TP, a **Tabela 1** apresenta um resumo das mesmas.

Tabela 1 - Distâncias máximas admissíveis numa instalação KNX TP (Siemens, 2008)

Distância entre duas fontes de alimentação KNX na mesma linha	Min. 200 m
Distância entre um equipamento KNX e a fonte de alimentação KNX mais próxima	Máx. 350 m
Distância entre dois equipamentos KNX	Máx. 700 m
Comprimento total de uma linha KNX	Máx. 1000 m

A ligação dos cabos de bus KNX aos diversos equipamentos é efetuada, na maioria das vezes, através de bornes terminais onde os condutores são ligados por pressão. Estes bornes assumem universalmente duas cores *standard*, vermelho e preto, onde são ligados os condutores com a cor respetiva e têm espaço para ligação de 4 condutores de cada cor, além da ligação ao equipamento terminal. Na **figura 9** é possível observar com algum pormenor os bornes KNX assim como a ligação entre bornes.

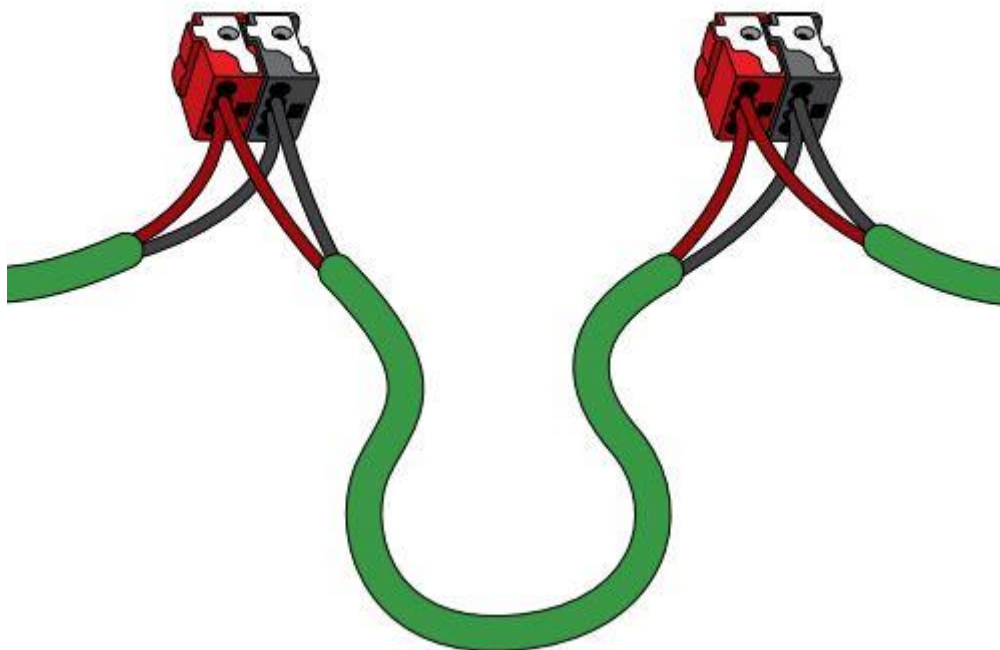


Figura 9 - Pormenor de ligação entre bornes KNX (Philips, 2012)

3.3.4. Endereço físico/individual

Numa instalação KNX cada equipamento possui um endereço físico único e que não pode ser repetido, à semelhança do número do cartão de cidadão de cada cidadão português em que cada pessoa tem o seu número único de identificação. Este endereço físico é composto três secções de números separadas por pontos, segundo a seguinte configuração em exemplo [12.10.225].

Esta configuração não foi feita ao acaso, pelo que os primeiros dois dígitos se referem à identificação da área onde pertence o equipamento (0-15), os dois dígitos do meio referem-se à identificação da linha (0-15) e os últimos 3 dígitos ao número do equipamento naquela determinada linha (0-255). Vejamos o exemplo do endereço físico 3.10.223 que significa que o equipamento se localiza na área 3, linha 10 e é o equipamento número 223 dessa mesma linha.

Na **Figura 10** pode observar-se exatamente o que foi descrito anteriormente inclusivamente para equipamentos em diferentes posições da árvore topológica de um sistema KNX.

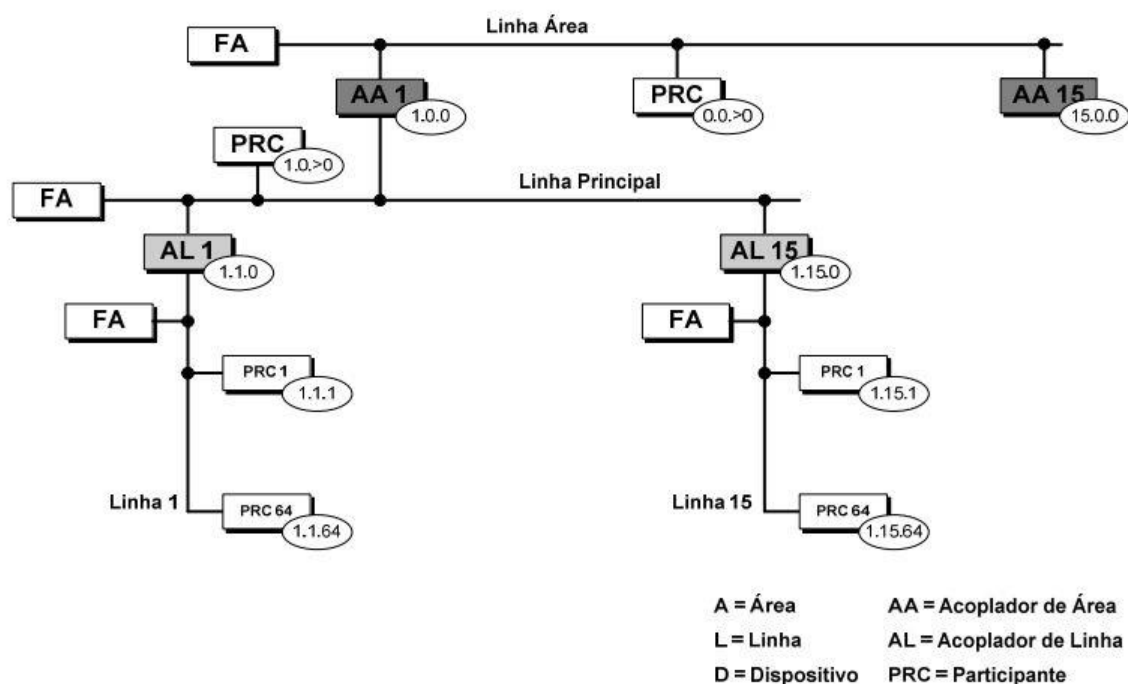


Figura 10 - Endereços físicos KNX (Santos E. D., 2010)

Em numeração binária, as secções identificativas da área e linha correspondem a 4 bits cada uma, sendo que a secção de identificação do dispositivo corresponde a 1 byte (8 bits) como pode ser observado na **figura 11**.



Figura 11 - Estrutura, em numeração binária, de um endereço físico KNX (da Silva, 2016)

3.3.5. Objetos de grupo

Os objetos de grupo são, nada mais nada menos do que, partições de memória dos equipamentos que são designados especificamente para cada função do próprio equipamento. Esses objetos de grupo são definidos por cada fabricante especificamente para cada equipamento e tendo em conta as funcionalidades pretendidas. O tamanho dos mesmo depende da função que lhes é atribuída, mas poderá variar entre 1 *bit* e 14 *bytes*. Por exemplo, para a comutação de uma iluminação *ON/OFF* são necessários dois estados (0 e 1) e são utilizados objetos de comunicação de 1 *bit*. Os dados envolvidos na transmissão de texto são mais complexos e os objetos de comunicação têm de ter um tamanho máximo de 14 *bytes*. (Pimparel, 2017)

Na **Figura 12** podemos observar alguns exemplos de objetos de grupo.

	Number	Name	Object Function
➡	3	[C1] On/Off	0 = Off; 1 = On
➡	4	[C1] Relative Dimming	4-Bit Dimmer Control
➡	5	[C1] Absolute Dimming	1-Byte Dimmer Control
➡	6	[C1] On/Off (Status)	0 = Off; 1 = On
➡	7	[C1] Dimming Value (Status)	0 - 100%
➡	23	[C1] Error: Ballast Failure	0 = No Error; 1 = Error
➡	24	[C1] Error: Lamp Failure	0 = No Error; 1 = Error
➡	25	[C1] Error: DALI Bus Failure	0 = No Error; 1 = Error
➡	26	[C2] On/Off	0 = Off; 1 = On
➡	27	[C2] Relative Dimming	4-Bit Dimmer Control
➡	28	[C2] Absolute Dimming	1-Byte Dimmer Control
➡	29	[C2] On/Off (Status)	0 = Off; 1 = On
➡	30	[C2] Dimming Value (Status)	0 - 100%
➡	46	[C2] Error: Ballast Failure	0 = No Error; 1 = Error
➡	47	[C2] Error: Lamp Failure	0 = No Error; 1 = Error
➡	48	[C2] Error: DALI Bus Failure	0 = No Error; 1 = Error

Figura 12 - Exemplos de objetos de grupo KNX

Neste caso estamos perante objetos de grupo que fazem parte de uma *Gateway* KNX/DALI com vários canais de controlo de iluminação e que podem ser atuados individualmente. No caso dos objetos de grupo apresentados, temos vários tamanhos desde 1 bit a 1 byte dependendo do tipo de objeto.

3.3.6. Endereços de grupo

Os endereços de grupo são o elo de comunicação entre equipamentos de uma instalação KNX. Estes endereços são associados aos objetos de grupo dos equipamentos através do software de programação de instalações KNX, o ETS, e a alteração do estado de cada endereço de grupo irá despoletar a alteração do estado dos objetos de grupo, que por sua vez irão originar ações nos dispositivos.

Os endereços de grupo têm o tamanho de 2 bytes (16 bits), e podem assumir 3 níveis, como mostra a **Figura 13**.

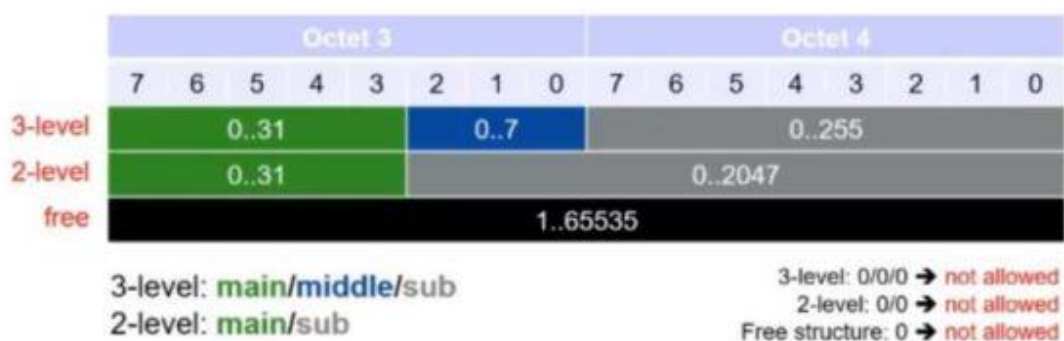


Figura 13 - Níveis de endereços de grupo (Pimparel, 2017)

O nível 3 é o mais utilizado atualmente, pois permite uma melhor divisão e organização dos endereços de grupo.

Cada endereço de grupo pode ser atribuído a vários objetos de grupo do mesmo e/ou de diferentes equipamentos, de forma a criar a programação dinâmica que se pretende.

Na **Figura 14** encontra-se um exemplo usando um sensor (interruptor de duas teclas) e um atuador de duas saídas. É possível verificar que o endereço individual do sensor é o 1.1.1 e do atuador é o 1.1.2. É também de notar que ambos têm 2 objetos de grupo (Nr.0 e Nr.1) mas podia-se dar o caso de um ter mais que o outro. Ao objeto de grupo Nr.0 do sensor foi associado ao endereço de grupo 1/1/1 e uma vez que o objeto de grupo Nr.0 do atuador também pertence ao endereço de grupo 1/1/1, sempre que o *Left Rocker* for ativado, irá ativar o *Channel A* do atuador porque estão "ligados" pelo mesmo endereço de grupo. (da Silva, 2016)

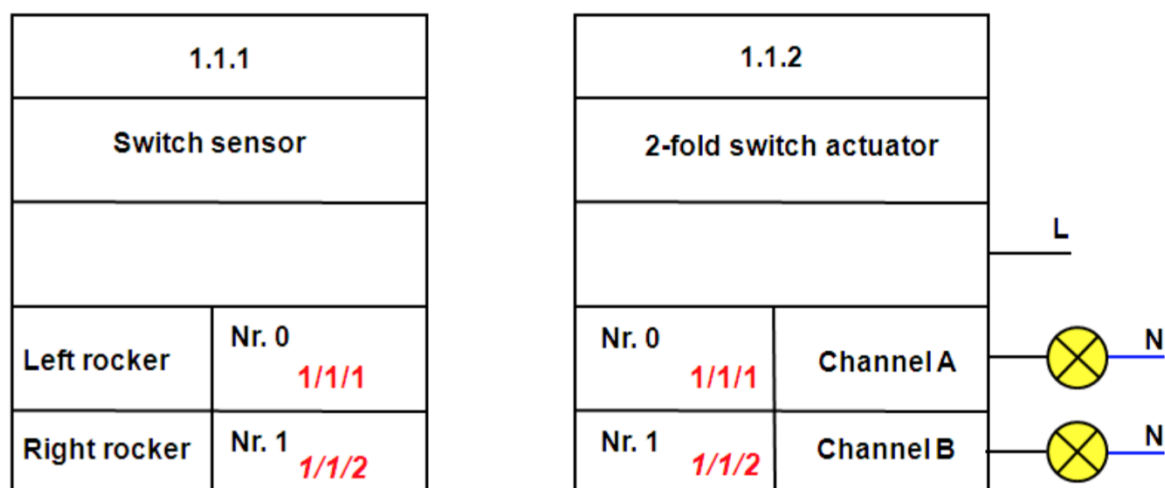


Figura 14 - Exemplo de objetos de grupo e endereços de grupo (da Silva, 2016)

O valor de um objeto é enviado para o barramento KNX da seguinte forma:

- Se o *Left Rocker* for pressionado, o sensor escreve "1" no seu objeto de grupo número 0. Este dispositivo transmite um telegrama com a informação "endereço de grupo 1/1/1, escreve valor, 1".
- Todos os dispositivos no barramento KNX que tenham um endereço de grupo 1/1/1, irão escrever "1" no seu objeto de grupo
- No exemplo, o "1" é escrito no objeto 0
- A aplicação do atuador deteta que o valor do seu objeto de grupo foi alterado e executa a função no *Channel A*.

(da Silva, 2016)

Existem algumas particularidades importantes relativamente à associação dos endereços de grupo aos diferentes objetos de grupo dos equipamentos, nomeadamente:

- Só é possível associar o mesmo endereço de grupo a objetos de grupo com o mesmo tamanho (1 bit, por exemplo);
- O estado de um objeto de grupo de um atuador pode ser alterado “por ordem” de vários endereços de grupo, no entanto um sensor apenas “pode enviar ordens” através de um endereço de grupo;
- O endereço de grupo 0/0/0 está reservado para o envio de telegramas em *Broadcast*, ou seja, para todos os equipamentos KNX da instalação.

3.3.7. Telegramas KNX

A comunicação, no protocolo KNX, é feita com recurso a telegramas. Isto significa que sempre que existe uma interação ou um acontecimento num determinado equipamento, esse mesmo equipamento envia um telegrama para o BUS KNX.

Imaginemos, por exemplo, o cenário de um botão de pressão a ser pressionado para acender um determinado circuito de iluminação a ser controlado por um atuador. Isto só é possível porque quando o botão de pressão foi pressionado, o mesmo enviou um telegrama para o bus que foi interpretado pelo atuador.

Na **Figura 15** podemos observar a estrutura de um telegrama KNX TP.

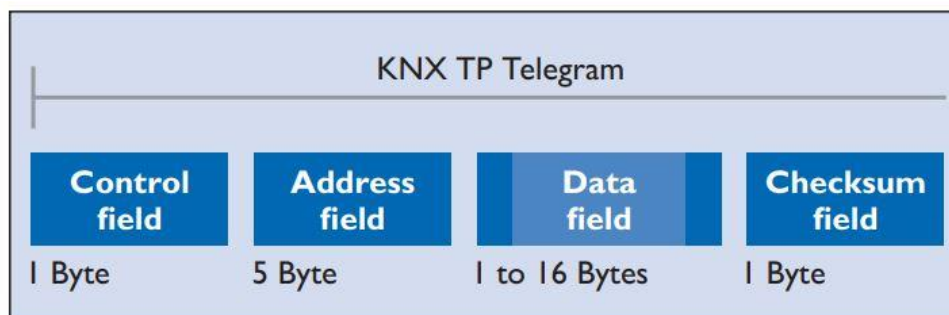


Figura 15 - Estrutura de um telegrama KNX

- O primeiro campo (*Control field*) tem o tamanho de 1 *byte* e define a prioridade do telegrama;
- O segundo campo (*Address field*) tem o tamanho de 5 *bytes* especifica o endereço físico do remetente e do destinatário;
- O terceiro campo (*Data field*) pode ter entre 1 e 16 *bytes* e contém os dados relevantes, como por exemplo a identificação do endereço de grupo e o seu valor;
- Por fim (*Checksum field*) temos um campo de confirmação com o tamanho de 1 *byte*, usado para despistar erros de transmissão de telegramas.

3.3.8. Software de programação ETS

O ETS (*Engineering Tool Software*) é o software desenvolvido para planificar, projetar e programar instalações com equipamentos KNX. É um software produzido para ser executado em computadores com sistema operativo Windows e que neste momento se encontra na versão 5. Este software existe com várias licenças de utilização dependendo do objetivo que se pretende:

- ETS v5 *Demo* – Licença gratuita para experimentação que permite criar projetos com até 5 equipamentos;
- ETS v5 *Lite* – Licença paga (200€) para pequenos projetos de até 20 equipamentos;
- ETS v5 *Professional* – Licença paga (1000€) com todo o pacote de funcionalidades e sem limite de equipamentos por projeto;
- ETS v5 *Supplementary* – Licença paga (150€) que permite adicionar uma licença extra a quem já possui uma licença profissional (Máximo de 2 licenças suplementares por cada licença profissional). (KNX Association, 2020)

Cada equipamento KNX possui uma base de dados produzida pelo seu fabricante. A maioria dos fabricantes importa as bases de dados dos seus equipamentos para o ETS, no entanto quando isso não acontece é possível importá-la manualmente para o ETS caso se possua o ficheiro fornecido pelo fabricante.

Com o ETS é possível parametrizar todos os equipamentos, efetuar a programação da instalação, descarregar a programação para cada equipamento e ainda efetuar a monitorização do bus KNX de forma a despistar se todos os telegramas estão a ser trocados de acordo com a programação que se efetuou.

A ligação entre o computador, com ETS, e o bus KNX poderá ser efetuada de duas formas nomeadamente, com recurso a uma interface KNX/USB em que temos um equipamento próprio ligado ao bus TP KNX e ao computador através de USB ou por outro lado através de uma interface KNX/IP em que temos um equipamento próprio ligado ao bus TP KNX e ligado a uma rede informática por cabo UTP.

Na **Figura 16** podemos observar uma visão geral de uma janela inicial do software ETS quando se cria um novo projeto.

