



isec
Engenharia

MESTRADO EM ENGENHARIA
ELETROTÉCNICA

**Projeto e Acompanhamento de Sistemas
de Gestão Técnica de Edifícios**

Autor

Kévin dos Santos Simões

Orientadores

Doutor António Luís Ferreira Marques

Mestre Marco José da Silva

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, março, 2021



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
ELETROTÉCNICA

Projeto e Acompanhamento de Sistemas de Gestão Técnica de Edifícios

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

Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas
Industriais

Autor

Kévin dos Santos Simões

Orientadores

Doutor António Luís Ferreira Marques

Mestre Marco José da Silva

Supervisor na empresa

Projedomus

Engenheiro Daniel Palhares Afonso

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, março, 2021

AGRADECIMENTOS

Quero deixar os meus agradecimentos ao Professor António Luís Ferreira Marques e ao Professor Marco José da Silva por me terem referenciado à empresa em que realizei o estágio curricular e por toda a ajuda e tempo disponibilizado na realização desta dissertação.

À empresa Projedomus, nomeadamente ao Artur Figueiredo, Daniel Afonso e Rui Nunes por me terem acolhido da melhor forma na sua empresa e proporcionado todas as ferramentas para poder aprofundar os conhecimentos adquiridos ao longo do meu percurso académico.

Agradeço aqui também à equipa de trabalho que me acompanhou durante o estágio curricular e que proporcionou um bom ambiente de trabalho, ajudando em todas as situações em que precisei de esclarecer dúvidas e pelos laços de amizade que se criaram.

Ao Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, por ter facultado todas as condições de aprendizagem necessárias à conclusão da Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica e Mestrado em Engenharia Eletrotécnica.

A todos os professores que me acompanharam nestes anos, ajudando da melhor forma a atingir os meus objetivos.

Aos meus colegas de curso por toda a ajuda que obtive durante todos estes anos.

A toda a minha família, namorada e amigos por me terem apoiado incondicionalmente em todos os momentos deste meu percurso, mostrando-se sempre disponíveis e ao meu lado.

Kévin dos Santos Simões

RESUMO

Este documento descreve o estágio curricular realizado na empresa Projedomus que decorreu entre os dias 7 de novembro de 2018 e 21 de julho de 2019, no âmbito do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica, na Área de Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas Industriais do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra,

De forma a enquadrar o trabalho realizado durante o decorrer do estágio curricular, é apresentada a empresa de acolhimento, assim como a sua área de atuação e metodologia de trabalho.

Este relatório tem como principal foco a gestão técnica de edifícios, abordando as características intrínsecas destes sistemas, o seu modo de funcionamento, assim como os métodos de interligação entre os dispositivos de controlo de um edifício.

Os trabalhos realizados durante o estágio curricular permitiram pôr em prática o conhecimento adquirido sobre diversos protocolos de comunicação dedicados a edifícios. Neste âmbito, são apresentadas as características mais relevantes dos principais protocolos de comunicação, as suas vantagens e desvantagens quando são utilizados em gestão técnica de edifícios, como é exemplo o Modbus, o BACnet, o KNX e o DALI.

Ao longo deste documento, apresentam-se trabalhos realizados durante o estágio curricular, nomeadamente trabalhos de implementação de sistemas de gestão técnica centralizada, aplicados num edifício comercial, num edifício hoteleiro e num edifício coletivo. É ainda descrito um trabalho que foca o controlo de um sistema de iluminação e a implementação de um sistema de chamada de funcionários dedicado a um Centro Escolar.

Nesta dissertação conclui-se que a gestão técnica de edifícios é vantajosa, uma vez que facilita o controlo/monitorização dos sistemas de um edifício conseguindo-se reduzir os consumos energéticos e aumentando a longevidade dos equipamentos instalados neste. Também é concluído que o uso na gestão técnica de edifícios de dispositivos de automação baseados em protocolos de comunicação abertos, possibilita a integração de sistemas de fabricantes distintos e facilidade na expansão do edifício.

Palavras-Chave: Edifícios inteligentes; Automação em edifícios; Gestão técnica de edifícios; Integração de sistemas; Modbus; BACnet; KNX; DALI.

ABSTRACT

This document presents a curricular internship carried out at the company Projedomus, within the scope of a Master's Degree in Electrical Engineering, Specialization Area of Automation and Industrial Communication Systems, held at the Coimbra Institute of Engineering, which took place between the 7th of November 2018 and July 21st, 2019.

In order to put the carried-out work during the curricular internship in perspective, the host company is presented, as well as its area of work and methodology.

This report is focused on buildings technical management, addressing the intrinsic characteristics of these systems, their mode of operation, as well as the interconnection methods used by building control devices.

The work carried out during the curricular internship allowed to put into practice the acquired knowledge about different buildings communication protocols. In this context, the most relevant characteristics of the main communication protocols, their advantages and disadvantages when used in buildings technical management, such as Modbus, BACnet, KNX and DALI, are presented.

Throughout this document, works carried out during the curricular internship are presented, namely work on centralized technical management systems implementation, that was applied in a commercial building, a hotel building and a collective building. It also describes a work that focuses on the lighting system control and the implementation of a system for calling employees dedicated to a School Center.

In this dissertation it is concluded that the buildings technical management is advantageous, since it facilitates the control/monitoring of a building's systems, managing to reduce energy consumption and increase the equipment longevity. It is also concluded that the use of automation devices in buildings technical management based on open communication protocols, makes it possible to integrate different manufacturers' systems and to easily expand the building.