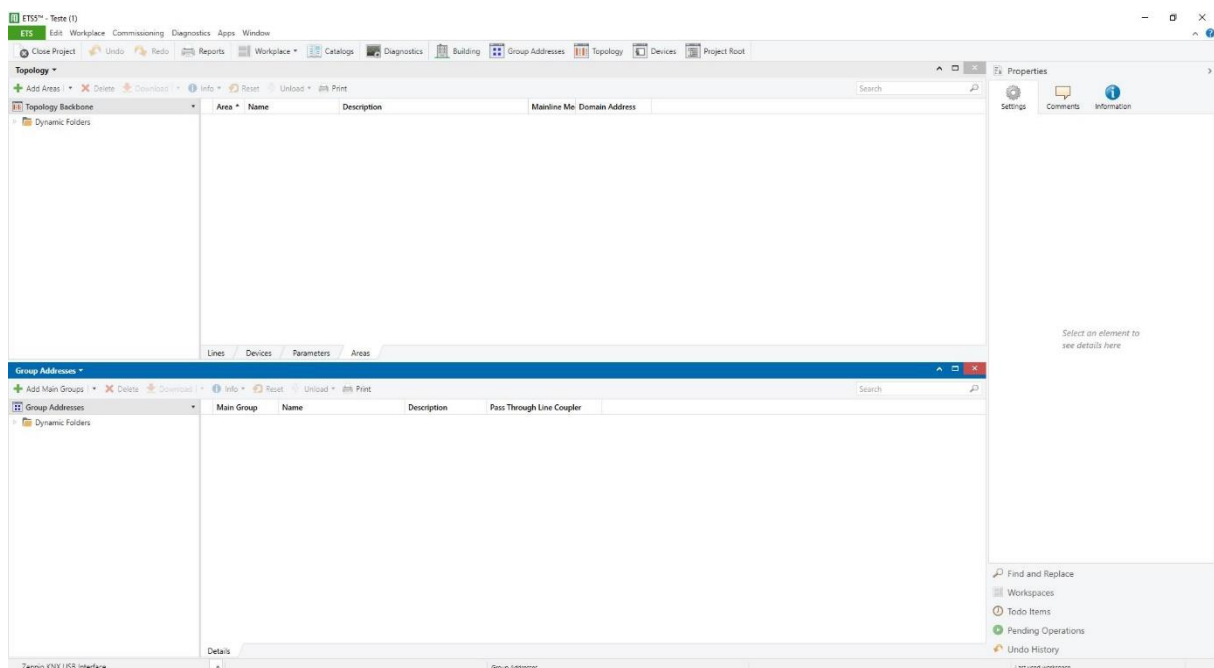


Figura 16 - Janela inicial de um projeto novo no software ETS

3.4. Protocolo DALI

O DALI, ou *Digital Addressable Lighting Interface*, é um protocolo dedicado a controlo digital de iluminação que permite a instalação escalável e flexível de redes de iluminação.

O DALI foi originalmente desenvolvido para permitir o controlo e configuração digital de lâmpadas fluorescentes, substituindo o simples e de apenas uma direção método de controlo analógico de iluminação 0/1-10V.

Com o DALI, a opção de *Broadcast* também está disponível, mas além disso, com uma simples configuração cada equipamento DALI poderá ter o seu endereço separado permitindo o controlo digital de cada equipamento individualmente.

Os equipamentos DALI podem ainda ser programados para operar em grupos. Isto permite que haja uma grande flexibilidade uma vez que o sistema de iluminação pode ser reconfigurado através de *software* sem a necessidade de alterações nas ligações elétricas.

A natureza digital do DALI permite uma comunicação nos dois sentidos entre os diferentes equipamentos e assim cada equipamento pode reportar falhas ou responder a pedidos de leitura do seu estado ou outras informações.

As ligações elétricas são muito simples no DALI, sendo que tanto a alimentação do bus DALI como a sua comunicação utilizam o mesmo par de condutores sem necessidade de um cabo separado para o bus. A polaridade dos condutores do bus não tem influência no sistema DALI, em contraste com os sistemas 0/1-10V em que os erros de ligação elétrica são muito comuns.

O DALI foi desenhado para o controlo regulável (*dimming*) do fluxo luminoso. Um aspeto fundamental do DALI é que o mesmo permite um controlo preciso, repetível e padronizado.

Principais funcionalidades “chave” do DALI:

- Controlo, configuração e comunicação dos equipamentos DALI recorrendo a apenas um bus de dois condutores;
- Controlo individual, por grupos ou *Broadcast* de todos os equipamentos DALI;
- Programação de cenários de iluminação;
- Reconfiguração flexível apenas recorrendo a *software*;
- Cada sub-rede de DALI tem um máximo de 64+64 endereços (64 para, por exemplo, *drivers* LED e mais 64 para, por exemplo, sensores)
- Comunicação digital robusta;
- Comunicação bidirecional.

(Digital Illumination Interface Alliance, 2020)

A **Figura 17** mostra um exemplo de um sistema de controlo de iluminação DALI onde podemos ver representados diversos tipos de equipamentos suportados por este protocolo.

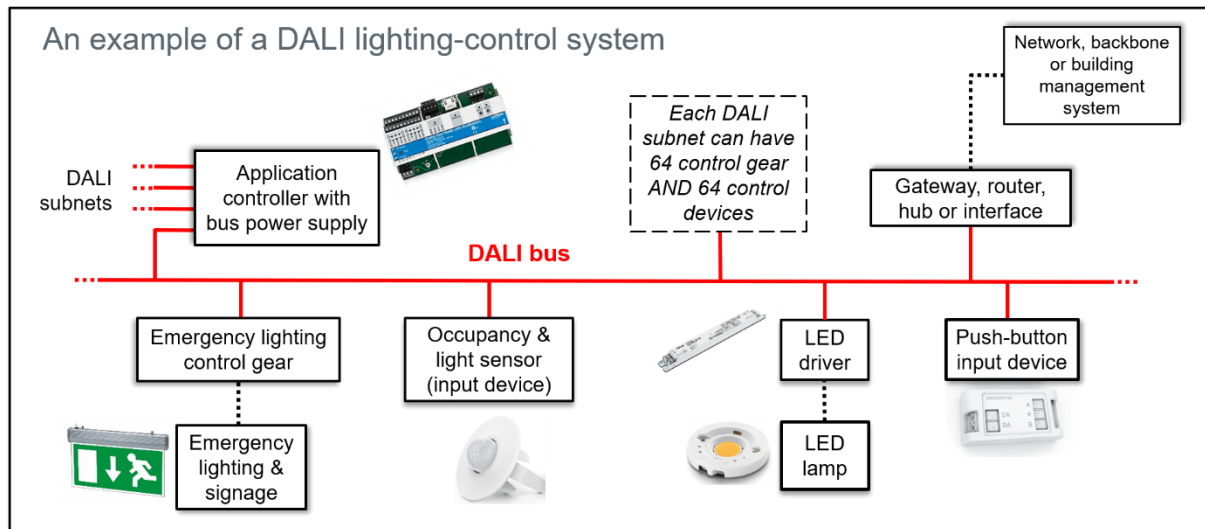


Figura 17 - Exemplo de um sistema de controlo de iluminação DALI (Digital Illumination Alliance, 2020)

Na **Figura 18** pode ser observada a configuração mais comum do cabo utilizado para interligar os *drivers* DALI que possui cinco condutores sendo eles a alimentação 230V AC do *driver* DALI composta pelos três condutores (L, N, PE) relativos à fase, neutro e terra e os outros dois condutores (DA) relativos ao bus DALI.

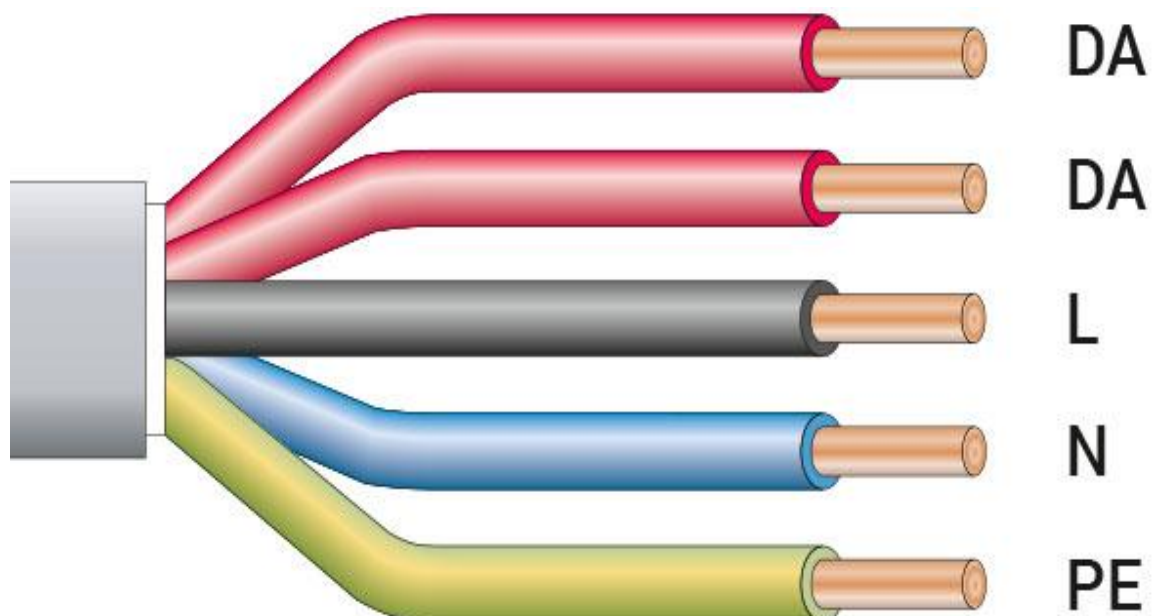


Figura 18 - Configuração do cabo mais utilizado no DALI

O DALI possui uma estreita ligação com o KNX, sendo que existem talvez centenas de fabricantes KNX que fabricam *gateways* KNX/DALI de forma a que se consiga utilizar o melhor dos dois mundos e assim se poder utilizar o controlo regulável de iluminação do DALI através do KNX.

A **Figura 19** mostra-nos um exemplo disso mesmo onde podemos observar que podemos utilizar, por exemplo, um botão de pressão KNX e/ou um sensor de luminosidade KNX para controlar a iluminação DALI.

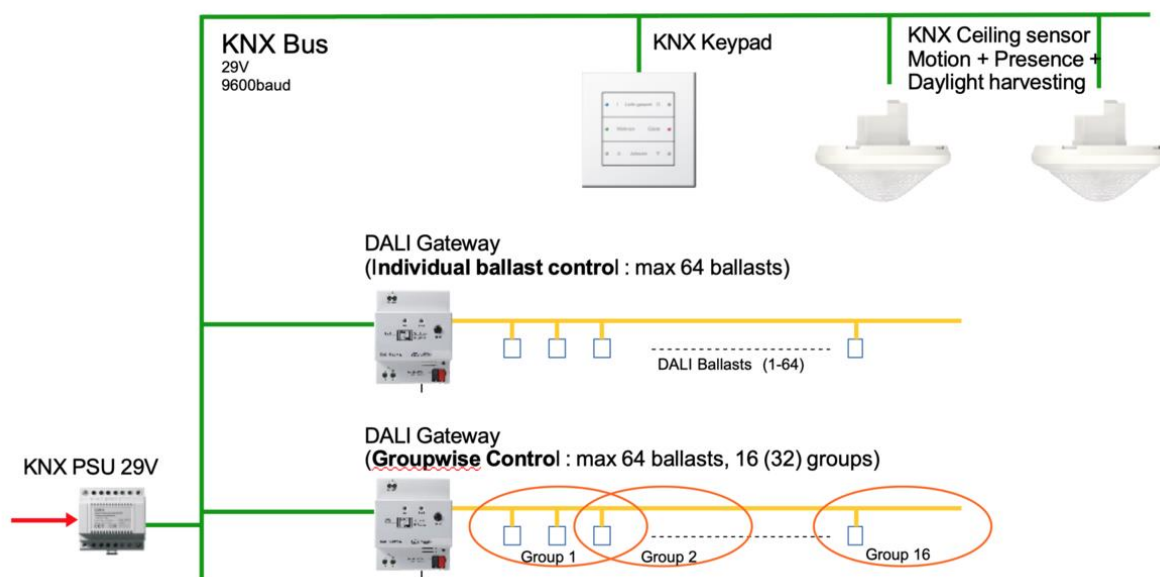


Figura 19 - Exemplo de integração KNX/DALI (Ivory Egg, 2020)

3.5. Protocolo Modbus

O Modbus é um protocolo industrial desenvolvido em 1979 para possibilitar a comunicação entre dispositivos de automação. A comunicação ocorre num relacionamento do tipo “mestre-escravo” em que o dispositivo mestre é o responsável por iniciar a comunicação fazendo “perguntas” aos escravos e aguardando posteriormente a sua “resposta”. (NATIONAL INSTRUMENTS CORP., 2020)

Na **Figura 20** podemos observar uma representação da comunicação em Modbus.

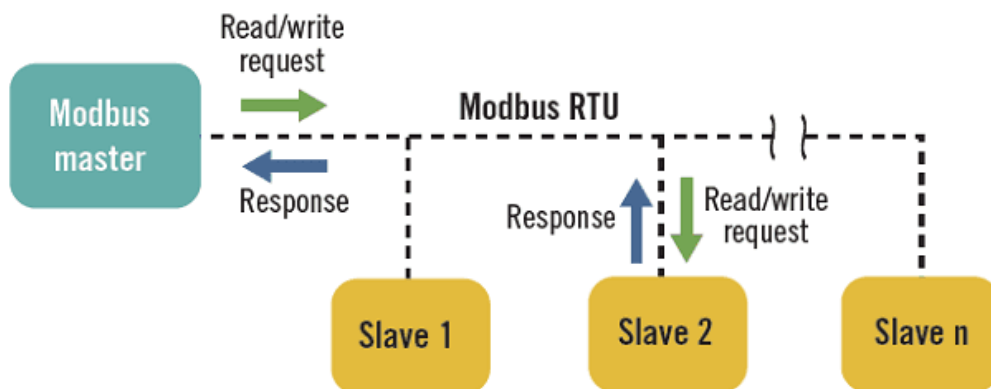


Figura 20 - Comunicação master-slave em Modbus (Control Global, 2020)

Os três formatos de comunicação padrão do protocolo Modbus são RTU (*Remote Terminal Unit*), ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) e TCP (*Transmission Control Protocol*).

A comunicação em Modbus RTU pode ser feita em RS232 ou RS485 sendo quem em RS232 apenas existe possibilidade de termos comunicação entre um dispositivo master e um escravo, sendo que em RS485 é possível termos vários dispositivos escravos a comunicar com o dispositivo mestre. O Modbus RTU em RS485 permite até 32 escravos na rede ou até 247 no caso de se usarem repetidores, no entanto o comprimento máximo da rede, nos dois casos, são 1200 metros.

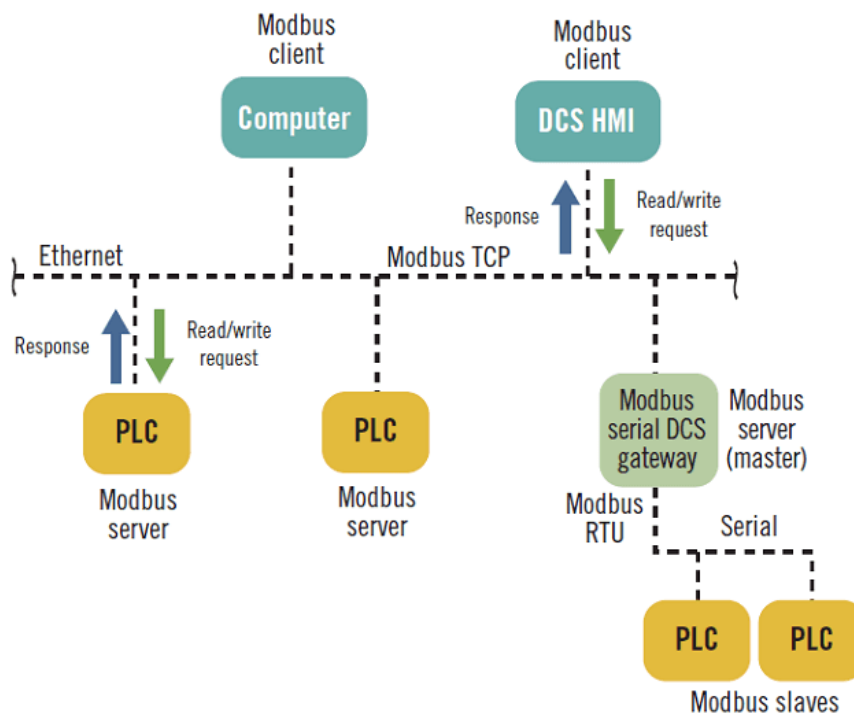


Figura 21 - Exemplo de arquitetura de um sistema de comunicação Modbus
(Control Global, 2020)

Na **Figura 21** temos representado um exemplo da arquitetura de um sistema de comunicação Modbus RTU e TCP. Temos uma rede principal interligada por *Ethernet* e a comunicar em Modbus TCP e uma rede secundária em Modbus RTU interligada à rede principal através de uma *gateway* que serve de master da rede Modbus RTU e que ao mesmo tempo faz de “ponte” entre as duas redes. No topo do sistema temos uma HMI (*Human-Machine Interface*) que lê e escreve valores nos diferentes dispositivos do sistema.

Atualmente, nos sistemas de gestão técnica centralizada, as redes de comunicação Modbus mais utilizadas são RTU RS485 e TCP. A rede de comunicação em Modbus RTU RS485 consiste num cabo blindado de três condutores trançados [Polo positivo

(A/+), polo negativo (B/-) e uma referência 0V (GND)] com cerca de 0,50 a 0,75 mm² de secção.

A tipologia da rede deverá ser necessariamente do tipo “*Daisy Chain*” (ver **figura 22**) que é a configuração onde é possível obter a melhor comunicação. É possível que noutras tipologias possa haver comunicação, no entanto, estão sujeitas a maiores interferências e a uma comunicação mais deficiente. (Every Control Solutions, 2018)

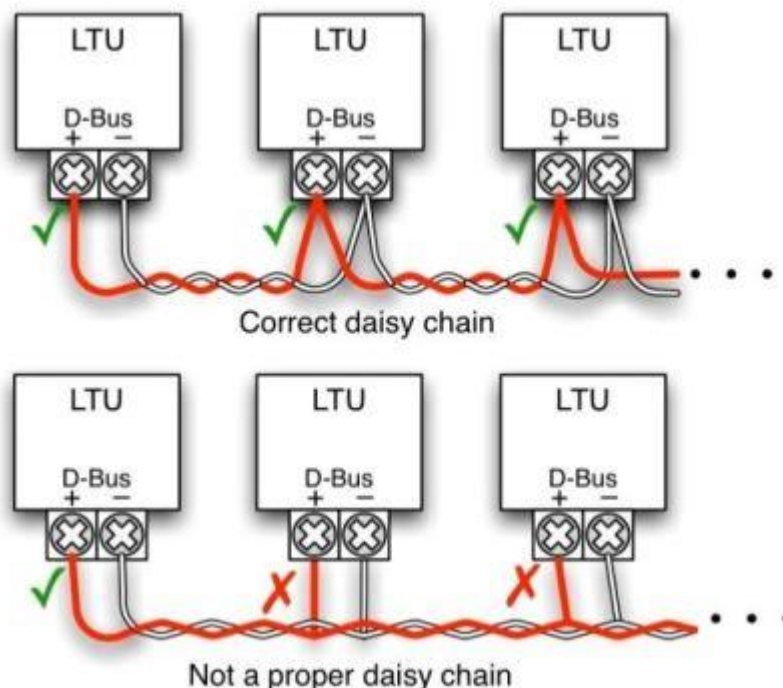


Figura 22 - Exemplo de tipologia Daisy Chain (Every Control Solutions, 2018)

De forma a evitar reflexões de sinal na comunicação Modbus RTU é aconselhável utilizar uma resistência de 120 ohm entre os condutores positivo e negativo, junto ao último dispositivo da rede.

À semelhança do KNX, nas redes de comunicação Modbus RTU cada dispositivo escravo tem o seu endereço único que neste caso irá permitir que o dispositivo mestre encaminhe os pedidos de leitura e escrita para o dispositivo correto e saiba de que dispositivo recebe determinada informação. No caso do Modbus RTU os endereços são numéricos entre 1 e 247.

Já a rede de comunicação Modbus TCP faz uso da rede de comunicação estruturada do edifício e o endereço único de cada um dos dispositivos é o seu próprio endereço IP (*Internet Protocol*).

3.6. Protocolo BACnet

O BACnet é um protocolo de comunicação desenvolvido especificamente para redes de controlo e automação de edifícios. Foi desenvolvido por um comité composto pela *American Society of Heating, Refrigerant and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE), que é uma organização global que promove o bem-estar humano por meio de tecnologia sustentável e foi fundada em 1894. Esta organização e os seus membros têm o seu foco nos sistemas dos edifícios, eficiência energética, qualidade do ar interior, refrigeração e sustentabilidade da indústria.

Este protocolo é um padrão americano, europeu, nacional em mais de 30 países e global através da *International Organization for Standardization* (ISO).

O principal objetivo deste comité foi criar um protocolo que permitisse a interoperação entre sistemas de diferentes fabricantes, de forma harmoniosa. Antes do desenvolvimento do BACnet não havia nenhuma maneira prática para atingir este objetivo.

Para alcançar a interoperabilidade num amplo espectro de equipamentos, o BACnet consiste principalmente em três partes. A primeira parte descreve o método para representar qualquer equipamento de automação de edifícios de uma forma padrão. A segunda parte define as mensagens que podem ser enviadas através de uma rede para monitorizar e controlar um equipamento. Por fim, a terceira parte define um conjunto de redes locais, ou *Local Area Network* (LAN), que podem ser usadas para transmitir comunicações BACnet.