Keywords: Smart buildings; Building automation; Buildings technical management; Systems integration; Modbus; BACnet; KNX; DALI.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABELAS	xiii
SIGLAS E ACRÓNIMOS.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Motivação e objetivos	1
1.2. Estrutura deste documento	2
2. A EMPRESA PROJEDOMUS.....	3
3. GESTÃO TÉCNICA DE EDIFÍCIOS	9
3.1. Arquitetura de um sistema de gestão técnica de edifícios	10
3.2. Comunicação entre dispositivos em sistemas de gestão técnica.....	11
3.3. Controladores, atuadores e sensores em sistemas de gestão técnica	12
4. PRINCIPAIS PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO UTILIZADOS NA GESTÃO TÉCNICA DE EDIFÍCIOS	15
4.1. Protocolo de comunicação – Modbus	15
4.2. Protocolo de comunicação – BACnet	20
4.3. Protocolo de comunicação – KNX	25
4.4. Protocolo de comunicação – DALI	31
5. TRABALHOS/PROJETOS DESENVOLVIDOS DURANTE O ESTÁGIO CURRICULAR	37
5.1. Abordagem seguida no desenvolvimento dos trabalhos.....	37
5.1.1. Elaboração dos trabalhos em escritório	37
5.1.2. Elaboração dos trabalhos de campo.....	42
5.2. Trabalhos desenvolvidos.....	43
5.2.1. Edifício comercial.....	43
5.2.1.1. Sistema de gestão técnica centralizada do edifício comercial	44
5.2.1.2. Controlo/Monitorização da iluminação	46
5.2.1.3. Controlo/Monitorização dos sistemas de AVAC.....	47
5.2.1.4. Controlo/Monitorização da central térmica	49
5.2.1.5. Monitorização de temperaturas e reservatórios de água	50
5.2.1.6. Monitorização dos quadros elétricos	51
5.2.1.7. Monitorização dos sistemas de extinção de incêndio	52
5.2.1.8. Controlo/Monitorização da desenfumagem do edifício.....	53

5.2.1.9.	Monitorização de alarmes técnicos do edifício.....	55
5.2.2.	Edifício hoteleiro	56
5.2.2.1.	Sistema de gestão técnica centralizada do edifício hoteleiro.....	58
5.2.2.2.	Controlo/Monitorização da iluminação	59
5.2.2.3.	Controlo/Monitorização dos sistemas de AVAC.....	62
5.2.2.4.	Registos corta-fogo e ventiladores de insuflação/extração e climatização	62
5.2.2.5.	Controlo/Monitorização da central térmica	65
5.2.2.6.	Monitorização da ocupação dos quartos do hotel.....	66
5.2.2.7.	Monitorização dos quadros elétricos	67
5.2.2.8.	Gráficos de consumo energético e registos de variáveis	68
5.2.2.9.	Monitorização de alarmes técnicos do edifício.....	68
5.2.3.	Edifício coletivo	69
5.2.3.1.	Sistema de gestão técnica centralizada do edifício coletivo	70
5.2.3.2.	Controlo/Monitorização da iluminação	71
5.2.3.3.	Controlo/Monitorização dos sistemas de AVAC.....	75
5.2.3.4.	Monitorização dos registos corta-fogo.....	80
5.2.3.5.	Monitorização e gráficos de energia	80
5.2.3.6.	Gráficos de consumo energético e registo de temperaturas e humidade	81
5.2.3.7.	Monitorização de alarmes técnicos do edifício.....	82
5.2.4.	Centro escolar	83
5.2.4.1.	Controlo da iluminação das salas e gabinetes.....	86
5.2.4.2.	Controlo da iluminação exterior do edifício	89
5.2.4.3.	Funcionamento do sistema de chamadas de funcionários	92
6.	CONCLUSÕES.....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 – Sede da empresa Projedomus, Lda, Coimbra.....	3
Fig. 2 – Marcas representadas pela Projedomus e empresas/marcas parceiras	4
Fig. 3 – Estado anterior à organização dos cabos do bastidor	5
Fig. 4 – Estado posterior à organização dos cabos do bastidor	5
Fig. 5 – Sensor magnético instalado numa das janelas da empresa (a cor azul - Íman; a cor verde - Sensor magnético)	5
Fig. 6 – Caixa de derivação com a interface que assegura a comunicação dos sensores magnéticos com o sistema de automação do edifício.....	5
Fig. 7 – Cabos passados nas calhas por trás do painel de exposição de botões/equipamentos ..	6
Fig. 8 – Aspeto final do painel de exposição de botões/equipamentos	6
Fig. 9 – Geradores integrados no sistema de gestão técnica do edifício comercial	7
Fig. 10 – Sistema de extinção de incêndio integrado no sistema de gestão técnica do edifício comercial	7
Fig. 11 – Exemplo de um edifício inteligente	9
Fig. 12 – Gráfico de consumo final de eletricidade por setor, Mundo 1990-2015.....	10
Fig. 13 – Exemplo da arquitetura de um sistema de gestão técnica num edifício.....	11
Fig. 14 – Arquitetura de um sistema de gestão técnica com <i>backbone</i>	12
Fig. 15 – Esquema de princípio da interação entre um sensor, controlador e atuador	13
Fig. 16 – Relacionamento de rede do tipo mestre-escravo.....	15
Fig. 17 – <i>Frame</i> de dados PDU e ADU do Modbus	16
Fig. 18 – Cabo de par trançado LiYCY 4x1 tipicamente utilizado em Modbus RTU	17
Fig. 19 – Topologia de ligação Modbus com dois condutores.....	17
Fig. 20 – Cabo UTP CAT6 tipicamente utilizado em Modbus TCP/IP	18
Fig. 21 – Diagrama de troca de mensagens em Modbus TCP/IP	18
Fig. 22 – <i>Frame</i> de dados Modbus TCP/IP	18
Fig. 23 – Exemplo de integrações possíveis utilizando BACnet.....	20
Fig. 24 – Exemplo de propriedades de um objeto BACnet	21
Fig. 25 – Ligação entre dois dispositivos por BACnet MS/TP	23
Fig. 26 – Gráfico de utilização do protocolo BACnet no mundo.....	24
Fig. 27 – Exemplo de áreas de aplicação do protocolo KNX.....	25
Fig. 28 – Sistema de BUS KNX	26
Fig. 29 – Campos de endereço físico de um equipamento KNX	26
Fig. 30 – Topologia de uma rede KNX	27
Fig. 31 – Endereço de Grupo em estrutura de 3 níveis.....	27
Fig. 32 – Estrutura de um telegrama em KNX TP	28
Fig. 33 – Cabo de par trançado J-Y (St) Y 2x2x0.8 recomendado no KNX.....	28
Fig. 34 – Interligação entre equipamentos com um conector KNX	29
Fig. 35 – Transmissão dos dados sobrepostos na alimentação principal de 230 V	29
Fig. 36 – Instalação com linhas interligadas em KNX IP com recurso a <i>Routers</i> IP	30
Fig. 37 – Ligação de balastros e sensores ao BUS DALI	32
Fig. 38 – Estrutura da mensagem DALI proveniente de um dispositivo Master	33
Fig. 39 – Estrutura da mensagem DALI proveniente de um dispositivo Slave.....	33
Fig. 40 – Exemplo de cabo com alimentação e BUS DALI para ligação a balastros DALI....	34
Fig. 41 – Possíveis formas de ligação entre balastros DALI.....	34
Fig. 42 – Principais alterações do protocolo DALI para DALI-2	35
Fig. 43 – Esquema de Quadro de Gestão Técnica	38
Fig. 44 – Preparação das plantas do edifício: a) Planta original do edifício; b) Planta com elementos de desenho para representação da planta do edifício isolados	39

Fig. 45 – Imagem editada pronta para ser utilizada na interface de visualização do sistema de gestão técnica centralizada	39
Fig. 46 – Inserção de componentes de controlo na ferramenta de edição do EBO	40
Fig. 47 – Associações das variáveis de controlo com a interface de visualização	41
Fig. 48 – Programa de controlo de um circuito de iluminação na ferramenta de criação de programas do EBO	41
Fig. 49 – Verificação de ligações de dois equipamentos em obra.....	42
Fig. 50 – Pannel tátil de 3,5” para interface de controlo de iluminação.....	43
Fig. 51 – Estrutura de rede do sistema de gestão técnica centralizada do edifício.....	44
Fig. 52 – Navegação entre menus no SGTC	45
Fig. 53 – Navegação entre submenus no SGTC.....	46
Fig. 54 – Controlo/Monitorização da iluminação.....	46
Fig. 55 – Configuração de horários de iluminação.....	47
Fig. 56 – Controlo/Monitorização dos sistemas de AVAC	47
Fig. 57 – Display de controlo de uma cortina de ar.....	48
Fig. 58 – Controlo de uma UTA.....	48
Fig. 59 – Controlo das claraboias	49
Fig. 60 – Controlo/Monitorização da central térmica.....	50
Fig. 61 – Controlo/Monitorização do chiller	50
Fig. 62 – Monitorização de temperaturas e reservatórios de água	51
Fig. 63 – Monitorização dos quadros elétricos.....	52
Fig. 64 – Monitorização de energia	52
Fig. 65 – Monitorização dos sistemas de extinção de incêndio	53
Fig. 66 – Controlo/Monitorização da desenfumagem do edifício	53
Fig. 67 – Temporização do sistema de desenfumagem do estacionamento	55
Fig. 68 – Monitorização de alarmes técnicos do edifício	56
Fig. 69 – Estrutura de rede do sistema de gestão técnica centralizada do edifício.....	57
Fig. 70 – Prémio KNX Portugal 2019 obtido pela Projedomus com o edifício hoteleiro.....	58
Fig. 71 – Navegação entre menus no SGTC	58
Fig. 72 – Navegação por piso e entre submenus no SGTC	59
Fig. 73 – Controlo/Monitorização da iluminação.....	59
Fig. 74 – Janela com mais circuitos de iluminação para controlo	60
Fig. 75 – Controlo de iluminação: a) Pannel tátil Zennio Z35; b) Botão Zennio Flat 6	60
Fig. 76 – Hotel Room Controller da Schneider Electric	61
Fig. 77 – Esquema de ligações do HRC	61
Fig. 78 – Controlo/Monitorização dos sistemas de AVAC	62
Fig. 79 – Ventilador de extração	63
Fig. 80 – Ventilador da hotte da cozinha.....	63
Fig. 81 – Controlo de uma UTA.....	64
Fig. 82 – Controlo de uma UTA com limitação na insuflação.....	64
Fig. 83 – Controlo de uma unidade interior de ar condicionado	65
Fig. 84 – Controlo/Monitorização da central térmica.....	65
Fig. 85 – Monitorização da ocupação dos quartos do hotel (alçado)	66
Fig. 86 – Monitorização da ocupação dos quartos do hotel (piso).....	67
Fig. 87 – Monitorização dos quadros elétricos.....	67
Fig. 88 – Servidor de energia (Schneider EBX510).....	68
Fig. 89 – Gráficos da UTA SL.1	68
Fig. 90 – Monitorização de alarmes técnicos do edifício	69
Fig. 91 – Estrutura de rede do sistema de gestão técnica centralizada do edifício.....	69
Fig. 92 – Navegação entre menus no SGTC	70
Fig. 93 – Navegação entre submenus no SGTC.....	70
Fig. 94 – Gateway KNX-DALI (Zennio DALIBOX Broadcast 6CH).....	71