O BACnet tem uma forma padrão de representar as funções de qualquer dispositivo, como entradas e saídas analógicas ou binárias, horários e alarmes definindo “objetos” em que cada um possui uma série de propriedades que os caracterizam. Por exemplo, cada entrada analógica é representada por um objeto que tem uma série de propriedades padrão tais como o tipo de sensor, a sua localização, limites dos alarmes, entre outras. Algumas dessas propriedades são obrigatórias enquanto que outras são opcionais. (BACnet - ASHRAE, 2020)

Os dispositivos BACnet comunicam uns com os outros através de uma rede. As redes mais populares incluem o BACnet/IP (*Internet Protocol*) e o BACnet MS/TP (*Master-Slave Token-Passing*). (Contemporary Control Systems, Inc., 2020)

A **Figura 23** mostra, de forma simplificada, o diagrama de princípio de comunicações de um pequeno sistema de gestão técnica centralizada de um Aparthotel.

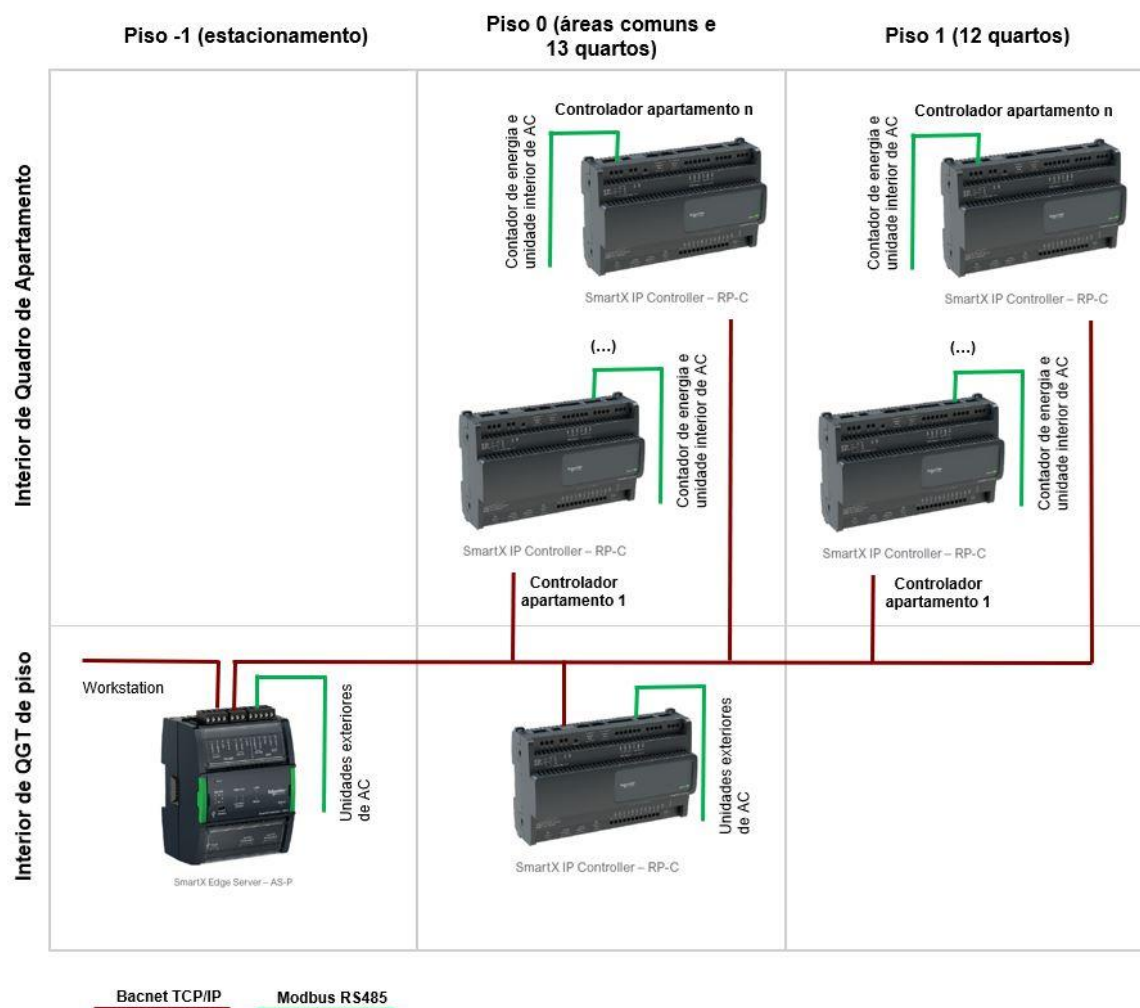


Figura 23 - Diagrama de comunicações SGTC Aparthotel

Neste caso o sistema de GTC é composto por um controlador de zona dedicado para cada apartamento e mais um para zonas comuns do piso 0. Cada controlador de zona é composto por entradas e saídas analógicas e digitais e ainda por uma porta de comunicação Modbus RTU RS485 mas que depois são todos interligados a um servidor central, através de uma rede de comunicação BACnet/IP, que por sua vez irá disponibilizar todos os dados e controlo numa *workstation* que servirá de interface homem-máquina para com o sistema de GTC.

4. SGTC – EDIFÍCIO ESCOLAR

A fase 2 do estágio curricular foi a execução da parametrização e programação do Sistema de Gestão Técnica Centralizada (SGTC) da obra de remodelação de um edifício escolar. Este processo foi sempre acompanhado por engenheiros da Projedomus que deram a sua disponibilidade e experiência para ajudar nesta execução.

4.1. Estudo do projeto

Antes de se avançar com qualquer parametrização e programação do SGTC foi necessário estudar o projeto, o que incluiu a necessidade de se verificar todos os subsistemas a integrar.

Na **Tabela 2** podem observar-se todos os subsistemas que se pretendiam integrar no projeto.

Tabela 2 - Subsistemas a integrar no SGTC

Controlo de iluminação
Chamadas das instalações sanitárias para deficientes
Chamadas de sala
Campainhas e relógios
Iluminação de emergência
Central de deteção de incêndio (CDI)
Central de deteção de intrusão e roubo (CDIR)
Consumos de água e gás
Central térmica
Registos corta-fogo (RCF's)
Ventiladores de extração de ar
Unidades de tratamento de ar (UTA's)
Sistema de climatização das salas com ventiloconvectores
Monitorização e análise de energia elétrica

Depois da análise geral dos subsistemas tornou-se necessário verificar quais os equipamentos que faziam parte do orçamento adjudicado à Projedomus para a execução do SGTC e assim se poder chegar a uma perspetiva geral de que tipo de protocolos de comunicação vão estar envolvidos e de que forma todo o sistema iria comunicar. Assim elaborou-se um diagrama de comunicações que pode ser consultado na **Figura 24** e que tornou mais fácil a compreensão global das comunicações do SGTC.

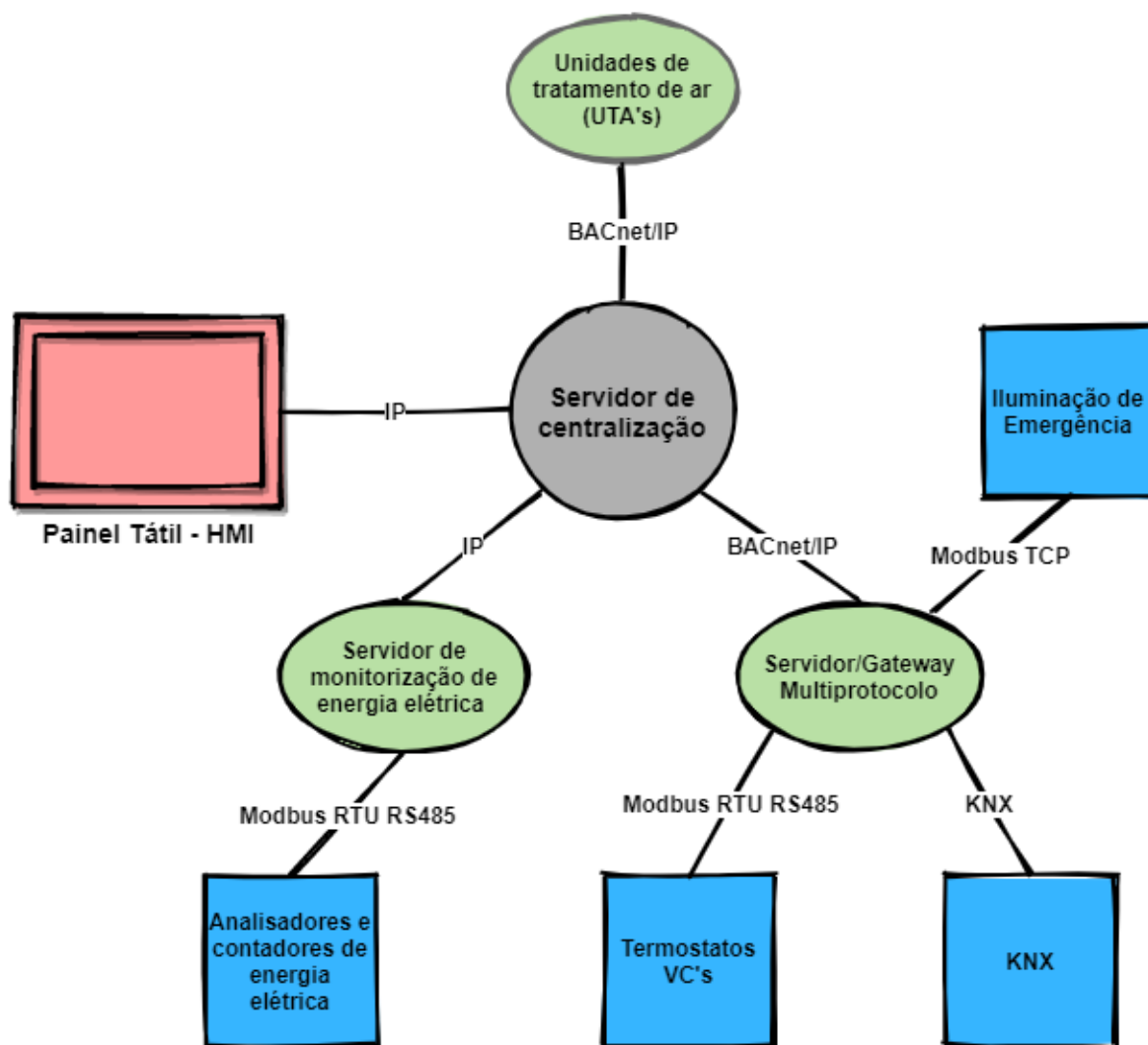


Figura 24 - Diagrama de comunicações do SGTC

Analisando o diagrama é possível observar que estão envolvidos diferentes protocolos de comunicação neste SGTC nomeadamente KNX TP, Modbus nas suas vertentes TCP e RTU e ainda Bacnet/IP.

4.2. Humanização de plantas para visualização

Uma vez que foi previsto para este SGTC um painel tátil com a visualização de todo o sistema, onde se possa fazer todo o controlo e monitorização do mesmo e tendo em conta as dimensões do edifício tornou-se necessária a humanização das plantas do edifício considerando todas as vantagens inerentes e explicadas anteriormente.

Desse modo e seguindo aquilo que já vinha a ser utilizado para tal na Projedomus, seguiu-se com a humanização das plantas através do software Inkscape que permite, entre muitas outras coisas, efetuar operações de humanização de plantas em 2D. Neste caso optou-se por efetuar a humanização das plantas em 2D e não em 3D porque desde logo a humanização em 3D requer mais tempo de mão de obra e neste caso tendo em conta a duração do estágio curricular (6 meses) esse tempo “extra” poderia ser muito útil para desenvolver outro tipo de apetências.

Na **Figura 25** é possível observar o resultado da humanização em 2D de parte de uma planta do edifício, sendo que é possível identificar diferentes salas do edifício incluindo a localização das portas e janelas, por exemplo.

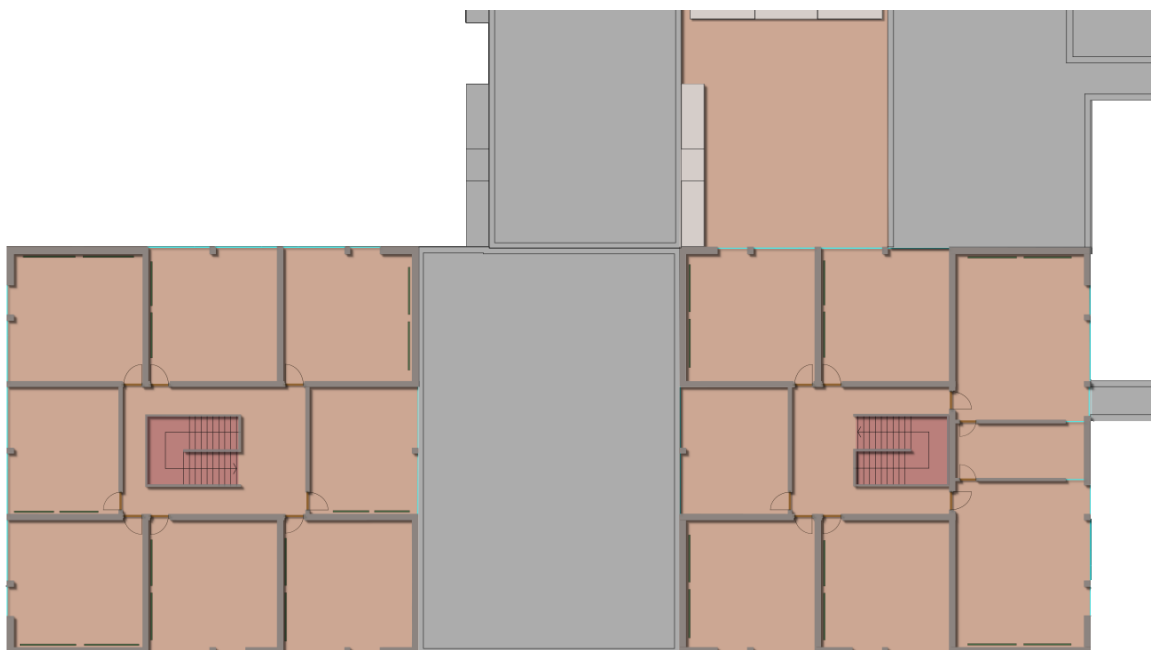


Figura 25 - Humanização 2D de planta do edifício escolar

4.3. Execução do sistema KNX

Depois de toda a análise inicial do processo decidiu-se começar pela execução de todo o sistema KNX.

Antes de se avançar com a criação do projeto no ETS tornou-se necessário atribuir endereços físicos aos diversos equipamentos KNX registrando os mesmos nas peças desenhadas do projeto junto a cada equipamento para que a equipa de eletricitas possa identificar no momento da instalação onde é que cada equipamento terá de ser

instalado. Na Projedomus, e por motivos de padronização entre todos os colaboradores, existe um procedimento que deve ser respeitado na atribuição de endereços físicos aos diferentes equipamentos KNX, nos casos em que a proporção do projeto assim o permita, e que é o seguinte:

- Equipamento de quadro – X.X.0 a X.X.49
- Detetores de movimento/presença – X.X.50 a X.X.99
- Botões de pressão – X.X.100 a X.X.149
- Outros – X.X.150 a X.X.255

Posto isto, foram atribuídos os diversos endereços físicos aos equipamentos KNX seguindo também uma lógica de atribuir o endereço seguinte ao equipamento mais próximo. Nas **Figuras 26 e 27** pode observar-se alguns exemplos.

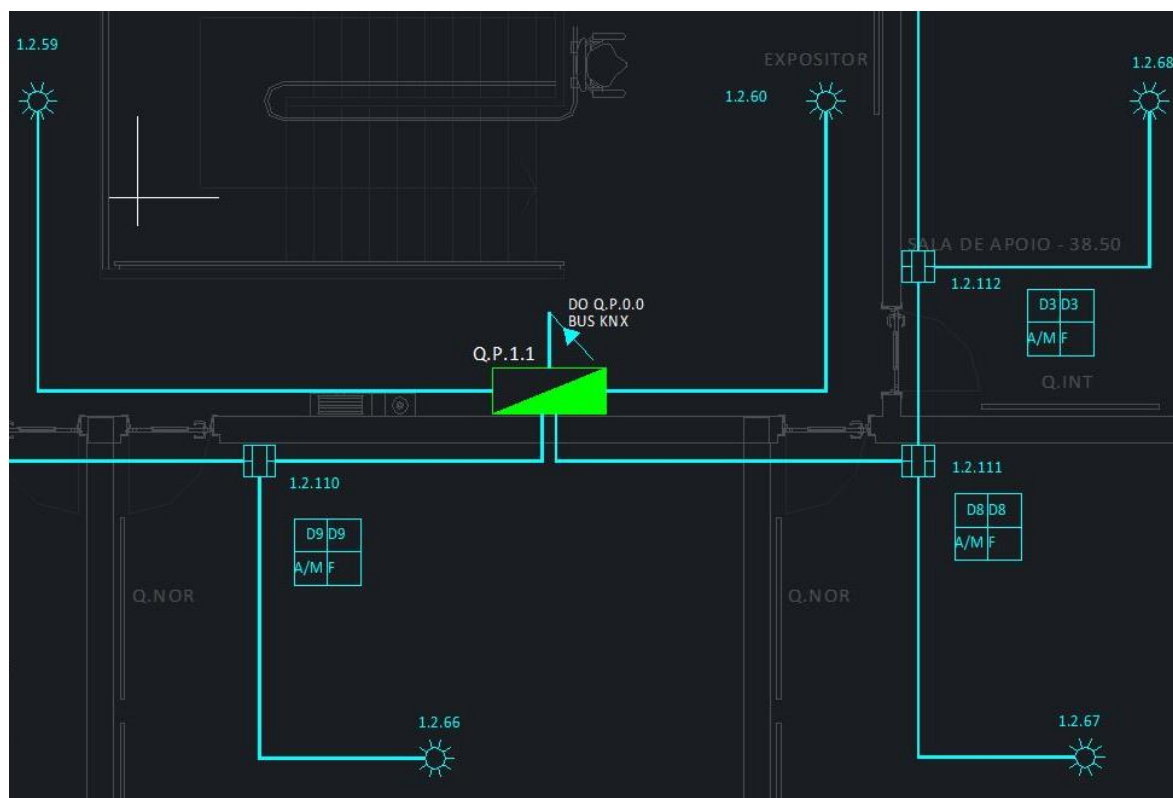


Figura 26 - Exemplo de atribuição de endereços físicos nos desenhos de traçado

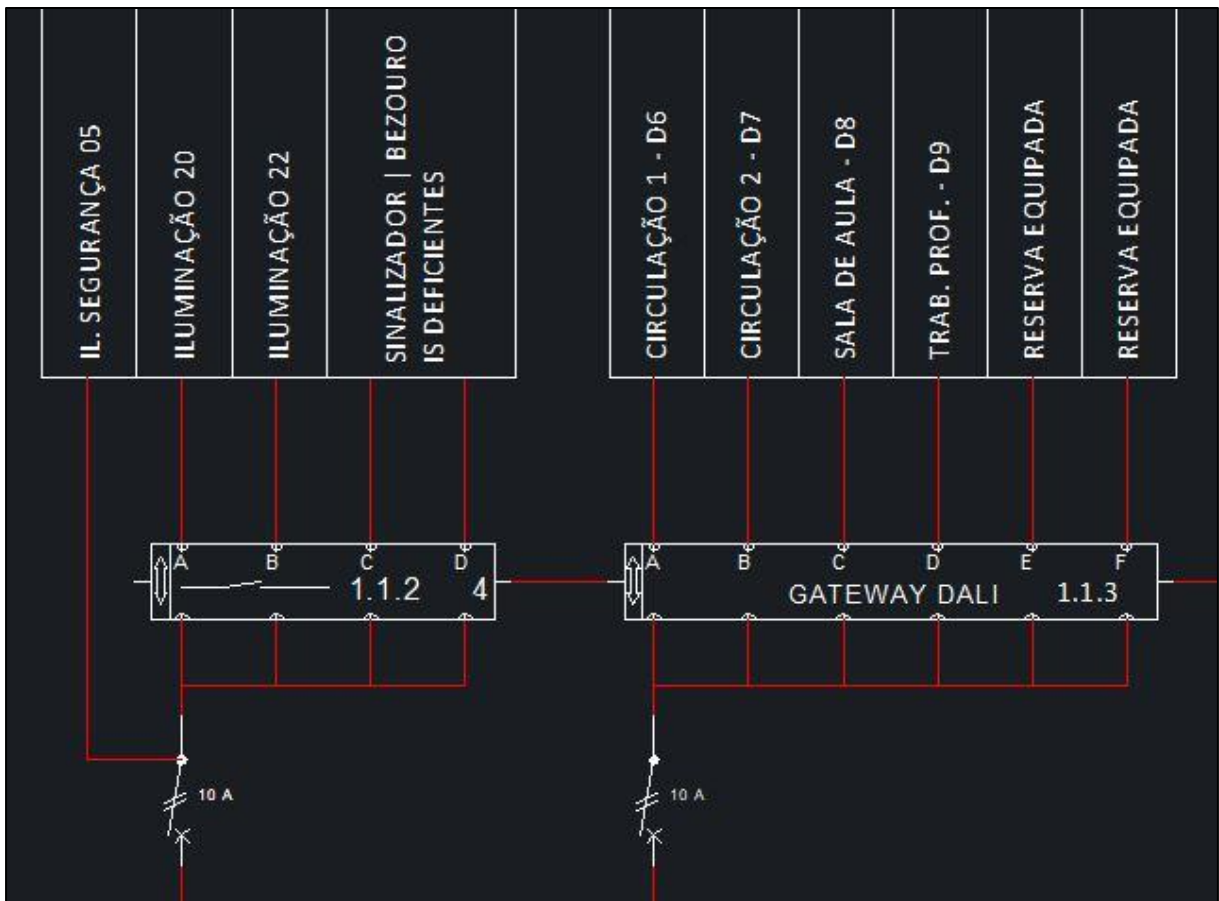


Figura 27 - Exemplo de atribuição de endereços físicos nos esquemas unifilares dos quadros elétricos

Estando todos os equipamentos KNX com os endereços físicos atribuídos iniciou-se a criação do projeto no software de programação ETS.

Inicialmente definiu-se a topologia como KNX TP, uma vez que neste projeto apenas estavam previstos equipamentos com comunicação KNX TP e definiu-se o estilo de endereços de grupo para o nível três, que nos dá uma maior liberdade de organização dos endereços de grupo.

Posteriormente iniciou-se o processo de criação da árvore topológica do KNX com a criação das diversas áreas e/ou linhas KNX previstas no projeto e também a importação das bases de dados de todos os equipamentos necessários através da pesquisa das suas referências no catálogo do ETS onde a maioria dos fabricantes disponibiliza as suas bases de dados. Ao mesmo tempo que se procedeu à importação foram-se atribuindo os endereços físicos respetivos aos equipamentos.

Na **Figura 28** pode observar-se um exemplo do que foi referido anteriormente.

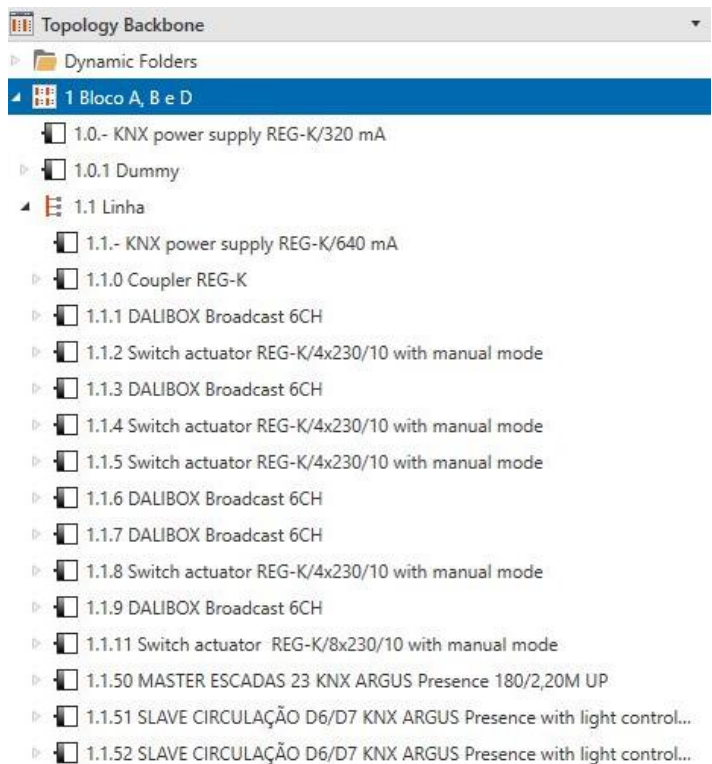


Figura 28 - Exemplo parcial da topologia criada no ETS

Depois de toda a topologia ser criada e todos os equipamentos terem o seu endereço físico atribuído passou-se à fase de alteração dos parâmetros de cada equipamento de forma a que cada um cumpra todas as funções idealizadas e para que todos os objetos de grupo necessários sejam disponibilizados no ETS.

Na **Figura 29** é possível observar alguns objetos de grupo disponibilizados por um atuador de 4 canais após o mesmo ser parametrizado.

	Number	Name	Object Function
➡	0	Switch object	Channel 1
➡	3	Status feedback object	Channel 1
➡	4	Switch object	Channel 2
➡	5	Priority	Channel 2
➡	7	Status feedback object	Channel 2
➡	8	Switch object	Channel 3
➡	9	Priority	Channel 3
➡	11	Status feedback object	Channel 3
➡	12	Switch object	Channel 4
➡	13	Priority	Channel 4
➡	15	Status feedback object	Channel 4

Figura 29 - Objetos de grupo de um atuador de 4 canais

A fase seguinte foi criar todos os endereços de grupo necessários.

Na **Figura 30** pode observar-se o exemplo de alguns endereços de grupo criados, relembrando que foi escolhido o estilo de endereços de grupo de nível três.

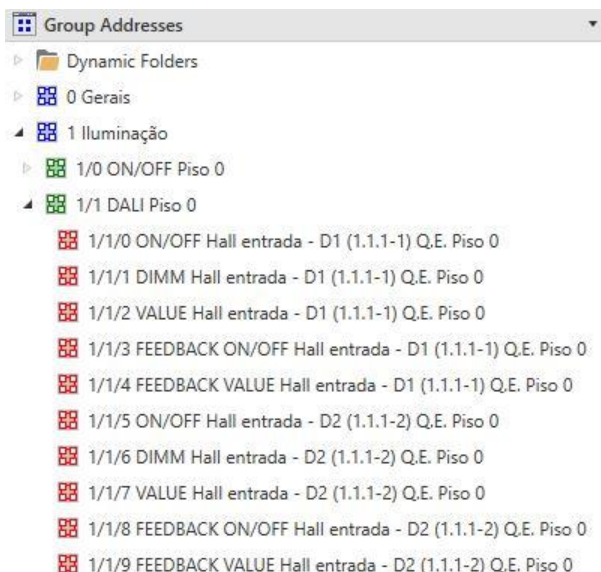


Figura 30 - Exemplo de endereços de grupo criados

De seguida começou-se a associação dos endereços de grupo criados, aos objetos de grupo dos diversos equipamentos de forma a criar a interação pretendida entre eles.

Nas **Figuras 31 e 32** podemos observar endereços de grupo comuns a dois equipamentos diferentes e que irá criar uma interligação entre eles no que diz respeito ao controlo da iluminação com regulação de fluxo luminoso de uma sala de reuniões.

	Number	Name	Object Function	Description	Group Address
0	0	Switch object	Input 1	ON/OFF DETETOR (1.1.61) PISO 0	3/1/18
1	1	Dimming object	Input 1	DIMM DETETOR (1.1.61) PISO 0	3/1/19
3	3	Switch object	Input 2	ON/OFF DETETOR (1.1.61) PISO 0	3/1/18
4	4	Dimming object	Input 2	DIMM DETETOR (1.1.61) PISO 0	3/1/19
6	6	Switch object A	Input 3	AT/MN DETETOR (1.1.61) PISO 0	3/1/22
9	9	Object A	Input 4	Chamada Funcionário 1.1.100 Piso 0	9/1/18
24	24	Disable object for inputs	Disable function for inputs	FEED AT/MN DETETOR (1.1.61) PISO 0	3/1/26
25	25	Switch object	Output 1		
28	28	Switch object	Output 2		
31	31	Switch object	Output 3		
34	34	Switch object	Output 4		

Figura 31 - Associação de endereços de grupo a objetos de grupo em interface de entradas binárias de 4 canais ligada a um botão de pressão de 4 teclas

	Number	Name	Object Function	Description	Group Address
■ ↕	60	Switch output	Closed-loop control	ON/OFF Sala reuniões - D8 (1.1.3-3) Q.E. Piso 0	1/1/35
■ ↕	61	Dimming output	Closed-loop control	DIMM Sala de reuniões - D8 (1.1.3-3) Q.E. Piso 0	1/1/36
■ ↕	62	Setpoint 1	Closed-loop control	VALUE Sala de reuniões - D8 (1.1.3-3) Q.E. Piso 0	1/1/37
■ ↕	64	Feedback, operation mode	Closed-loop control	FEED AT/MN DETETOR (1.1.61) PISO 0	3/1/26
■ ↕	68	Switch input	Closed-loop control	ON/OFF DETETOR (1.1.61) PISO 0	3/1/18
■ ↕	69	Dimming input	Closed-loop control	DIMM DETETOR (1.1.61) PISO 0	3/1/19
■ ↕	70	Value input	Closed-loop control	VALUE DETETOR (1.1.61) PISO 0	3/1/20
■ ↕	71	Lux value setting	Closed-loop control	LUX DETETOR (1.1.61) PISO 0	3/1/21, 0/2/1
■ ↕	72	Automatic/manual object	Closed-loop control	AT/MN DETETOR (1.1.61) PISO 0	3/1/22, 0/2/0
■ ↕	73	Master trigger object	Closed-loop control	MASTER DETETOR (1.1.61) PISO 0	3/1/23
■ ↕	75	Time factor, staircase timer	Closed-loop control	TIME DETETOR (1.1.61) PISO 0	3/1/24, 0/2/2
■ ↕	107	Resulting actual value	Send	ATUAL DETETOR (1.1.61) PISO 0	3/1/25
■ ↕	109	Status feedback object	Safety pause		

Figura 32 – Associação de endereços de grupo a objetos de grupo de detetor de presença

Estes dois equipamentos foram programados de forma a que o controlo da iluminação da sala de reuniões possa ser feito de forma automática, através do detetor de movimento/presença com sensor de luminosidade através de vários parâmetros como a deteção de movimento ou presença na sala e o *setpoint* (lux) desejado, ou de forma manual através do botão de pressão de 4 teclas instalado à entrada da sala onde é possível alternar entre o modo de funcionamento (Automático/Manual), ligar/desligar a iluminação e ainda regular o fluxo luminoso (0-100%). Foi ainda programado o botão de pressão de 4 teclas de forma a que não seja possível controlar a iluminação manualmente quando o modo de funcionamento se encontra em automático, não permitindo assim sobreposição de controlo.

4.3.1. Controlo de iluminação

O controlo de iluminação do edifício através do KNX incidiu sobre toda a iluminação interior exceto alguns compartimentos de menor utilização como arrecadações ou salas técnicas, por exemplo, e também sobre a iluminação exterior. A maioria da iluminação interior possui regulação de fluxo através de *gateways* KNX/DALI *Broadcast* de 6 canais enquanto que a iluminação exterior é “convencional” funcionando apenas como *ON/OFF*. Em todas as salas existe pelo menos um detetor e um botão de pressão para o controlo da iluminação sendo que em salas maiores esse número é maior para cobrir toda a área do espaço. Nas zonas de circulação toda a iluminação funciona em modo automático, não existindo controlo local, sendo que é possível efetuar o controlo manual através da visualização do SGTC.

Nas **Figuras 33, 34 e 35** é possível observar alguns dos equipamentos KNX utilizado no controlo da iluminação.

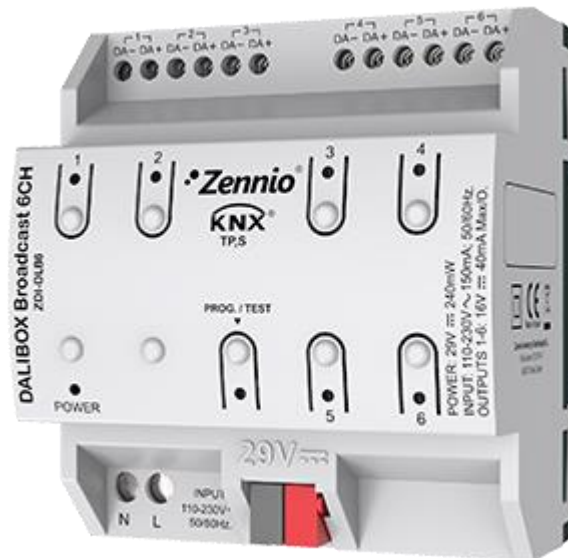


Figura 3335 - Gateway KNX/DAL broadcast de 6 canais da Zennio, ref. ZIO-DLB6I



Figura 34 - Interface de 4 entradas binárias para botão de pressão da Schneider, ref. MTN670804



Figura 33 - Detetor de presença da Schneider, ref. MTN630919

Na **Figura 36** temos uma figura relativa aos botões de pressão de 4 funções utilizados para o controlo local da iluminação e chamadas de sala, nas diversas salas do edifício e que foram ligados aos interfaces KNX de 4 entradas binárias representados na **Figura 34**. Pode ainda observar-se a legenda identificativa da função de cada tecla.

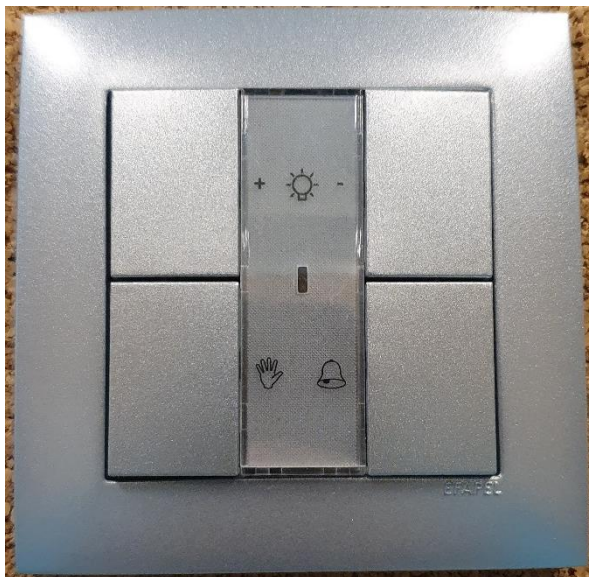


Figura 36 - Botão de pressão com 4 funções da EFAPEL, ref. 21164

Na **Figura 37** é possível observar um pormenor da representação em projeto do botão de pressão, do detetor de movimento/presença e do bus DALI a passar pelas luminárias de uma sala de aula do edifício.

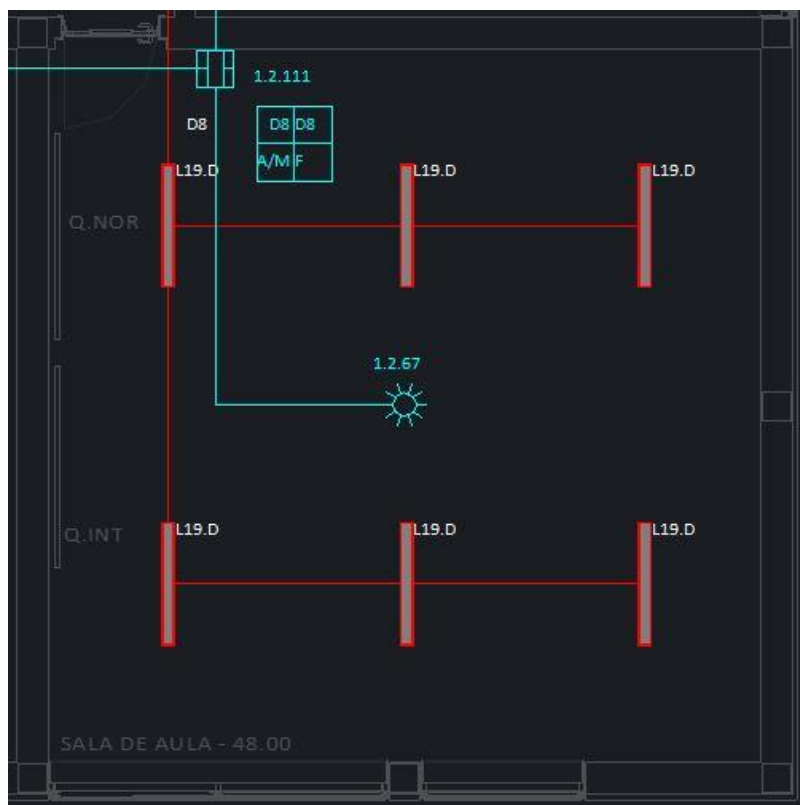


Figura 37 - Pormenor de projeto do controlo de iluminação de uma sala

Na **Figura 38** é ainda possível observar o esquema de ligações desenhado para que, na obra, todos os botões fossem ligados aos interfaces KNX na mesma sequência e conforme foram programados no ETS.

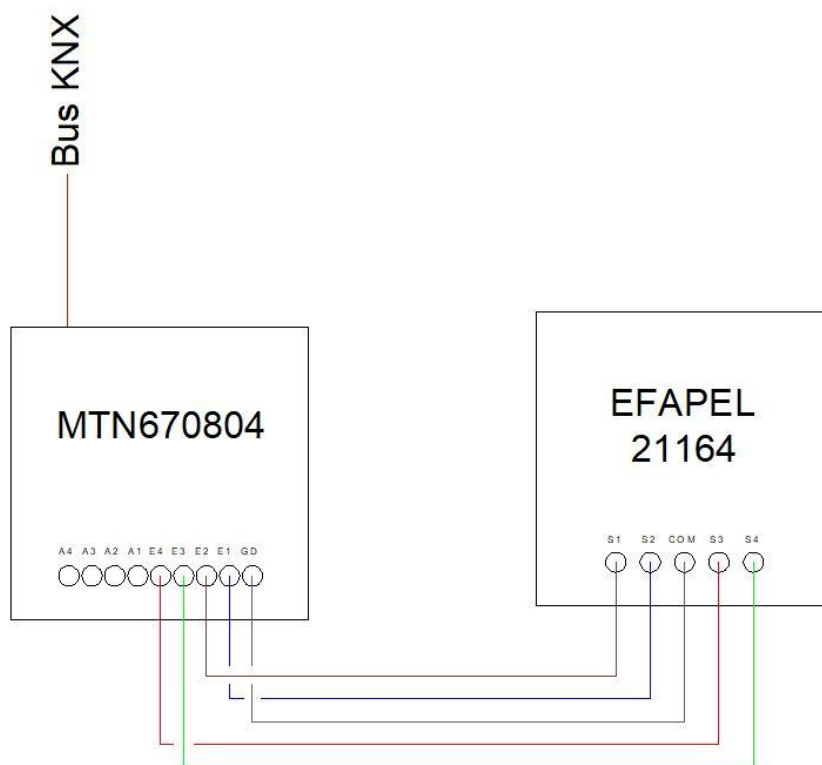


Figura 38 - Esquema de ligações botão de pressão - Interface KNX

4.3.2. Chamadas das instalações sanitárias para deficientes

O controlo e monitorização das chamadas das instalações sanitárias para deficientes através do KNX foi realizado recorrendo a botões de cordão convencionais ligados a módulos de embutir de entradas binárias e módulos atuadores que atuam a sinalização visual e auditiva através de sinalizadores e besouros instalados junto a cada instalação sanitária para deficientes e também um besouro central junto ao painel tátil do SGTC. Além da sinalização já mencionada, e uma vez que este sistema de chamadas é integrado no SGTC, quando ocorre alguma chamada de uma destas instalações sanitárias é despoletado um alerta no painel tátil onde é referido de que instalação sanitário foi feito o alerta o que facilita ainda mais a localização exata de onde a chamada foi realizada e assim possibilita que a ajuda seja mais célere a chegar onde é necessária.

Na **Figura 39** é possível observar o equipamento KNX utilizado em cada instalação sanitária para receber o sinal de alerta do botão de cordão e do botão de pressão para receber o cancelamento local do alerta e na **figura 40**, o pormenor de projeto onde são representados os diferentes equipamentos do sistema de chamadas.