Fig. 95 – Controlo da iluminação da sala polivalente/auditório com o painel tátil 3,5” (Zennio Z35)	71
Fig. 96 – Servidor/Gateway KNX, ModBus, BACnet/IP, etc (LogicMachine 5 LITE)	72
Fig. 97 – Controlo/Monitorização da iluminação	73
Fig. 98 – Configuração dos detetores de presença e do crepuscular	74
Fig. 99 – Configuração dos horários	74
Fig. 100 – Alarme de iluminação (Falhas DALI)	75
Fig. 101 – Autómato (Schneider SmartX Controller AS-P)	76
Fig. 102 – Controlo/Monitorização dos sistemas de AVAC	76
Fig. 103 – Controlo do ventilador de extração	77
Fig. 104 – Controlo do ventilador de ar novo	77
Fig. 105 – Controlo de uma unidade de tratamento de ar	78
Fig. 106 – Controlo do chiller	78
Fig. 107 – Configuração do horário em equipamentos de AVAC	79
Fig. 108 – Horário de um equipamento de AVAC	79
Fig. 109 – Edição do horário de um equipamento de AVAC	80
Fig. 110 – Monitorização dos registos corta-fogo	80
Fig. 111 – Contadores de energia: a) Quadro de Entrada (Schneider PM3250) ; b) Quadro AVAC e Chiller (Schneider IEM3255)	81
Fig. 112 – Contador de energia	81
Fig. 113 – Gráfico da humidade exterior	82
Fig. 114 – Monitorização de alarmes técnicos do edifício	83
Fig. 115 – Verificação de alarmes técnicos do edifício	83
Fig. 116 – Estrutura de rede do sistema de automação do edifício	84
Fig. 117 – Painel tátil 7” utilizado para controlo centralizado (iddero HC3-KNX)	84
Fig. 118 – Página principal (acesso aos menus)	85
Fig. 119 – Página de controlo Gerais	86
Fig. 120 – Controlo local da sala de aula: a) Botão de pressão eletrónico quádruplo de MBT de uma sala de aula (Efapel 21164); b) Módulo KNX de 4 entradas e 2 saídas (Zennio inBOX 24 v2)	86
Fig. 121 – Pormenor do projeto de execução do sistema de gestão KNX implementado no edifício	87
Fig. 122 – Esquema de ligações do botão convencional ao módulo KNX	88
Fig. 123 – Pormenor do projeto de execução de iluminação normal implementado no edifício	88
Fig. 124 – Página das salas de piso 0	89
Fig. 125 – Sensor crepuscular (elsner KNX L)	89
Fig. 126 – Página de iluminação exterior	90
Fig. 127 – Módulo de 8 saídas (Zennio MAXinBOX 8 v3)	90
Fig. 128 – Definições do funcionamento crepuscular	91
Fig. 129 – Definições dos horários	92
Fig. 130 – Página de chamadas	92
Fig. 131 – Página de alarmes	93

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Modelo de dados do Modbus.....	16
Tabela 2 – Lista de campos que constituem o MBAP Header	19
Tabela 3 – Vantagens e desvantagens do protocolo de comunicação Modbus	19
Tabela 4 – Exemplo de uma lista de propriedades de um objeto BACnet	21
Tabela 5 – Tipos de objetos standard no protocolo BACnet.....	21
Tabela 6 – Arquitetura do BACnet baseado numa versão reduzida do modelo OSI	22
Tabela 7 – Vantagens e desvantagens do protocolo de comunicação BACnet.....	24
Tabela 8 – Comprimentos máximos do cabo de BUS KNX	29
Tabela 9 – Vantagens e desvantagens do protocolo de comunicação KNX	31
Tabela 10 – Tipos de endereço que podem ser utilizados no campo de endereço da mensagem DALI.....	33
Tabela 11 – Comprimentos máximos do cabo de BUS DALI em função da seção do cabo ...	34
Tabela 12 – Vantagens e desvantagens do protocolo de comunicação DALI.....	35
Tabela 13 – Matriz de comando de desenfumagem controlado pelo SGTC	54
Tabela 14 – Exemplo de horário para o circuito de iluminação exterior da entrada.....	75
Tabela 15 – Exemplo de horário para um equipamento de AVAC.....	79
Tabela 16 – Funções das teclas do botão de pressão eletrónico quádruplo de MBT	87
Tabela 17 – Configuração do funcionamento crepuscular	91
Tabela 18 – Configuração da função de desligar por horário.....	91