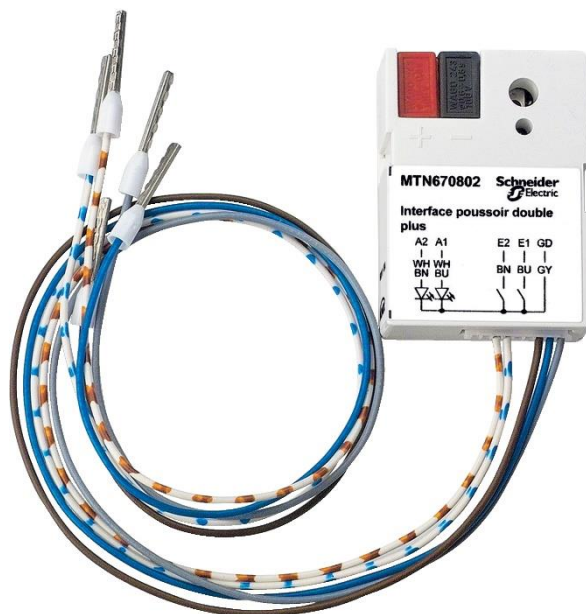


Figura 39 - Interface de 2 entradas binárias para botão de pressão da Schneider, ref. MTN670802

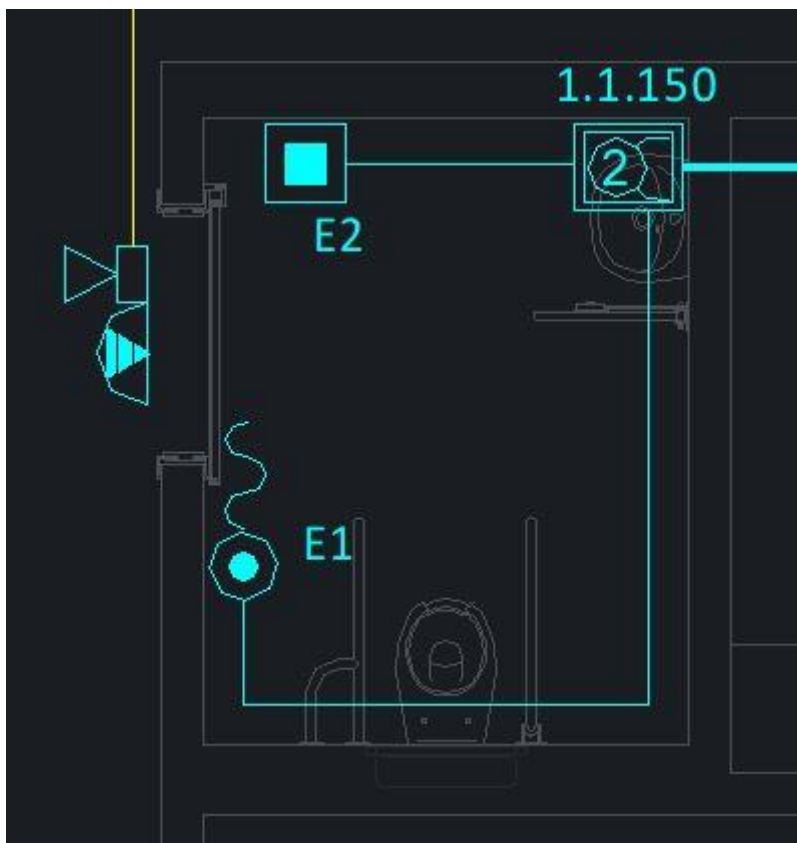


Figura 40 – Pormenor de projeto do sistema de chamadas das I.S. para deficientes

4.3.3. Chamadas de sala

As chamadas de sala permitem que uma das teclas de cada botão pressão localizado nas salas de aula despolete um alerta no painel do SGTC e ainda um alerta sonoro no besouro central, junto ao posto de trabalho do auxiliar, o que permite que o auxiliar saiba que houve uma chamada de uma determinada sala e assim se possa dirigir a essa sala. Um toque longo na tecla de chamada do botão de pressão dá origem á chamada de sala e um toque curto cancela a chamada de sala e assim é evitado que por exemplo uma criança toque acidentalmente na tecla e despolete logo uma chamada.

4.3.4. Campainhas e relógios

O controlo das campainhas e dos relógios do edifício foi realizado através de relógios KNX e campainhas convencionais ligadas a módulos de saídas KNX sendo que foi criado um endereço de grupo relativo à hora atual e que foi associado no ETS a todos os relógios KNX do edifício de forma a manter o sincronismo entre eles. Esse endereço de grupo é atualizado de hora em hora pelo servidor multiprotocolo que tem acesso à internet e mantém as horas atualizadas através de um NTP (*Network Time Protocol*).

Na **Figura 41** é possível observar o relógio KNX utilizado.

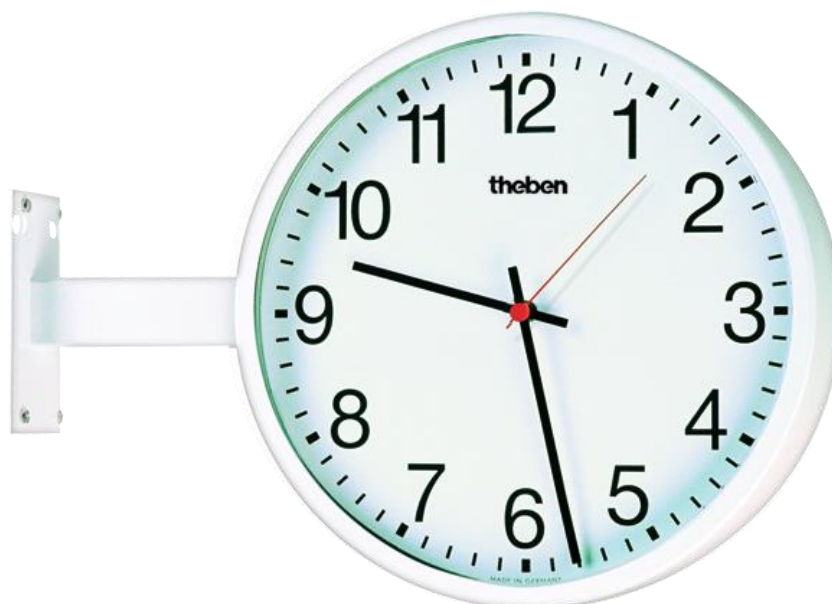


Figura 41 - Relógio KNX de duas faces com suporte de parede/teto da Theben, ref 5009250

4.3.5. Consumos de água e gás

De forma a ser possível aceder à leitura de consumos de água e gás do edifício foram utilizados interfaces próprios que enviam “x” impulsos por cada “x” m³ de consumo e através de um leitor de impulsos KNX é possível em tempo real termos essa leitura.

Na **Figura 42** é possível observar o equipamento KNX utilizado para realizar as leituras dos impulsos vindos do contador de água e gás do edifício.

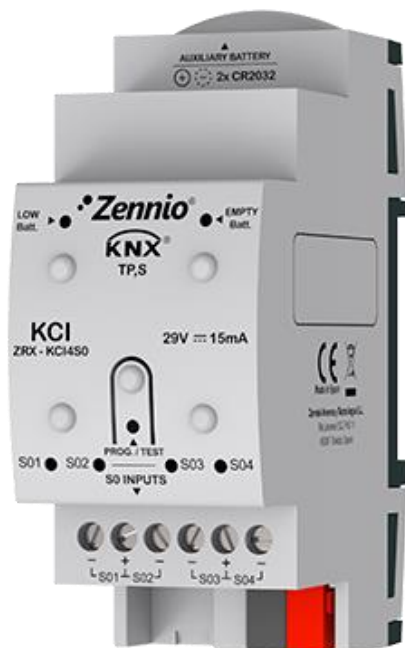


Figura 42 - Leitor de impulsos para contadores de energia elétrica, água e gás da Zennio, ref. ZRX-KCI4S0

4.3.6. Ventiladores de extração de ar, central térmica e registos corta-fogo

A passagem dos pontos de controlo e monitorização relativos aos ventiladores de extração de ar, central térmica e registos corta-fogo foi efetuada com recurso a três tipos de módulos KNX sendo que o primeiro tipo são módulos mistos com entradas e saídas digitais e analógicas, o segundo tipo são módulos mistos com entradas e saídas em tensão e o terceiro tipo são módulos de entradas binárias, localizados nos quadros de AVAC. No **Anexo 2** é possível consultar o exemplo de alguns desses pontos.

O objetivo foi conseguir integrar os diversos pontos no SGTC através do KNX e desenvolver a programação de algumas rotinas relativas à central térmica.

A central térmica é composta por um *chiller* a 4 tubos que faz aquecimento e arrefecimento de água para ser utilizada no arrefecimento do ar nas UTA's, caldeira a gás natural para realizar o aquecimento de AQS, depósitos de inércia, depósito de AQS, coletores de avanço e retorno de água, bombas de circulação de água e ainda um sistema solar térmico de apoio às AQS. Nas **Figuras 43, 44 e 45** é possível observar o tipo de equipamentos que se utilizou e descreveu anteriormente.



Figura 43 - Siemens Synco 700

Estes equipamentos da Siemens, representados na **Figura 43**, pertencem ao primeiro tipo de módulos referido anteriormente e são parametrizados e programados no ETS para permitir toda a integração no sistema KNX e no SGTC do edifício, no entanto também necessitam de ser parametrizados e programados num software específico desenvolvido pela Siemens e denominado por “ACS Tool”. Estes módulos foram desenhados pela Siemens a pensar sobretudo em disponibilizar métodos de controlo simples, eficazes, abrangentes e robustos de sistemas de AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado) e AQS (Águas Quentes Sanitárias) com a possibilidade da integração em sistemas KNX. Nesta obra este tipo de módulos foi utilizado essencialmente para controlo “ligar/desligar” das bombas de circulação de água, receber estados de avaria das mesmas e temperaturas da água em diversos pontos da central térmica, como por exemplo, nos depósitos de inércia e de AQS.



Figura 44 - Módulo misto KNX da Siemens, ref. 5WG1 502-1AB02

Os módulos representados na **Figura 44** pertencem ao segundo tipo de módulos e são módulos KNX mistos com 8 entradas e 8 saídas. As entradas alteram o seu estado consoante a presença ou não de uma tensão que neste caso deverá ser entre 12V a 230V AC/DC. Já as saídas são a relé e suportam intensidades de corrente até 16A com uma tensão de 230V 50/60Hz. Estes módulos podem ser parametrizados para que as suas entradas atuem diretamente as saídas correspondentes ou para que as suas entradas e saídas sejam independentes. Neste caso em específico, estes módulos foram utilizados para enviar os comandos de ligar/desligar os ventiladores de extração de ar e para receberem os estados de avaria dos mesmos.

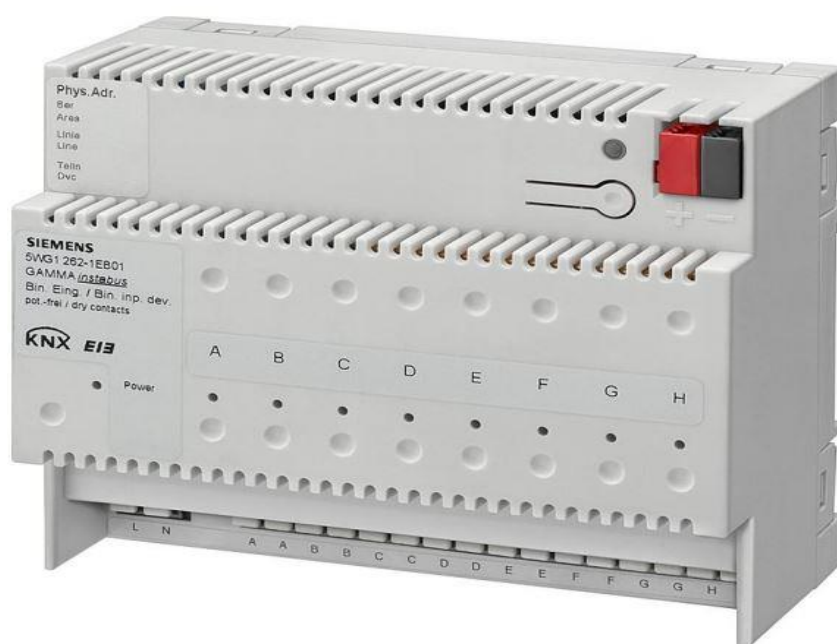


Figura 45 - Módulo KNX de entradas binárias da Siemens, ref. 5WG1 262-1EB01

Por outro lado, os módulos representados na **figura 45** são módulos de 8 entradas binárias e foram utilizados exclusivamente para receber os estados “aberto/fechado” dos registos corta fogo espalhados pelas condutas de ventilação e climatização do edifício.

De referir ainda que o *chiller* foi instalado com controlo próprio do fabricante e o mesmo faz a sua autogestão de funcionamento sem intervenção do SGTC à exceção da limitação de funcionamento por horários pré-definidos de acordo com o horário de funcionamento do edifício.

Associado a estes módulos foi ainda associado um sensor KNX de temperatura e humidade do ar exterior que permite ter acesso em tempo real aos parâmetros de temperatura e humidade do ar exterior e com esses dados criar ajustar o comportamento dos sistemas associados ao AVAC e AQS além de serem disponibilizados ao utilizador do SGTC. O sensor utilizado pode ser observado na **Figura 46**.



Figura 46 - Sensor de temperatura e humidade da Elsner, ref. TH65-AP

4.3.7. Central de Detecção de Incêndio (CDI)

O projeto do SGTC previa a ligação de sinais da CDI ao KNX através de um *interface* KNX de 4 entradas binárias, tal como o usado para ligação dos botões de pressão. Assim efetuou-se a parametrização e programação deste *interface* para receber quatro sinais da CDI, nomeadamente,

- Estado modo presente;
- Estado modo ausente;
- Alarme;
- Avaria.

Deste modo é possível disponibilizar a informação destes estados na visualização do SGTC sem ser necessário verificar diretamente na CDI além de todas as alterações de estado ficarem registadas no SGTC com a informação horária a que tais alterações ocorreram.

	Number	Name	Object Function	Description	Group Address	Length
➡	0	Object A	Input 1	Estado Modo Presente Bloco A, B e D	8/0/0	1 bit
➡	3	Object A	Input 2	Estado Modo Ausente Bloco A, B e D	8/0/1	1 bit
➡	6	Object A	Input 3	Alarme Bloco A, B e D	8/0/2	1 bit
➡	9	Object A	Input 4	Avaria Bloco A, B e D	8/0/3	1 bit
➡	25	Switch object	Output 1			1 bit
➡	28	Switch object	Output 2			1 bit
➡	31	Switch object	Output 3			1 bit
➡	34	Switch object	Output 4			1 bit

Figura 47 - Associação de endereços de grupo dos estados da CDI

Na **Figura 47** é possível observar os endereços de grupo associados aos objetos de grupo do *interface* KNX de 4 entradas binárias, no ETS.

4.3.8. Central de Detecção de Intrusão e Roubo (CDIR)

O projeto previu também a ligação da CDIR ao KNX, mas neste caso através de um módulo misto com duas saídas a relé e quatro entradas analógico-digitais. Desse modo o módulo foi parametrizado e programado com os seguintes sinais,

- Saídas:
 - Armar/Desarmar CDIR;
- Entradas:
 - Alarme;
 - Estado CDIR armada/desarmada.

Assim é possível, no SGTC e a partir do KNX, saber o estado armado/desarmado da CDIR, se está em alarme ou não e ainda é possível enviar um comando para armar ou desarmar a CDIR. Isto permite que na visualização seja criada uma interface para que a CDIR possa ser controlada de forma geral a partir da visualização do SGTC e assim praticamente dispensar a utilização dos teclados dedicados da CDIR para a sua utilização diária.

	Number	Name	Object Function	Description	Group Address	Length
	87	[Outputs] Scenes	0 – 63 (Execute 1 – 64); 128 – 191 (Save 1 – 64)			1 byte
	88	[O1] On/Off	N.O. (0=Open Relay; 1=Close Relay)	Bloco ABD Armar Chave	6/0/2, 6/0/0	1 bit
	89	[O1] On/Off (Status)	0=Output Off; 1=Output On	Bloco ABD FEEDBACK Armar Chave	6/0/3	1 bit
	90	[O1] Lock	0=Unlock; 1=Lock			1 bit
	281	[I1] Input Lock	0 = Unlock; 1 = Lock			1 bit
	282	[I1] [Switch/Sensor] Edge	Sending of 0 or 1	Bloco ABD Alarme!	6/0/1	1 bit
	287	[I2] Input Lock	0 = Unlock; 1 = Lock			1 bit
	288	[I2] [Switch/Sensor] Edge	Sending of 0 or 1	Bloco ABD Armar total	6/0/0	1 bit

Figura 48 - Associação de endereços de grupo dos estados da CDIR

Na **Figura 48** é possível observar os endereços de grupo associados aos objetos de grupo do módulo misto KNX, no ETS.



Figura 49 - Módulo KNX misto com 2 saídas e 4 entrada da Zennio, ref. ZIOIB24V2

Na **Figura 49** está representado o módulo utilizado para a interligação da CDIR ao KNX. Tendo em conta as suas dimensões reduzidas, já que é um módulo pensado para ser embutido em caixas de aparelhagem, na obra em questão ficou instalado junto da própria CDIR mas sem que se consiga acesso direto sem a desmontar de forma a que esteja garantida a segurança.

4.4. Sistema de climatização por ventiloconvectores

No projeto de AVAC foram previstos ventiloconvectores, ou VC's como se costumam denominar gíria, nas salas do edifício para efetuar a climatização do ar ambiente. Os VC's previsto teriam um sistema a 4 tubos o que permite que cada ventiloconvector climatize a sala onde se localiza com ar aquecido ou ar arrefecido conforme necessário e sem estar dependente, para essa operação, dos restantes ventiloconvectores do mesmo circuito.

O projeto de SGTC previa a integração do controlo dos VC's, além de poderem ser controlados localmente. Desse modo utilizaram-se termostatos locais específicos para controlo de VC's a 4 tubos que incluem comunicação por Modbus RTU RS485. Assim foi necessário endereçar cada um dos termostatos com o seu endereço único e criar uma rede de comunicação Modbus RTU 485 entre eles e o servidor/gateway multiprotocolo para que o seu controlo pudesse ser assegurado também pelo SGTC.



Figura 50 - Termostato para ventiloconvector da Schneider, ref. TC303-3A4DLMS

Na **Figura 50** está representado o termostato utilizado para o controlo local dos ventiloconvectores. A série TC300 da Schneider possui várias referências com diferenças em algumas características, no entanto para este caso a opção foi pela

referência TC303-3A4DLMS que possui todas as características pretendidas para controlo dos VC's a 4 tubos e comunicação Modbus RTU RS485.

O próprio termostato possui sonda de temperatura e um microprocessador programado de fábrica para fazer todo o controlo do ventiloconvector de acordo com o *setpoint* de temperatura desejado no local.

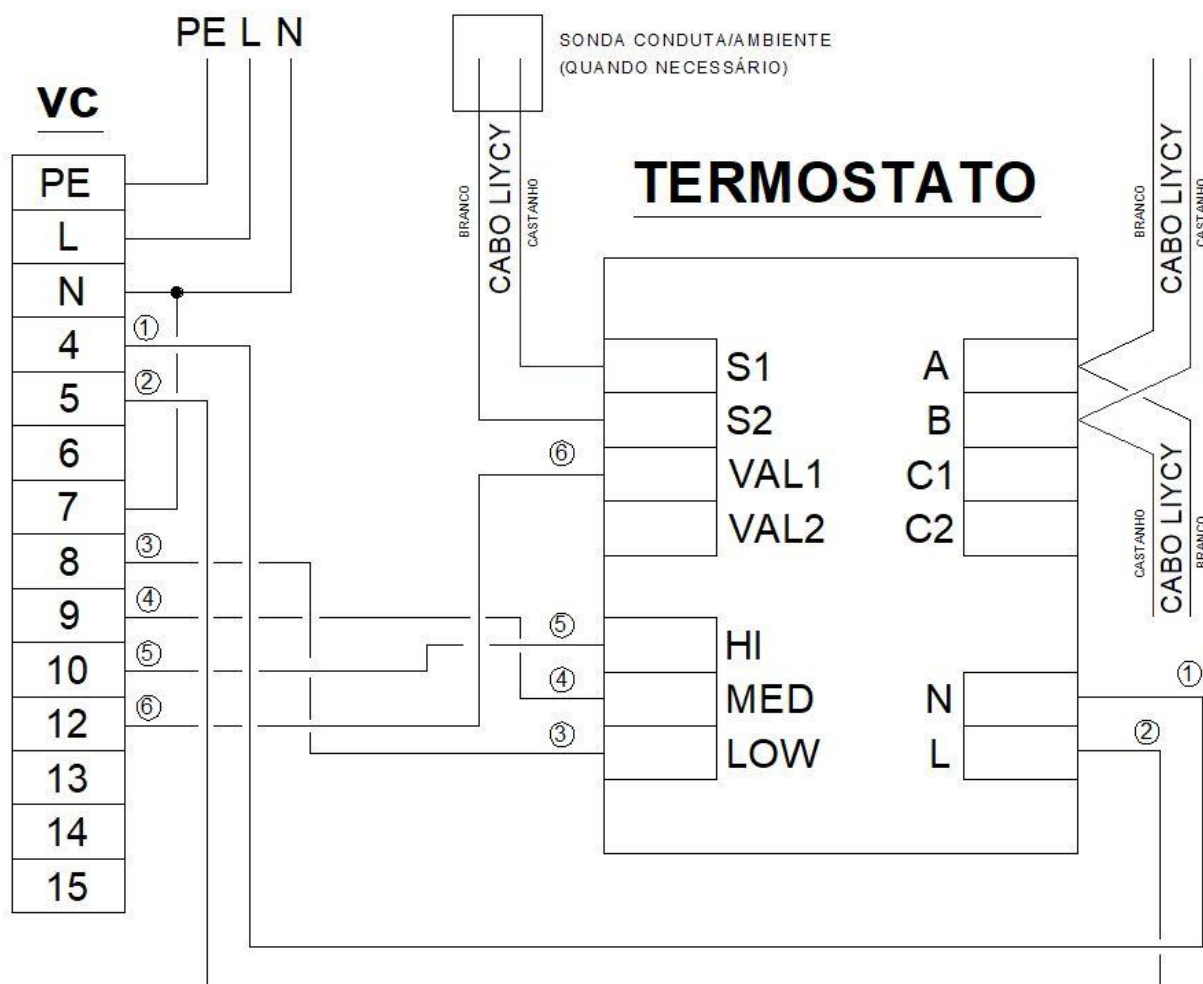


Figura 51 - Esquema de ligações elétricas VC - Termostato

Na **Figura 51** está representado o esquema de ligações elétricas entre o VC e o termostato referido anteriormente, que foi desenhado num programa de CAD e enviado para a obra de forma a que as ligações fossem realizadas sem erros e assim evitar possíveis avarias nos VC's ou nos termostatos. É possível ainda observar a ligação Modbus RTU nos bornes A e B do termostato que é realizada em *daisy chain* passando por todos os termostatos até ao servidor/gateway multiprotocolo. Neste caso a ligação da sonda de temperatura externa não foi necessária pois usou-se a sonda de temperatura ambiente do próprio termostato.