SIGLAS E ACRÓNIMOS

ADU	<i>Application Data Unit</i>
AQS	Águas Quentes Sanitárias
ARCNET	<i>Attached Resource Computer Network</i>
ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i>
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BACnet	<i>Building Automation and Control Network</i>
BCI	<i>BatiBus Club International</i>
BUS	Barramento de comunicação
CCTV	<i>Closed-Circuit Television</i>
CDI	Central de Detecção de Incêndios
CO	Monóxido de carbono
DALI	<i>Digital Addressable Lighting Interface</i>
DC	<i>Direct Current</i>
EBO	EcoStruxure Building Operation
EHS	<i>European Home Systems</i>
EIB	<i>European Installation Bus</i>
HRC	<i>Hotel Room Controller</i>
HTTP	<i>Hipertext Transfer Protocol</i>
I/O	<i>Input/Output</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
ITED	Infraestruturas de Telecomunicações de Edifícios
KNX	Abreviação da palavra Konnex, é um protocolo de comunicação usado em edifícios, baseado nos protocolos EIB, EHS e BatiBUS
LED	<i>Light-Emitting Diode</i>
MBAP	<i>Modbus Application Protocol</i>
MBT	Muito Baixa Tensão
MS/TP	<i>Master-Slave/Token Passing</i>
OSI	<i>Open Systems Interconnection</i>
PDU	<i>Protocol Data Unit</i>

PL	<i>Powerline</i>
ppm	Partes por milhão
RF	<i>Radio Frequency</i>
RS-232	<i>Recommended Standart-232</i>
RS-485	<i>Recommended Standart-485</i>
RTU	<i>Remote Terminal Unit</i>
S-FSK	<i>Spread Frequency Shift Keying</i>
SGTC	Sistema de Gestão Técnica Centralizada
SVG	<i>Scalable Vector Graphics</i>
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>
TP	<i>Twisted Pair</i>
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
UPS	<i>Uninterruptible Power Supply</i>
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
UTP	<i>Unshielded Twisted Pair</i>
VAN	Ventilador de Ar Novo
VEX	Ventilador de Extração
VLAN	<i>Virtual Local Area Network</i>
VPN	<i>Virtual Private Networ</i>

Unidades de medida de acordo com o S.I. (Sistema Internacional):

A	Ampère – Unidade de medida de corrente elétrica de acordo com o S.I.
V	Volt – Unidade de medida da diferença de potencial elétrica de acordo com o S.I.

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta uma introdução ao tema abordado nesta dissertação, a motivação e os seus principais objetivos, assim como, o documento se encontra estruturado.

Os problemas ambientais e as alterações climáticas são temas cada vez mais relevantes e preocupantes. Estes tópicos são frequentemente desvalorizados, e como tal, precisam de ter a devida atenção por parte da população, que precisa mudar os seus hábitos e pensar no futuro do planeta.

Atualmente, várias empresas e organizações procuram reduzir a sua pegada ecológica implementando as mais diversas soluções, desde a utilização de equipamentos mais eficientes, menos poluentes e até mesmo a autogeração de energia, criando assim sustentabilidade.

Em 2015 os líderes mundiais estabeleceram novos objetivos na luta contra as alterações climáticas, criando o Acordo de Paris que consiste num plano de ação para limitar o aquecimento global. Um dos principais planos destina-se a obter, a longo prazo, o aumento da temperatura média mundial abaixo dos 2°C. Este acordo entrou em vigor em 2016 e foi assinado por 55 países (incluindo todos os países da União Europeia). Em 2019, na Cimeira de Ação Climática foi submetido, por Portugal, às Nações Unidas o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050, que consiste numa estratégia sustentável de reduzir a longo prazo a emissão de gases com efeito de estufa. Este acordo impõem a Portugal uma redução de emissões de gases com efeito de estufa entre 85% e 90% até ao ano de 2050 (Conselho Europeu, 2020; República Portuguesa, 2019).

Assim, torna-se fundamental que todas as empresas optem por estratégias de desenvolvimento cada vez mais sustentáveis, garantindo o cumprimento de todos os objetivos/acordos com que os países se comprometeram de forma a reduzir as emissões para a atmosfera.

É aqui que a gestão técnica de edifícios pode dar um bom contributo. A gestão técnica permite o controlo e monitorização dos sistemas de edifícios, e desta forma gerir a energia consumida. Permitindo detetar os momentos de maior consumo, denunciar possíveis problemas, o que permite encontrar soluções de forma a reduzir os consumos energéticos. Esta gestão é fundamental, uma vez que aumenta a vida útil dos equipamentos e torna o edifício inteligente, ecológico, sustentável e mais duradouro.

1.1. Motivação e objetivos

O desenvolvimento de edifícios/moradias mais sustentáveis, autogeridos e automatizados de forma a eliminar os consumos em excesso, monitorizando todas as componentes técnicas do edifício e permitindo identificar onde existe consumo de energia e onde existe possibilidade de melhorar, representou a grande motivação no estudo deste tema. É este o futuro para o planeta, construir de forma inteligente, controlada e monitorizada, criando assim um menor impacto para o ambiente.

Os principais objetivos da realização deste estágio curricular, enquadram-se no âmbito de aprofundar conhecimentos na área de gestão técnica de edifícios e na obtenção de experiência profissional neste contexto. Pretende-se também com esta dissertação, demonstrar o que se pode

fazer de forma a melhorar os edifícios, e como torná-los mais sustentáveis e inteligentes. De uma forma global, um objetivo a atingir é o de sensibilizar e apresentar o estado tecnológico atual nos sistemas usados para automatização e gestão de edifícios.

Este relatório apresenta as atividades mais importantes e relevantes que foram desenvolvidas durante o decorrer do estágio curricular na empresa Projedomus.

1.2. Estrutura deste documento

Este documento visa apresentar o trabalho/investigação realizado durante o decorrer do estágio curricular, assim como as competências que foram adquiridas.