4.5. Unidades de Tratamento de Ar (UTA)

O projeto do SGTC do edifício previa a instalação de um quadro elétrico dedicado a cada UTA onde seria instalado um controlador programável individual com comunicação Bacnet/IP com o SGTC. Nesse sentido utilizaram-se controladores que oferecem um conjunto flexível de entradas e saídas digitais e analógicas para o comando dos diversos componentes das UTAS e receção dos diversos estados e dos valores enviados pelos diversos sensores presentes nas mesmas.

As UTA's previstas para o edifício têm três funções principais, nomeadamente,

- Extração de ar “viciado” do interior do edifício;
- Insuflação de ar novo para o interior do edifício;
- Tratamento (filtragem) e climatização do ar novo a ser insuflado.

No **Anexo 3** pode ser observado o exemplo do mapa de pontos, de uma UTA do edifício, onde se pode constar a identificação, descrição e o número das entradas e saídas (I/O) digitais e analógicas.

O controlador programável individual previsto e utilizado foi dimensionado de acordo com o mapa de pontos e recaiu sobre a gama MP-C da Schneider. A gama MP-C da Schneider possui vários controladores com diferentes números no que concerne à quantidade de entradas e saídas, assim na **figura 52** podem observar-se as grandes diferenças existentes entre cada modelo e ainda o modelo escolhido, assinalado a vermelho.

I/O Point Types by MP-C Models

I/O Point Types	MP-C-15A	MP-C-18A	MP-C-18B	MP-C-24A	MP-C-36A
Universal I/O Type Ub	8	10	10	16	20
Universal I/O Type Uc	-	-	-	4	8
Triac outputs	6	4	8	-	-
Relay outputs	-	3	-	4	8
Form A High power relay outputs	1	1	-	-	-
Form A					

Figura 52 – Comparação de I/O da gama de controladores MP-C da Schneider (Schneider Electric, 2021)

Na **Figura 53** é ainda possível distinguir a configuração possível de cada um dos tipos de entradas e saídas dos módulos MP-C. De salientar que nesta situação em específico, todas as saídas analógicas utilizadas foram configuradas na tipologia de tensão 0-10V DC de forma a que fossem compatibilizadas com os equipamentos de campo (sensores de temperatura, atuadores, etc).

Configurations by I/O Point Types

Configurations	Universal I/O Type Ub	Universal I/O Type Uc	Triac Outputs	Relay Outputs Form A	High Power Relay Outputs Form A
Digital inputs	yes	yes	-	-	-
Counter inputs	yes	yes	-	-	-
Supervised inputs	yes	yes	-	-	-
Voltage inputs (0 to 10 VDC)	yes	yes	-	-	-
Current inputs (0 to 20 mA)	yes	yes	-	-	-
Temperature inputs	yes	yes	-	-	-
Resistive inputs	yes	yes	-	-	-
2-wire RTD temperature inputs	yes	yes	-	-	-
Voltage outputs (0 to 10 VDC)	yes	yes	-	-	-
Current outputs (0 to 20 mA)	-	yes	-	-	-
Digital outputs	-	-	yes	yes	yes
Digital pulsed outputs	-	-	yes	yes	yes

Figura 53 – Configuração por tipo de entrada/saída dos módulos MP-C (Schneider Electric, 2021)

Seguidamente na **Figura 54** é possível observar uma representação do aspeto exterior frontal do controlador utilizado, MP-C24A da Schneider.

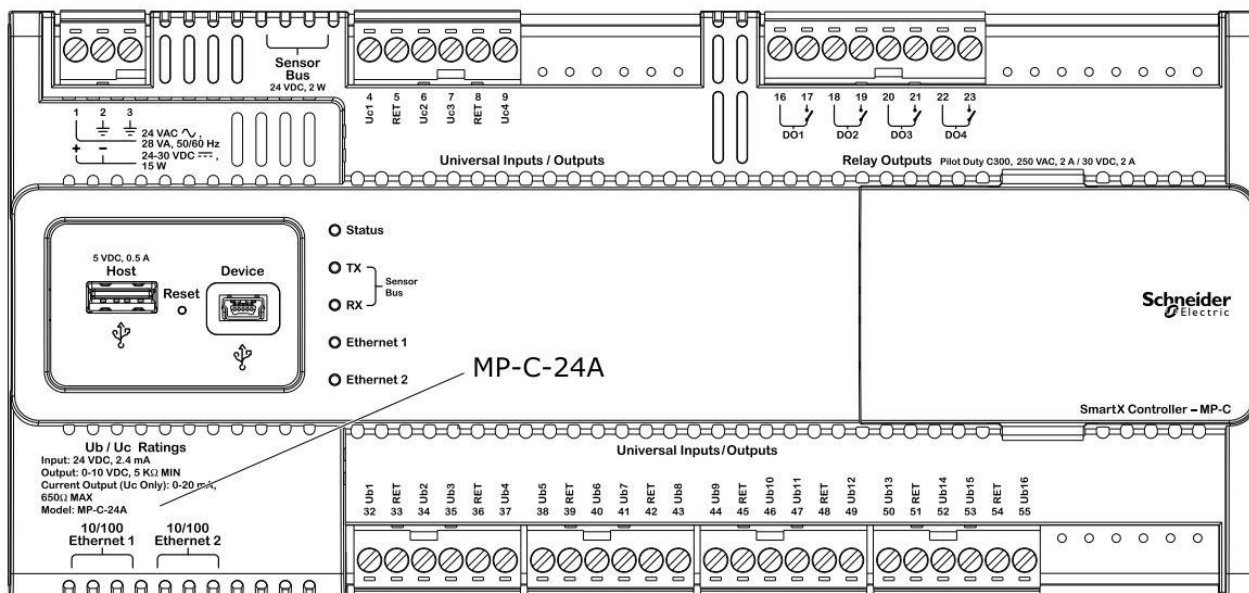


Figura 54 - Controlador MP-C24A da Schneider

Na **Figura 55** é possível observar parte do esquema de ligações entre o controlador MP-C e os diversos pontos de uma UTA.

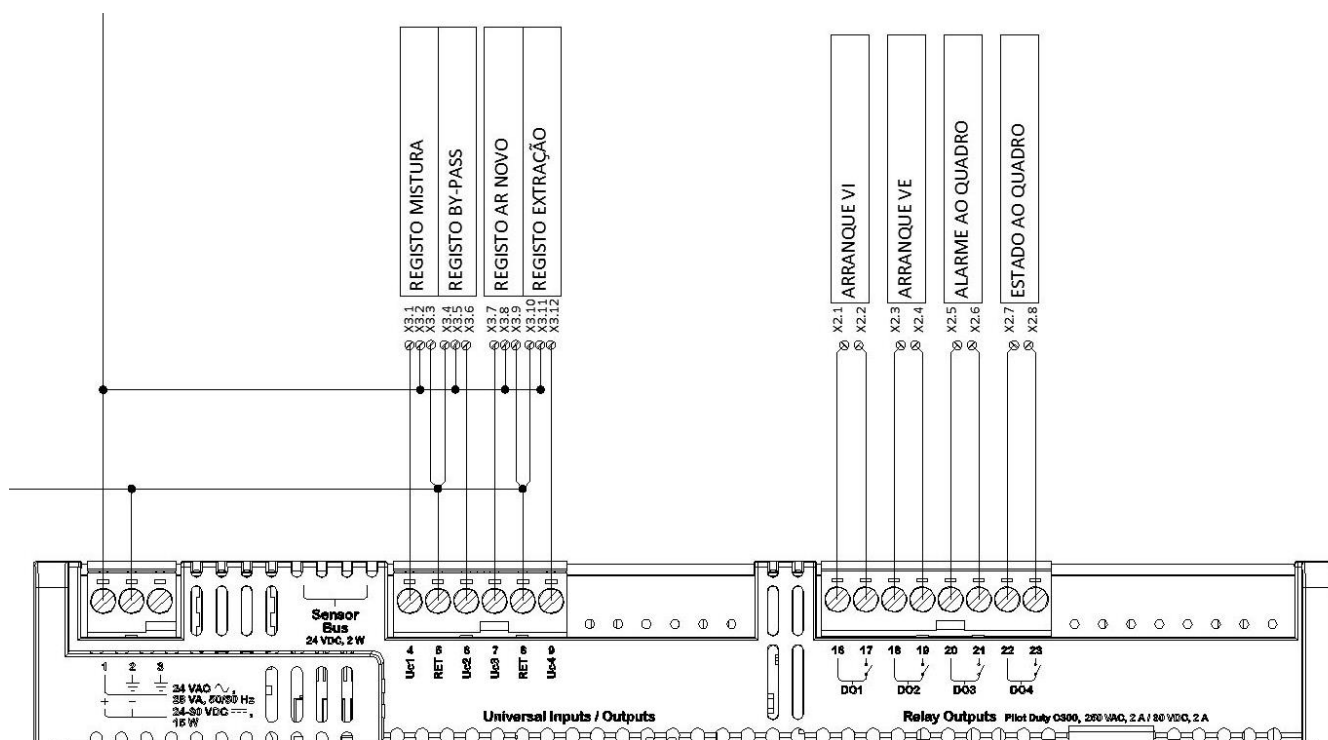


Figura 55 - Parte do esquema de ligações entre o controlador MP-C e os pontos da UTA

Relativamente à programação dos controladores das UTAS, os mesmos foram programados com recorrendo essencialmente a três controlos PID (Proporcional Integral Derivative) sendo um para o controlo da válvula modulante (0-10V DC) da bateria de aquecimento, outro para o controlo da válvula modulante (0-10V DC) da bateria de arrefecimento e o terceiro para o controlo do registo de mistura (by-pass) de ar.

Os controlos PID para controlo das válvulas modulantes das baterias de aquecimento e arrefecimento têm em conta vários parâmetros como a temperatura definida como *setpoint* do ar de insuflação e a temperatura do ar de extração e que desse modo vão regular a percentagem de abertura (0-100%) de cada válvula conforme as necessidades de mais ou menos aquecimento/arrefecimento permitindo uma maior eficiência energética quando comparados com controlos ditos “convencionais”.

Já o controlo PID do registo de mistura tem em conta parâmetros como a temperatura do ar de extração, a temperatura de insuflação atual de insuflação, a temperatura definida de *setpoint* do ar de insuflação e a concentração de CO₂ do ar de extração. Assim a percentagem de abertura (0-100%) do registo de mistura é regulado conforme as condições de temperatura e concentração de CO₂ do ar extraído do interior do edifício e consoante a temperatura de *setpoint* pretendida. No limite, quando existe uma concentração demasiado elevada de CO₂ no ar extraído do interior do edifício, o controlador da UTA irá enviar um sinal para que o registo de mistura feche

completamente e assim não haver contaminação do ar novo que estiver a ser insuflado.

A programação deste tipo de controladores é realizada recorrendo a diagramas de função de blocos, ou *Function Block Diagram* (FDB) em inglês em que a programação é realizada conectando as entradas e saídas dos blocos de funções, pré-programados ou não, entre si de forma a que se chegue ao resultado pretendido.

Na **Figura 56** é possível observar parte do diagrama de função de bloco realizado para o controlo de uma UTA do edifício onde se encontra representado o bloco da função PID que realiza o controlo da válvula da sua bateria de aquecimento.

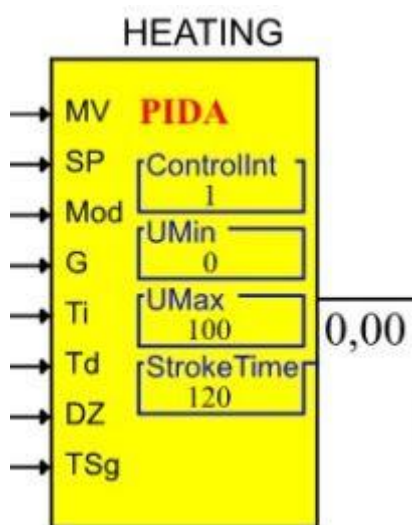


Figura 56 - Bloco de função PID de controlo da válvula da bateria de aquecimento de uma UTA

4.6. Monitorização e análise de energia elétrica

No projeto estava previsto um sistema de monitorização e análise de consumos de energia elétrica composto por contadores e analisadores de energia instalados nos quadros elétricos de entrada (Q.E.) e nos quadros elétricos dedicados ao AVAC (Q.AVAC) para que assim seja possível pelos responsáveis do edifício analisar o consumo de energia elétrica de todo o edifício e verificar que parte desse consumo é efetuado pelas instalações de AVAC.



Figura 57 - Contador de energia elétrica da Schneider, ref. A9MEM3255

Na **Figura 57** é possível observar o tipo de contadores de energia elétrica que foram instalados nos circuitos de maior consumo dos quadros elétricos de AVAC. Estes contadores são trifásicos e fazem a medição com recurso a transformadores de corrente (TC's) que são instalados nos circuitos elétricos onde se quer efetuar a medição e são ligados a entradas específicas para esse efeito, do contador. Possuem ainda comunicação Modbus RTU RS485 para comunicação dos consumos.



Figura 58 - Analisador de energia elétrica da Schneider, ref. METSEPM5110

Na **Figura 58** está representado o tipo de analisadores de energia elétrica que foram instalados “à cabeça” no quadro elétrico de entrada do edifício e nos quadros elétricos de AVAC. Assim como os contadores utilizados, estes analisadores são trifásicos, fazem a medição e análise da energia com recurso a TC's instalados nos circuitos elétricos e possuem comunicação Modbus RTU RS485.



Figura 59 - Servidor de energia da Schneider, ref. EBX510

Na **Figura 59** é possível observar o servidor de energia utilizado para receber e compilar todos os dados recebidos dos contadores e analisadores de energia elétrica comunicantes e instalados nos quadros, já referidos anteriormente.

Este equipamento possui uma ligação Modbus RTU RS485 funcionando como *master* dos contadores e analisadores. O servidor recebe os dados, regista-os e compila-os sendo possível observar de diversas maneiras os dados e analisá-los, como por exemplo através de gráficos e tabelas de dados.

Assim, foi necessário criar uma rede de Modbus RTU RS485 em *daisy chain*, tal como aconteceu com os termostatos dos VC's, interligando todos os contadores e analisadores até ao servidor de energia. Foi atribuído a cada contador ou analisador um endereço único na rede, endereços esses que foram configurados no servidor de energia para que possa identificar de onde são enviados os dados.

Na **Figura 60** é possível observar o exemplo de um conjunto de dados que são registado no servidor de energia.

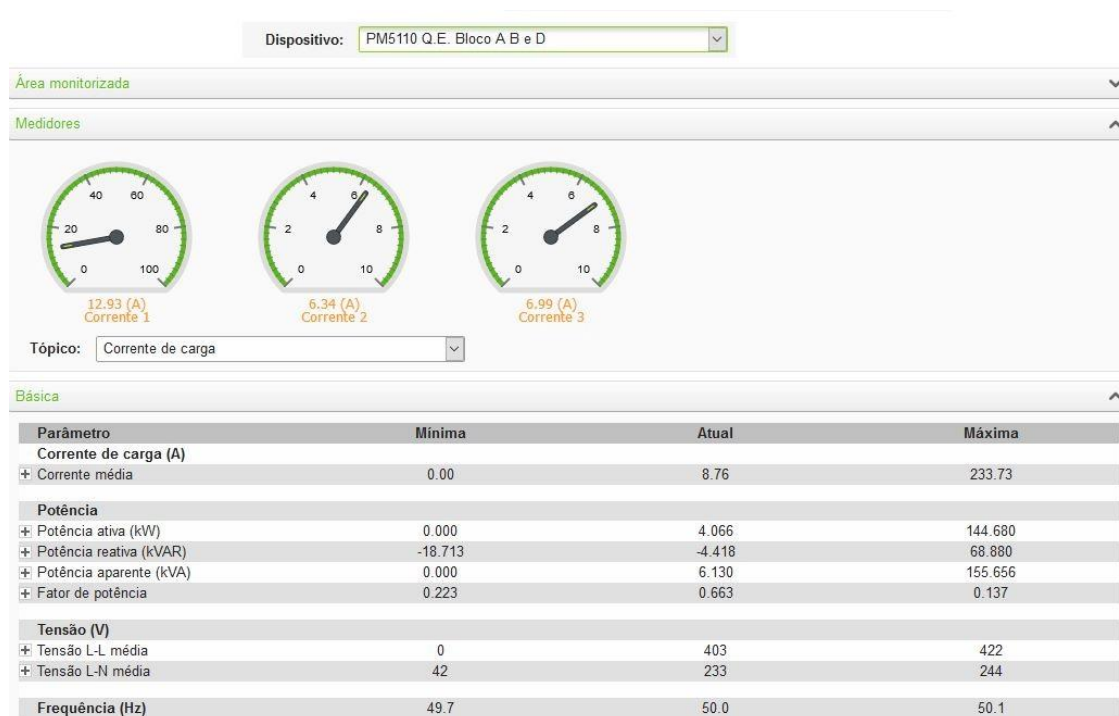


Figura 60 - Exemplo de um conjunto de dados registado no servidor de energia

Este servidor de energia possui ainda comunicação IP, o que permite que o servidor central do SGTC possa aceder por essa via ao mesmo e mostre os dados e as análises através do painel de visualização (HMI).

Assim os responsáveis do edifício têm à sua disposição uma ferramenta muito útil para poderem acompanhar, monitorizar e analisar os consumos de energia elétrica do edifício e com isso poderem tentar otimizar os mesmos.

4.7. Iluminação de emergência

O projeto de SGTC do edifício previa ainda a integração da iluminação de emergência do mesmo. Assim seria possível monitorizar vários estados e alertas relativos à condição de cada luminária de emergência, realizar e ter conhecimento dos resultados dos seus testes funcionais e de bateria, além da possibilidade de programar rotinas com vista à economia de energia elétrica.

Posto isto, foi usado o sistema de iluminação de emergência Exiway DiCube da Schneider que permite tudo o que era pretendido. Este sistema que recorre a uma característica com protocolo de controlo de iluminação DALI que permite controlo e comunicação de luminárias de emergência, nomeadamente o DALI *Device Type 1* (DT1).

Assim, este sistema a nível de ligações elétricas é igual a um sistema de controlo de iluminação DALI endereçável “normal”, portanto a cada luminária é ligada a alimentação 230V 50/60Hz e o bus DALI (DA+ e DA-). Cada luminária é endereçada com um endereço único e cada linha de luminárias apenas poderá ter até 64 luminárias.

Na **Figura 61** pode observar-se os equipamentos utilizados para efetuar o controlo, gestão e integração das luminárias de emergência.



Figura 61 - Equipamento de controlo do sistema Exiway DiCube da Schneider, ref. OVA53167

O equipamento representado à esquerda (*Exiway Smart Control*) é o controlador principal (*master*) do sistema de iluminação de emergência enquanto que o equipamento da direita (*Exiway Line Controller*) funciona como se fosse um *slave* que recebe e dá seguimento a todas as ordens do equipamento *master* nas linhas de luminárias, além de lhe responder aos pedidos de estados. Ao Exiway Smart Control poderão ser associados, através de portas de comunicação RS232, dois Exiway Line Controller sendo que cada um permite a ligação de duas linhas de até 64 luminárias de emergência.