O documento está dividido em 6 capítulos, incluindo este:

- Capítulo 1 – INTRODUÇÃO – É feita uma introdução ao tema abordado nesta dissertação, é apresentada a motivação e os principais objetivos do trabalho desenvolvido. Por fim é descrita a estrutura deste documento;
- Capítulo 2 – A EMPRESA PROJEDOMUS – É apresentada a empresa de acolhimento onde foi realizado o estágio curricular, assim como a sua área de atuação no mercado de sistemas dedicados a edifícios e a metodologia de trabalho utilizada. Também são apresentadas algumas tarefas realizadas no decorrer do estágio e que foram importantes para a adaptação na empresa e aprendizagem;
- Capítulo 3 – GESTÃO TÉCNICA DE EDIFÍCIOS – É feita uma introdução à gestão técnica de edifícios, apresentando as suas áreas de atuação, a sua arquitetura e modo de operação, assim como, a forma como os sistemas de controlo de edifícios se interligam entre si através de redes de comunicação;
- Capítulo 4 – PRINCIPAIS PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO UTILIZADOS NA GESTÃO TÉCNICA DE EDIFÍCIOS – São apresentados os principais protocolos de comunicação utilizados neste trabalho na gestão técnica de edifícios, referindo o seu modo de funcionamento, principais características e vantagens/desvantagens na utilização de cada protocolo;
- Capítulo 5 – TRABALHOS/PROJETOS DESENVOLVIDOS DURANTE O ESTÁGIO CURRICULAR – São apresentados os trabalhos/projetos que foram desenvolvidos no decorrer do estágio curricular, com foco na apresentação das soluções desenvolvidas para cada edifício. Como por exemplo no controlo de iluminação, controlo de sistemas de AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado), monitorização de consumos de energia, etc;
- Capítulo 6 – CONCLUSÕES – São apresentadas algumas conclusões relativamente ao trabalho desenvolvido durante o estágio curricular e sobre o tema abordado nesta dissertação.

2. A EMPRESA PROJEDOMUS

Este capítulo apresenta a empresa de acolhimento onde foi realizado o estágio curricular, assim como a sua área de atuação e metodologia de trabalho. Também são apresentadas algumas tarefas realizadas que foram importantes para a adaptação na empresa e aprendizagem.

O estágio curricular teve início no dia 7 de novembro de 2018 e término no dia 21 de julho de 2019. O estágio curricular foi realizado na empresa Projedomus (Fig. 1), que se localiza na cidade de Coimbra na Avenida Elísio de Moura, 443 loja 1.



Fig. 1 – Sede da empresa Projedomus, Lda, Coimbra ¹

A Projedomus foi fundada no ano 2005. É uma empresa moderna, em crescimento e em constante evolução. É especializada na área da engenharia, tendo uma atuação forte na área da automatização residencial e na gestão inteligente de edifícios. Esta empresa procura acompanhar o mercado em que opera, apresentando aos seus clientes as melhores soluções de projeto e execução adequadas às necessidades do cliente.

A empresa está dividida em duas secções/grupos de trabalho, a secção de projeto e a secção de obra. A secção de projeto é responsável pela elaboração de projetos das mais variadas especialidades, nomeadamente, projetos elétricos, de ITED (Infraestruturas de Telecomunicações de Edifícios), gás, segurança, CCTV (*closed-circuit television*), rede informática, videoporteiro, som ambiente, gestão e controlo de acessos, sistemas fotovoltaicos, segurança contra incêndios, AVAC, SGTC (Sistemas de Gestão Técnica Centralizada) e sistemas de automação em edifícios. Esta secção também realiza auditorias energéticas, fiscalização e acompanhamento de obra.

A secção de obra é responsável pela realização de projetos de execução, investigação e desenvolvimento de soluções, programação/produção das soluções e implementação das soluções para o cliente.

¹ Obtido de: <https://www.google.com/maps> - Acedido em junho, 2020

A empresa além de ser parceira da KNX² e EcoXpert³, ainda é representante/revendedora de algumas marcas e parceira de algumas empresas como as apresentadas na Fig. 2.



Fig. 2 – Marcas representadas pela Projedomus e empresas/marcas parceiras ⁴

No início do estágio curricular houve um período de adaptação e de aprendizagem sobre o funcionamento da empresa, que consistiu na realização de tarefas com o acompanhamento de um responsável na empresa. Ao longo do estágio curricular à medida que foram sendo adquiridas as competências necessárias, foi possível participar em projetos que estavam em execução, a realização de alguns projetos e programação de alguns equipamentos e a entrada em obra com o objetivo de validar e testar as soluções desenvolvidas.

Todos os processos, desde a elaboração do projeto até à fase da implementação, possuem as suas diferenças e isto faz com que esta empresa tenha de ter a capacidade e as competências para se adaptar a todos os desafios que cada projeto acarreta. E é nisto que esta empresa se distingue, uma vez que ambiciona criar as melhores soluções existentes no mercado, projetando-as e executando-as com o profissionalismo adquirido ao longo de vários anos de experiência na área.

Algumas das tarefas atribuídas pelo responsável da empresa no início do estágio curricular e por já existir algum conhecimento na área de KNX, foram endereçar alguns equipamentos KNX, identificá-los com etiquetas e separá-los por quadro elétrico e piso, para posteriormente serem enviados para a obra já em curso e serem instalados/eletificados nos respetivos quadros elétricos e pisos. Foram também executadas tarefas de melhoramento do escritório da Projedomus, como a organização dos cabos de rede do bastidor, a instalação de sensores magnéticos nas janelas e a criação de um painel de exposição para expor os vários tipos de botões/equipamentos disponíveis para venda.

Devido ao bastidor da empresa estar desorganizado, foi efetuado uma organização dos cabos de rede informática do bastidor, tendo sido instaladas calhas laterais de forma a ser possível passar os cabos de rede através destas e ficarem mais organizados. Na Fig. 3 é apresentado o

² Selo de garantia atribuído pela Associação KNX, a empresas especializadas na tecnologia KNX.

³ Certificado atribuído pela Schneider Electric, a empresas que implementem sistemas de gestão técnica da sua marca em residências e edifícios em todo o mundo.

⁴ Obtido de: <https://www.projedomus.com/> - Acedido em junho, 2020

estado anterior à organização do bastidor e na Fig. 4 o estado posterior à organização do bastidor.

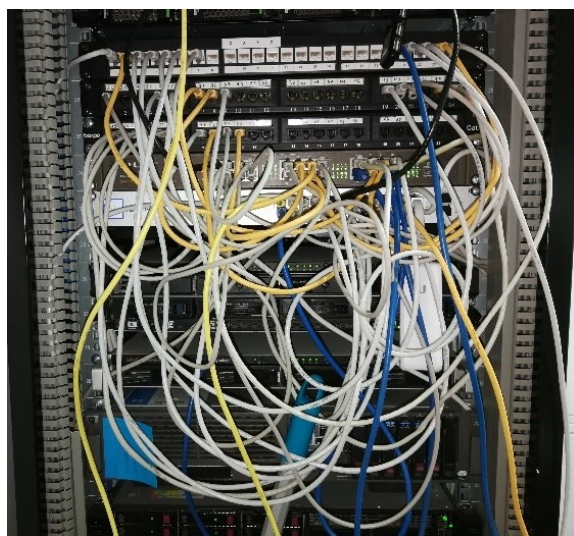


Fig. 3 – Estado anterior à organização dos cabos do bastidor

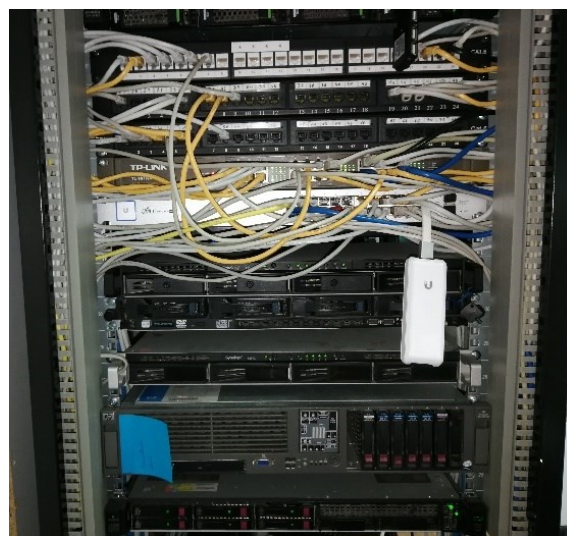


Fig. 4 – Estado posterior à organização dos cabos do bastidor

De forma a existir uma redução no consumo de energia desperdiçada, foram instalados dois sensores magnéticos nas janelas existentes da empresa, para que quando ocorresse a abertura de uma janela e esta não fosse fechada no espaço de 60 segundos, o sistema de automação do edifício, desligasse o ar condicionado automaticamente. Na Fig. 5 é possível observar um dos sensores instalados numa das janelas, na Fig. 6 é possível observar a caixa de derivação instalada, onde foi colocada a interface de entradas binárias que recebe os sinais dos sensores magnéticos e os transmite através do cabo de BUS KNX que foi passado para efetuar a comunicação com o sistema de automação do edifício.



Fig. 5 – Sensor magnético instalado numa das janelas da empresa (a cor azul - Íman; a cor verde - Sensor magnético)

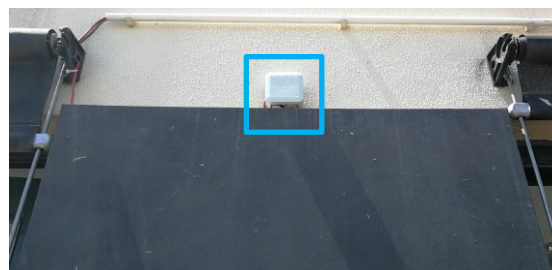


Fig. 6 – Caixa de derivação com a interface que assegura a comunicação dos sensores magnéticos com o sistema de automação do edifício

Devido à necessidade de existir um painel para expor aos clientes os botões que a empresa vende, foi criado um painel de exposição com vários tipos de botões/equipamentos KNX para demonstrar o funcionamento destes aos clientes. Para isso foi necessário passar cabos por cima

do teto falso desde o quadro elétrico até ao local onde o painel seria instalado. Os cabos que foram necessários passar de forma a ser garantido o funcionamento de uma vasta gama de equipamentos, foram os seguintes:

- 1 cabo de BUS KNX;
- 1 cabo de alimentação 12 V DC (*Direct Current*);
- 1 cabo de alimentação 24 V DC;
- 1 cabo de alimentação 5 V DC;
- 1 cabo de rede informática.

Na Fig. 7 é possível observar as calhas instaladas por trás do painel, para que fosse possível fazer os respetivos cabos chegarem aos botões/equipamentos instalados no painel. Na Fig. 8 é possível observar o aspeto final do painel de exposição após todos os cabos passados e ligados aos respetivos botões/equipamentos.