As luminárias de emergência a ligar neste sistema terão de ser compatíveis e neste caso usaram-se dois tipos de luminárias de emergência, como previsto em projeto, sendo um tipo de luminárias de emergência permanentes (OVA48511) e o outro tipo de luminárias de emergência não permanentes (OVA48510).

A **Figura 62** representa o aspeto físico das luminárias de emergência utilizadas.



Figura 62 - Luminária de emergência Exiway Smartled Dicube da Schneider

Para se efetuar o endereçamento individual de cada luminária e parametrização do sistema de iluminação de emergência recorreu-se ao software próprio para o efeito, da Schneider, o Exiway PC Suite.

A integração no SGTC do sistema de iluminação de emergência foi realizada através da porta de comunicação Modbus TCP do *Exiway Smart Control* e desse modo foi possível disponibilizar todos os controlos e estados do sistema de iluminação de emergência no servidor/gateway multiprotocolo.

4.8. Servidor/Gateway Multiprotocolo

De forma a integrar o sistema KNX e o sistema de iluminação de emergência na visualização do SGTC usou-se um equipamento com uma vasta gama de funcionalidades e que permite comunicação com diversos protocolos de automação, como por exemplo KNX, Modbus TCP e Bacnet/IP que foram os utilizados neste caso em específico. É um equipamento muito versátil que pode ser usado com servidor de centralização e visualização ou mesmo de *gateway* entre os diversos sistemas e protocolos suportados pelo mesmo.

Tendo em conta a sua versatilidade no campo de criação de visualizações para interfaces homem-máquina em sistemas de gestão técnica centralizada, optou-se por construir nele parte da visualização e rotinas dos sistemas associados ao KNX e também da iluminação de emergência.

Na **Figura 63** pode observar-se o aspeto e algumas características físicas do tipo de servidor/gateway utilizado.



Figura 63 - Servidor/Gateway Multiprotocolo da Schneider, ref. LSS100200

Nos anexos do presente documento é possível observar algumas figuras relativas a páginas criadas neste equipamento que serão utilizadas na visualização final do servidor central do SGTC.

4.9. Servidor Central (Automation Server)

No projeto do SGTC estava previsto a utilização de um servidor de automação central que seria o “cérebro principal” do sistema. Este servidor seria o integrador final de todos os sub-sistemas adjacentes ao Sistema de Gestão Técnica Centralizada e a visualização final do SGTC apresentada no painel tátil de visualização (HMI) seria construída neste servidor.



Figura 64 - Automation Server SmartX Controller AS-P da Schneider, ref. SXWASPXXX10001

O servidor em questão está representado na **Figura 64** e é o Automation Server SmartX Controller AS-P da Schneider e que é ele também um servidor bastante versátil e pode ser utilizado como um servidor *standalone*, como nesta situação em específico, e/ou como um servidor agregado a módulos I/O com entradas e saídas analógicas e digitais.

Neste caso em concreto e tal como representado no diagrama de comunicações do SGTC do edifício, o servidor central comunica com servidor/gateway multiprotocolo e com os controladores individuais das UTA's através de Bacnet/IP, incorpora o servidor de energia na sua visualização e comunica com o painel tátil de visualização (HMI) através de IP.

4.9.1. Visualização

Como já foi referido anteriormente no presente documento, a visualização do SGTC é apresentada aos utilizadores num painel tátil que neste caso serve de interface homem-máquina (HMI). Este painel é na verdade um computador *All-in-One* com ecrã tátil e configurado com um *web browser* em modo "*kiosk*" para que apenas seja possível ser utilizado para o fim a que foi destinado, neste caso para servir de HMI do SGTC do edifício.

Na **Figura 65** é possível observar o tipo de painel/computador descrito anteriormente.



Figura 65 - Exemplo do tipo de painel/computador utilizado como HMI

Relativamente á visualização gráfica propriamente dita, foi criada uma visualização muito intuitiva com menus bastante simples de se navegar em que até tipos de utilizador menos avançados conseguirão navegar e aceder às páginas pretendidas com facilidade. Em termos de design, que digamos que é algo subjetivo e que dependerá do gosto de cada pessoa, é uma visualização bastante atual com ícones e grafismos bastante atualizados e esteticamente apelativos.

Nos anexos do presente documento é possível observar diversas imagens de diferentes páginas e menus da visualização final apresentada do painel tátil.

4.10. Testes e ensaios

Após todos os equipamentos pertencentes ao SGTC, e outros que não pertencendo são indispensáveis para o seu funcionamento em toda a plenitude, estarem instalados e todas as condições estarem criadas na obra houve várias deslocamentos à mesma para testes e ensaios a todos os subsistemas e pontos do SGTC onde se incluíram também algumas alterações pontuais à programação de alguns equipamentos de forma a responder a situações de alterações que tiveram lugar na fase de execução da obra e que não estariam previstas na fase de projeto.

A Projedomus, empresa acolhedora do estágio curricular, facultou todos os equipamentos de proteção individual (EPI's) obrigatórios, necessários e previstos na legislação portuguesa sobre segurança e higiene no trabalho para que todos os trabalhos efetuados em obra decorressem com toda a segurança.

Todos os testes e ensaios foram acompanhados pela equipa que realizou as instalações elétricas do SGTC do edifício e que foi resolvendo alguns erros de ligações elétricas que, entretanto, iam sendo detetados e que são naturais de acontecer tendo em conta a natureza humana.

4.11. Entrega da obra

Após a realização de todos os testes e ensaios na obra e o SGTC estar a funcionar conforme projetado e proposto, foi realizada uma sessão de formação aos utilizadores do SGTC. Esta formação foi efetuada na ótica do utilizador para que todas as funções e funcionalidades fossem assimiladas da forma mais simples possível. Foi ainda elaborado um manual de utilização do SGTC com a descrição e explicação simplificada das principais funções e funcionalidades do SGTC do qual foram entregues várias cópias a que esteve presente na formação.

CONCLUSÃO

O balanço geral do estágio curricular realizado na empresa Projedomus, Lda é extremamente positivo. Todas as fases constantes do planeamento do estágio curricular foram cumpridas e todos os objetivos pessoais foram alcançados sendo que vários objetivos previstos foram até superados. Foi sem dúvida uma experiência muito enriquecedora quer a nível profissional, quer a nível de desenvolvimento pessoal e interpessoal.

Inicialmente houve um trabalho bastante intensivo no que diz respeito a pesquisa e aprofundamento de conhecimento sobre diversos assuntos essenciais para o decorrer dos trabalhos e tarefas a realizar no estágio, como por exemplo sobre o que é a humanização de plantas ou sobre os diferentes protocolos de comunicação envolvidos na execução do projeto de SGTC retratado no presente relatório. Sem dúvida que esse trabalho de pesquisa foi essencial para criar uma base sólida para o restante tempo do estágio.

Foi um desafio constante à capacidade de aprendizagem tendo em conta a quantidade de informação nova num tão curto espaço de tempo mas houve sempre um acompanhamento por parte de todo o corpo colaborativo da Projedomus, o que tornou tudo bastante mais fácil.

Durante o estágio houve ainda oportunidade de aplicar conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico na Licenciatura e no Mestrado em Engenharia Eletromecânica assim como outros adquiridos durante a vida fora do âmbito académico.

Digamos que um Sistema de Gestão Técnica Centralizada de um edifício se tornou algo tecnicamente idealizável e deixou apenas de ser uma ideia geral e pouco aprofundada de algo que na realidade não se sabia muito bem como era realizado tecnicamente antes da realização deste estágio curricular.

Foram convictamente apreendidas as vantagens que os Sistemas de Gestão Técnica de Edifícios vieram trazer, por exemplo ao nível do controlo, gestão, e conforto de um edifício. Isto aplica-se a edifícios de diferentes escalas e, portanto, a edifícios grandes, como por exemplo escolas ou centros comerciais, mas também a edifícios com uma escala menor como por exemplo uma moradia.

Este tipo de sistemas não só é o futuro, como é o presente dos edifícios e futuramente é muito provável que será algo indispensável em todo o tipo de edifícios. Digamos que ainda são sistemas dispendiosos ao nível do investimento inicial, mas que se forem bem idealizados, executados e mantidos o futuro trará o retorno financeiro além de tornarem os edifícios bastante mais eficientes do ponto de vista energético.

Para terminar será importante ainda referir que dado o estágio curricular ter tido um balanço bastante positivo, culminou com a contratação do estagiário como colaborador interno da empresa acolhedora, a Projedomus Lda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACnet - ASHRAE. (14 de Novembro de 2020). *BACnet - The New Standard Protocol*. Obtido de BACnet Website: <http://www.bacnet.org/index.html>
- Castro, K. P. (2012). Domótica - Desenvolvimento de uma solução integradora.
- Contemporary Control Systems, Inc. (14 de Novembro de 2020). *BACnet Building Automation and Control Network*. Obtido de Website Contemporary Control Systems, Inc.: <https://www.ccontrols.com/tech/bacnet.htm>
- Control Global. (14 de Novembro de 2020). *Introduction to Modbus*. Obtido de Web site Control Global: <https://www.controlglobal.com/articles/2019/introduction-to-modbus/>
- da Silva, A. A. (Setembro de 2016). Desenvolvimento de uma Infraestrutura Eletrónica de Comunicação para o Controlo Remoto de "Casas Inteligentes" Usando KNX. *Desenvolvimento de uma Infraestrutura Eletrónica de Comunicação para o Controlo Remoto de "Casas Inteligentes" Usando KNX*.
- Digital Illumination Interface Alliance. (14 de Novembro de 2020). *Introducing DALI*. Obtido de Web site Dali Alliance: <https://www.dali-alliance.org/dali/>
- Every Control Solutions. (22 de Junho de 2018). Instalação de redes de comunicação RS485 ModBus-RTU. *Boletim09_redes*, p. 2.
- Ivory Egg. (14 de Novembro de 2020). *The pros and cons of DALI for homes*. Obtido de Ivory Egg: https://www.ivoryegg.co.nz/essential_guides/the-pros-and-cons-of-dali-for-homes
- KNX Association. (14 de Novembro de 2020). <https://www.knx.org/knx-en/for-professionals/software/>. Obtido de Web site KNX Association.
- Ministério da Economia e do Emprego - República Portuguesa. (20 de agosto de 2013). *Decreto-Lei n.º 118/2013*.
- Ministérios do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, Emprego e Segurança Social - República Portuguesa. (2 de dezembro de 2016). *Portaria n.º 349-D/2013*.
- NATIONAL INSTRUMENTS CORP. (14 de Novembro de 2020). *O protocolo Modbus em detalhes*. Obtido de Web site NATIONAL INSTRUMENTS CORP.: <https://www.ni.com/pt-pt/innovations/white-papers/14/the-modbus-protocol-in-depth.html>
- Philips. (Maio de 2012). LightMaster Line Coupler - INSTALLATION MANUAL. *LightMaster Line Coupler - INSTALLATION MANUAL*.
- Pimparel, P. L. (Outubro de 2017). Internet das Coisas e a integração de sistemas. *O protocolo KNX*.

- Pinto, J. F. (2019). Tecnologias de automação de edifícios para melhoria do conforto e usabilidade de um edifício empresarial. *Tecnologias de automação de edifícios para melhoria do conforto e usabilidade de um edifício empresarial*.
- Porto Editora. (14 de Novembro de 2020). *humanização*. Obtido de Dicionário infopédia da Língua Portuguesa: [https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/humanização](https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/humanizacao)
- Pplware. (9 de Fevereiro de 2019). *Domótica: Vamos conhecer o protocolo KNX*. (P. Pinto, Ed.) Obtido de Web site Pplware: <https://pplware.sapo.pt/tutoriais/networking/domotica-vamos-conhecer-o-protocolo-knx/>
- Projedomus, Lda. (2020). *Documento interno*.
- Santos, D. S. (Outubro de 2010). Domótica. *KNX - Topologia*.
- Schneider Electric. (15 de Janeiro de 2021). *MP-C SmartX IP Controller Technical Leaflet*. Obtido de Web site Schneider Electric: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Technical+leaflet&p_File_Name=MP-C-SmartX-IP-Controller-03-30035-01-en_April-2019.pdf&p_Doc_Ref=03-30035
- Siemens. (18 de 02 de 2008). KNX bus. *KNX bus*.

ANEXOS

Anexo 1.....	67
Anexo 2.....	67
Anexo 3.....	68
Anexo 4.....	68
Anexo 5.....	69
Anexo 6.....	69
Anexo 7.....	70
Anexo 8.....	71
Anexo 9.....	72
Anexo 10.....	73
Anexo 11.....	74
Anexo 12.....	74
Anexo 13.....	75
Anexo 14.....	75
Anexo 15.....	76
Anexo 16.....	76
Anexo 17.....	77
Anexo 18.....	77
Anexo 19.....	78
Anexo 20.....	78
Anexo 21.....	79
Anexo 22.....	79
Anexo 23.....	80
Anexo 24.....	80
Anexo 25.....	81
Anexo 26.....	81

Anexo 1 – Tabela I.30 da Portaria n.º 349-D/2013, de 2 de dezembro – Tipos de sistemas de regulação, controlo e gestão técnica a adotar em função da potência térmica nominal do edifício

Potência (kW)	Tipo de sistema
Inferior a 100	Sistemas autónomos de regulação e controlo
Entre 100 e 250	Sistema de Gestão Técnica
Igual ou superior a 250	Sistema de Gestão Técnica Centralizada

Anexo 2 – Mapa de pontos AVAC parcial do edifício

MAPA DE PONTOS						
ESCOLA (QEAVAC)						
Descrição dos Pontos	Entrada Digital ED	Saída Digital SD	Entrada Analógica EA	Saída Analógica SA	Comunicações por protocolo	Equipamento
Chiller						
Chiller (controlador interno)					1	Comunicação directa por Bacnet IP
Temperatura e Humidade do ar exterior			2			Sonda de temperatura e humidade exterior
Temperatura Avanço coletor água fria			1			Sonda de temperatura de imersão
Temperatura Retorno coletor água fria			1			Sonda de temperatura de imersão
Temperatura Avanço colector água quente			1			Sonda de temperatura de imersão
Temperatura Avanço colector água quente			1			Sonda de temperatura de imersão
Temperatura da água no Depósito Inércia			2			Sonda de temperatura de imersão
Temperatura da água no Depósito AQS			1			Sonda de temperatura de imersão
BC0.1						
Ligar/Desligar bomba		1				Rele de interface
Avaria	1					Contactos sem tensão
BCR AQS						
Ligar/Desligar bomba		1				Rele de interface
Avaria	1					Contactos sem tensão
VE0.1						
Comando do Ventilador		1				Rele de interface
Avaria no Ventilador	1					Contactos sem tensão
VEIN0.7						
Comando do Ventilador		1				Rele de interface
Avaria no Ventilador	1					Contactos sem tensão
Resistência Eléctrica DAQS						
Ligar/Desligar		1				Rele de interface
Registos Corta Fogo	8					Contactos sem tensão
Total	12	5	9	0	1	

Anexo 3 – Mapa de pontos de uma UTA do edifício

MAPA DE PONTOS						
ESCOLA						
UTANS						
Descrição dos Pontos	Entrada Digital ED	Saída Digital SD	Entrada Analógica EA	Saída Analógica SA	Comunicações por protocolo	Equipamento
UTAN1.0						
Sonda Temperatura conduta Retorno			1			Sonda de Temperatura
Sonda Temperatura conduta insuflação			1			Sonda de Temperatura
Sonda CO2 Retorno			1			Sonda de CO2
Válvula 3 vias modulante Aquecimento				1		Actuador Válvula Motorizada Modulante
Válvula 3 vias modulante Arrefecimento				1		Actuador Válvula Motorizada Modulante
Registo Motorizado By-Pass				1		Actuador Registo Motorizado on-off
Registo Motorizado ar Novo				1		Actuador Registo Motorizado on-off
Registo Motorizado ar extração				1		Actuador Registo Motorizado on-off
Filtro Extração	1					Pressostato ar
Pré Filtro	1					Pressostato ar
Filtro Saco	1					Pressostato ar
Filtro Insuflação	1					Pressostato ar
CMD Ventilador Insuflação		1				Motor EC
Ventilador Insuflação	1					Pressostato ar
Termico Ventilador Insuflação	1					Variador
Velocidade Ventilador Insuflação				1		Motor EC
CMD Ventilador Extração		1				Motor EC
Ventilador Extração	1					Pressostato ar
Termico Ventilador Extração	1					Variador
Velocidade Ventilador Extração				1		Motor EC
Alarme		1				Quadro
Estado		1				Quadro
Total	8	4	3	7	0	

Anexo 4 – Fotografia tirada em obra - Relógio KNX



Anexo 5 - Fotografia tirada em obra – Módulos atuadores KNX instalados em quadro elétrico



Anexo 6 - Fotografia tirada em obra – Sala técnica do edifício



Anexo 7 - Fotografia tirada em obra – Interior de quadro elétrico de AVAC



Anexo 8 - Fotografia tirada em obra – Exterior de quadro elétrico do SGTC



Anexo 9 - Fotografia tirada em obra – Exterior de quadro elétrico de uma UTA



Anexo 10 - Fotografia tirada em obra – Unidade de Tratamento de Ar



Anexo 11 - Fotografia tirada em obra – Chiller



Anexo 12 - Fotografia tirada em obra – Fontes de alimentação e acopladores KNX



Anexo 13 - Fotografia tirada em obra – Analisador de energia elétrica



Anexo 14 - Fotografia tirada em obra – Luminária de emergência



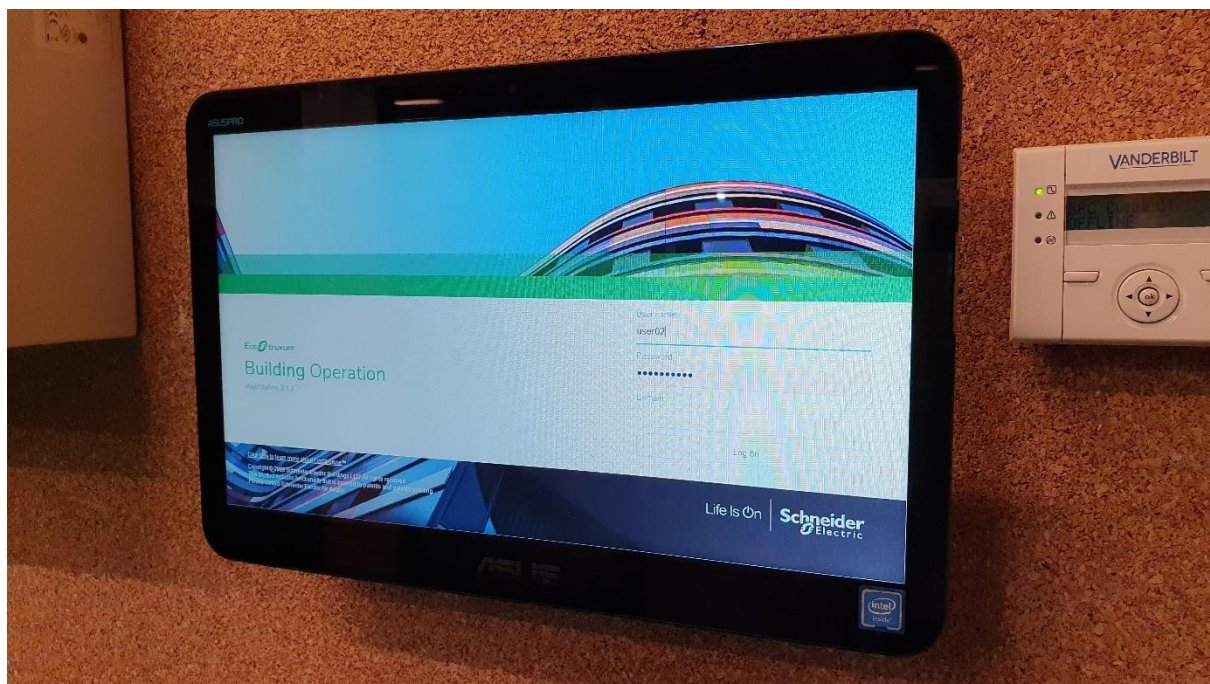
Anexo 15 - Fotografia tirada em obra – Termostato de ventiloconvector



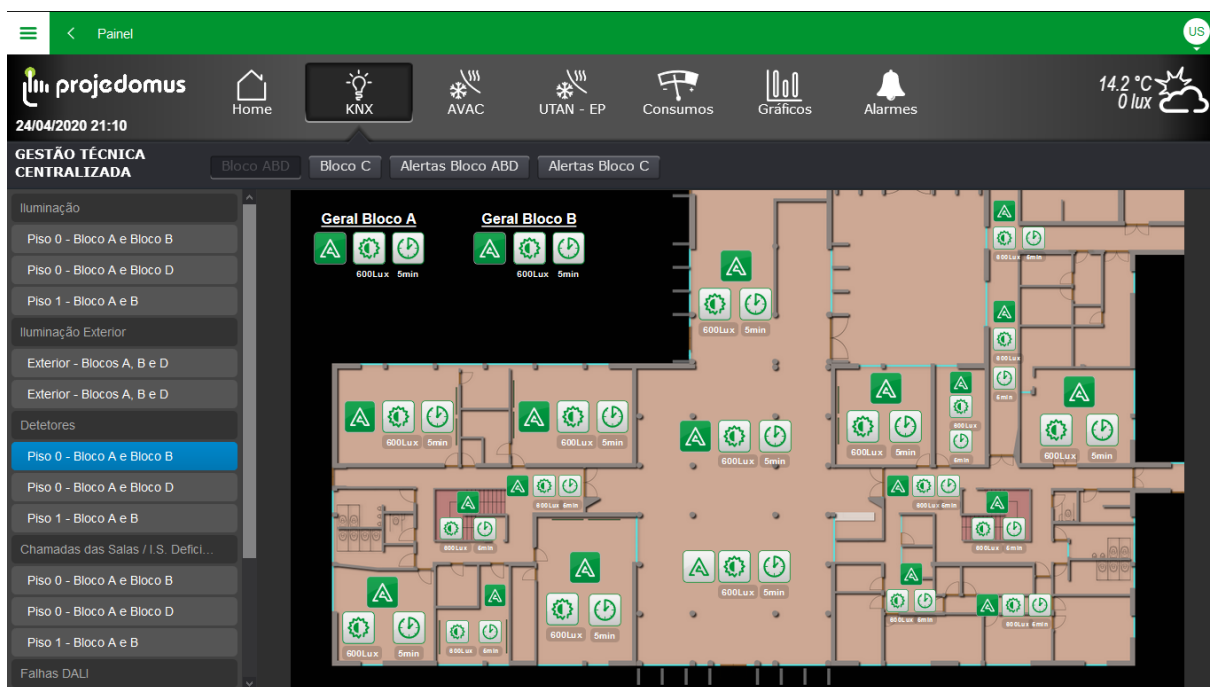
Anexo 16 - Fotografia tirada em obra – Ventiloconvector



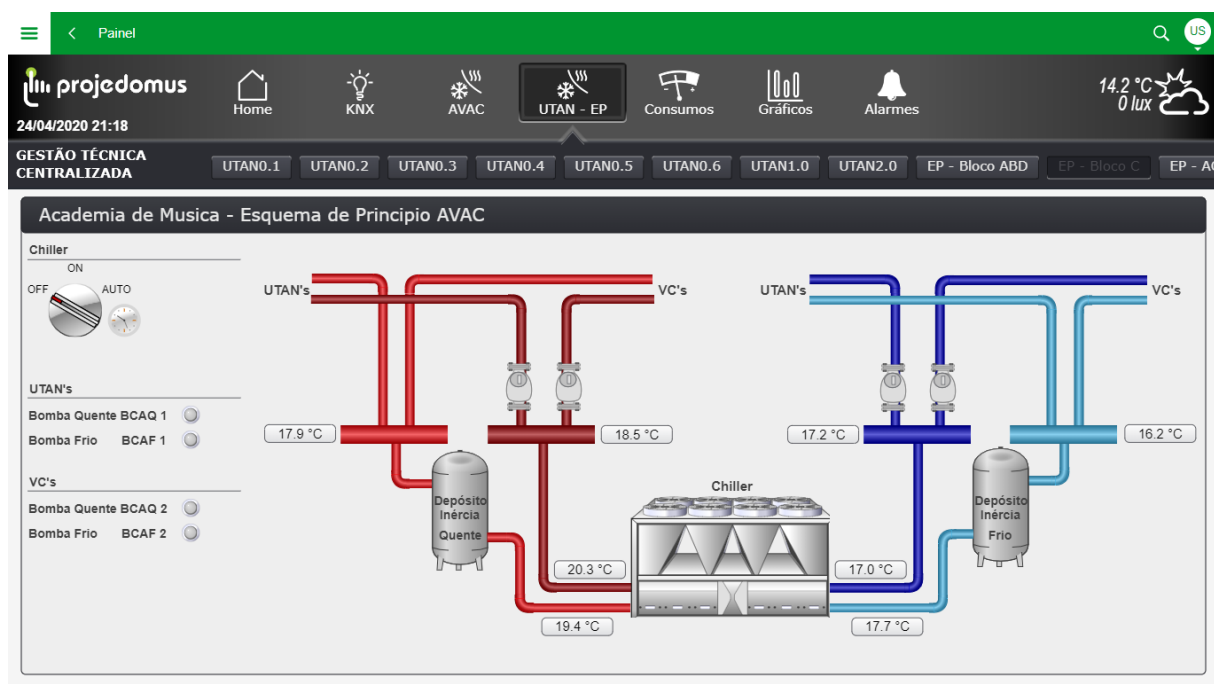
Anexo 17 - Fotografia tirada em obra – Painel tátil do SGTC



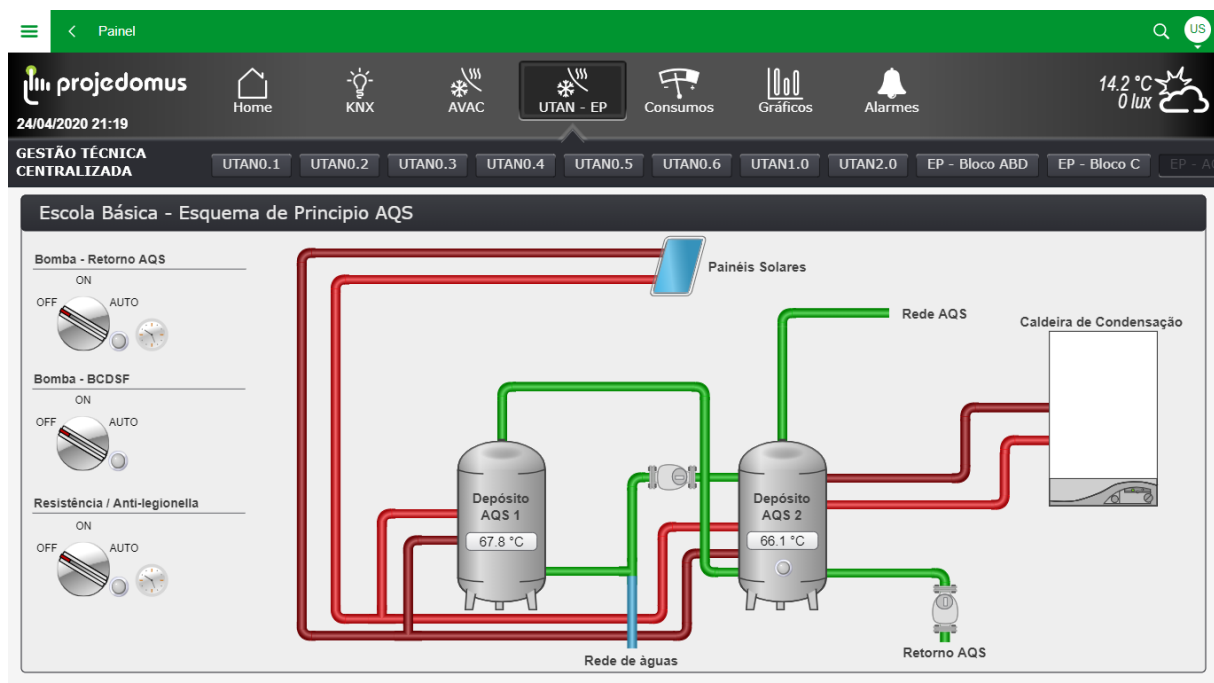
Anexo 18 – Visualização do SGTC – Página de controlo dos detetores de presença



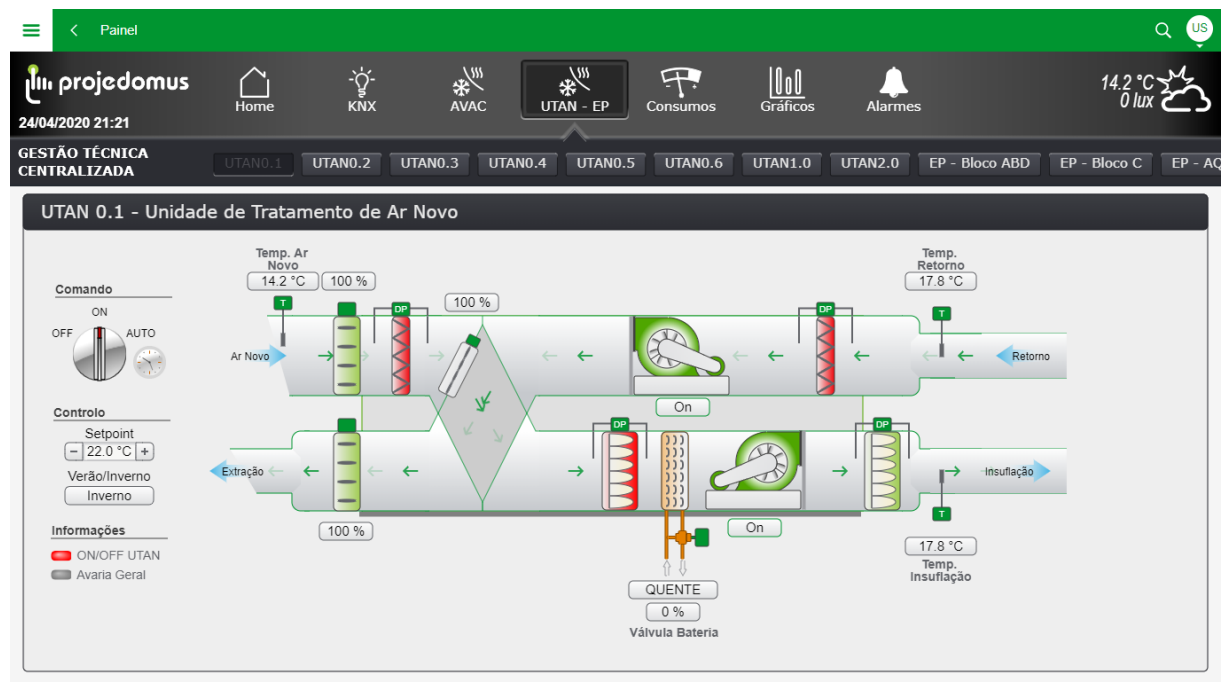
Anexo 19 – Visualização do SGTC – Página de controlo da central térmica



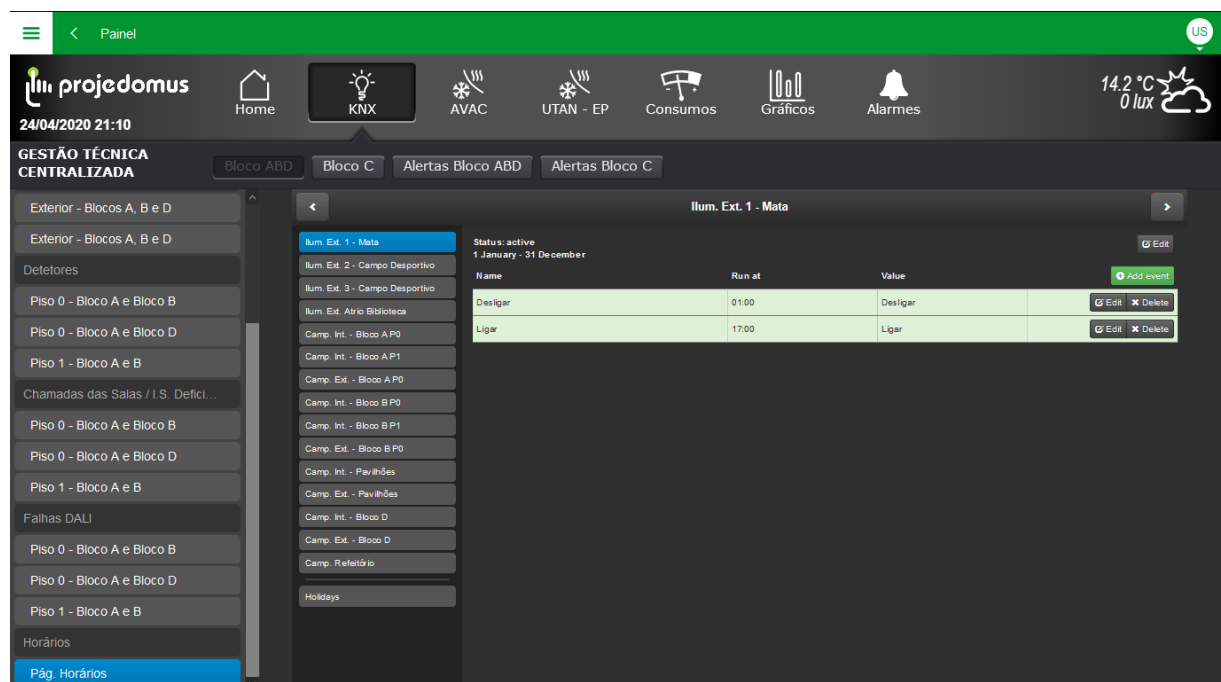
Anexo 20 – Visualização do SGTC – Página de controlo de AQS



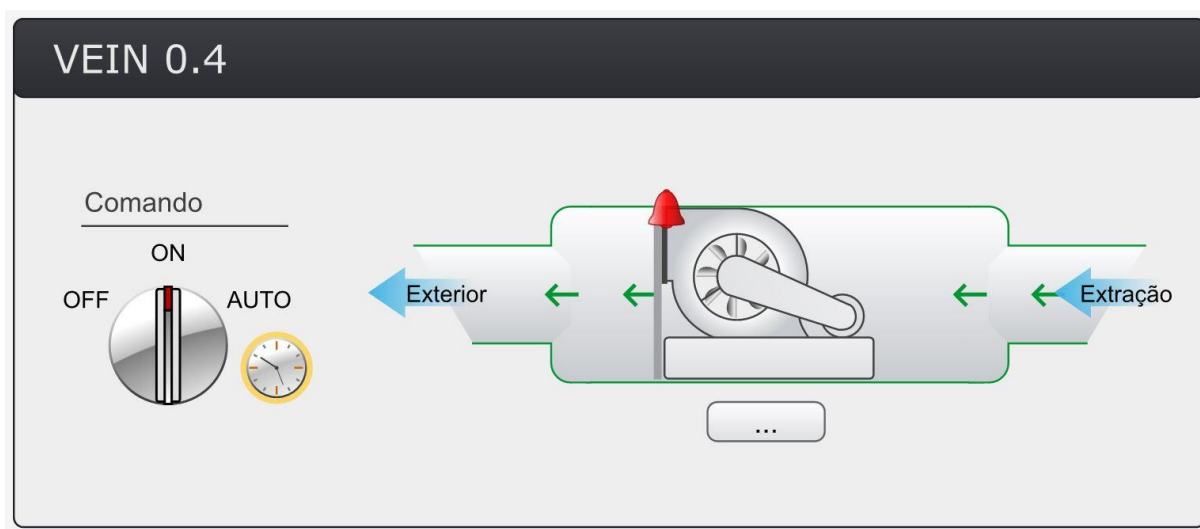
Anexo 21 – Visualização do SGTC – Página de controlo de UTA



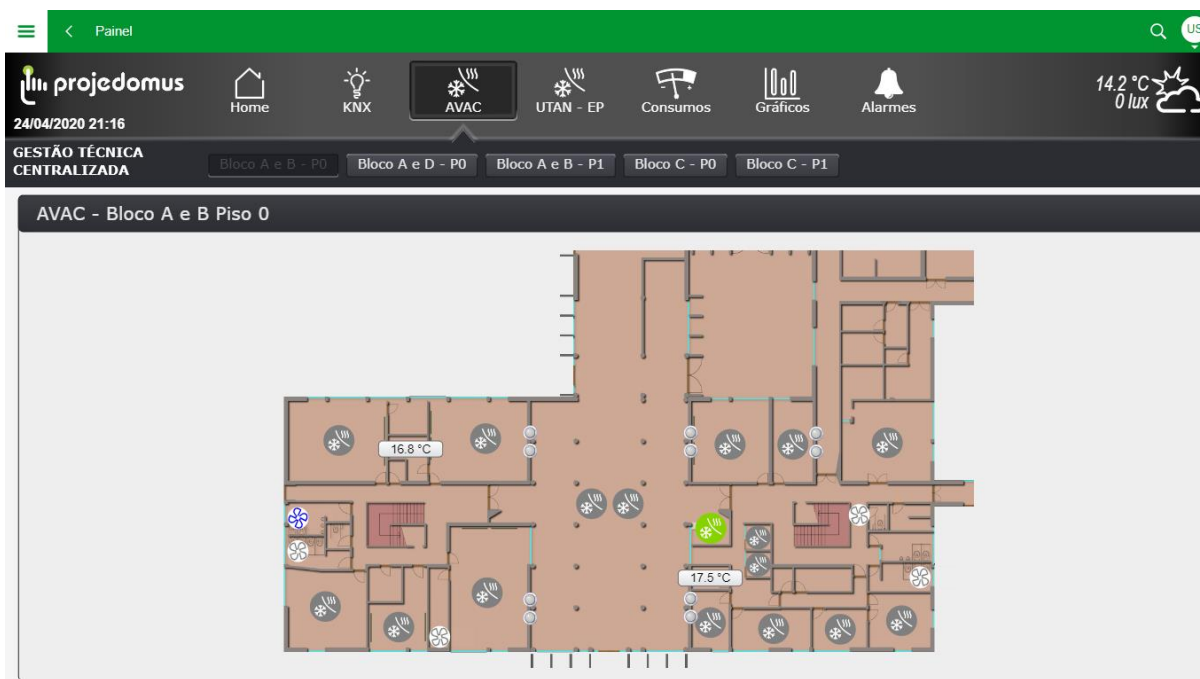
Anexo 22 – Visualização do SGTC – Página de controlo de horários do KNX



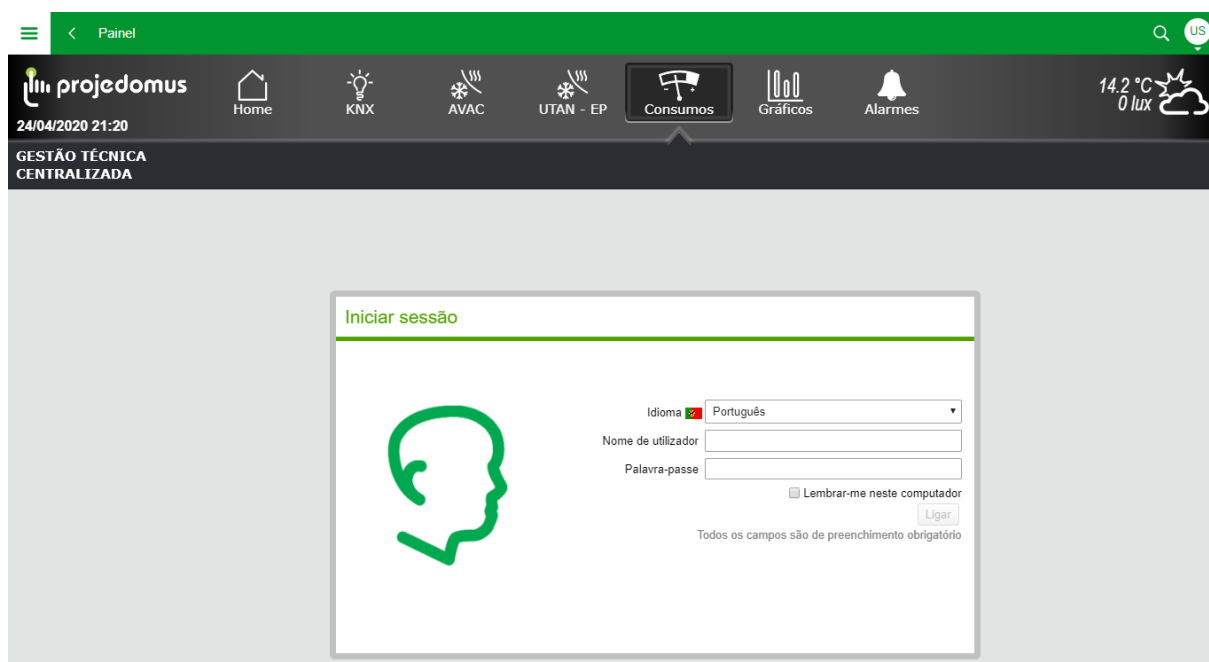
Anexo 23 – Visualização do SGTC – *Widget* de controlo de ventiladores de extração de ar



Anexo 24 – Visualização do SGTC – Página de controlo de ventiladores, ventiloconvectores e monitorização de registos corta fogo



Anexo 25 – Visualização do SGTC – Página de acesso ao servidor de energia



Anexo 26 – Visualização do SGTC – Visualização do controlo e monitorização das luminárias de emergência