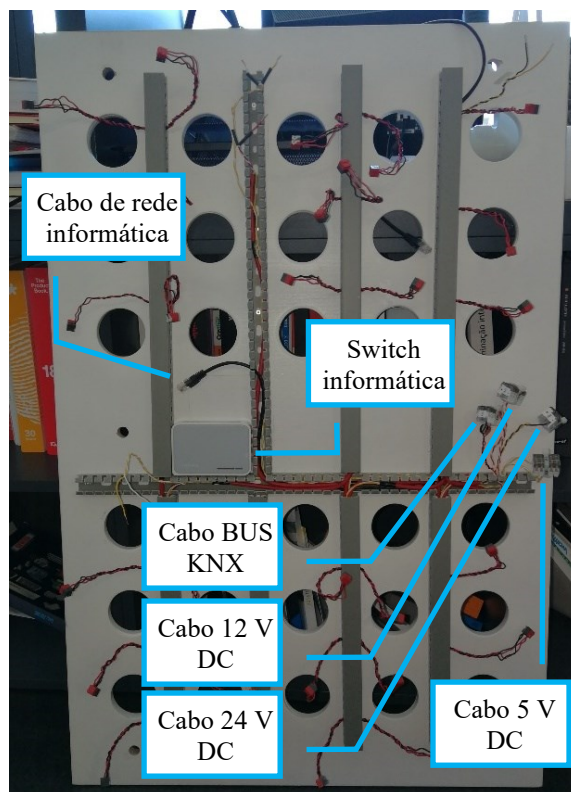


Fig. 7 – Cabos passados nas calhas por trás do painel de exposição de botões/equipamentos



Fig. 8 – Aspeto final do painel de exposição de botões/equipamentos

Posteriormente a estes trabalhos iniciais, houve uma integração em alguns projetos existentes na empresa, como foi o caso de um edifício comercial, de um edifício hoteleiro, de um edifício coletivo e de um Centro Escolar. Na Fig. 9 são apresentados os geradores que foram integrados com o sistema de gestão técnica do edifício comercial e na Fig. 10 o sistema de extinção de incêndio que também foi integrado no mesmo sistema.



Fig. 9 – Geradores integrados no sistema de gestão técnica do edifício comercial

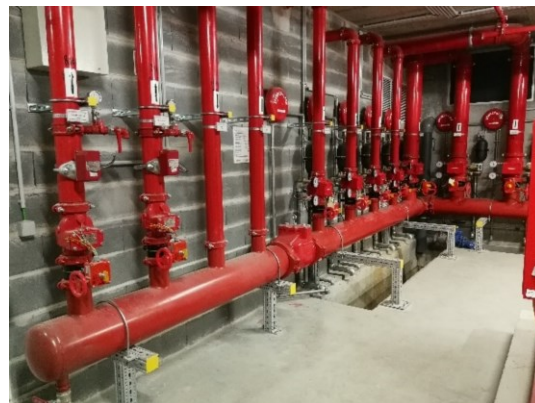


Fig. 10 – Sistema de extinção de incêndio integrado no sistema de gestão técnica do edifício comercial

Todos estes trabalhos realizados durante o estágio curricular possibilitaram uma adaptação à metodologia de trabalho da empresa e proporcionaram todas as ferramentas para que houvesse aprendizagem na área de gestão técnica de edifícios e sobre os principais protocolos de comunicação utilizados.

No próximo capítulo é feita uma introdução à gestão técnica de edifícios, apresentando as suas áreas de atuação, a sua arquitetura e modo de operação, assim como, a forma como os sistemas de controlo de edifícios se interligam entre si através de redes de comunicação.

3. GESTÃO TÉCNICA DE EDIFÍCIOS

A gestão técnica num edifício é realizada por um sistema que controla e monitoriza os diversos equipamentos responsáveis pelo aquecimento, arrefecimento, ventilação, ar condicionado, iluminação, estores, segurança, etc. Esta gestão visa automatizar tarefas, coordenando vários dispositivos elétricos e mecânicos interligados de uma forma distribuída por meio de redes de comunicação. Esses sistemas podem ser implantados em infraestruturas industriais, como fábricas, em edifícios comerciais, ou até mesmo em edifícios residenciais. A automação em edifícios tem recebido uma grande atenção devido à sua potencialidade na redução do consumo de energia e na facilidade de operação do edifício, monitorização e manutenção, enquanto se aumenta a satisfação dos utilizadores do edifício. Estes sistemas alcançam esse potencial utilizando uma vasta gama de sensores (exemplo: sensores de temperatura, sensores magnéticos de porta/janela, sensores de nível de luminosidade, etc) que providenciam informação que permite a tomada de decisões em relação a como os equipamentos do edifício serão controlados, com o objetivo de reduzir despesas mantendo ao mesmo tempo o conforto dos ocupantes (Domingues et al., 2016).

Na Fig. 11 está representado um exemplo da constituição de um edifício inteligente, edifício que integra os principais sistemas de controlo e monitorização necessários ao seu funcionamento.



Fig. 11 – Exemplo de um edifício inteligente, adaptada de (KAPIS et al., 2013)

Como podemos observar no gráfico da Fig. 12, o consumo final de eletricidade na indústria, em edifícios comerciais e serviços públicos, representam a maior parte da eletricidade consumida no mundo. Por exemplo, em 2015 só em edifícios comerciais e serviços públicos, foram consumidos quase 400 milhões tep (tonelada equivalente de petróleo) em todo o mundo.

Com valores assim tão altos de consumo de eletricidade em edifícios, surge a necessidade de se intervir sustentavelmente nestes edifícios, de forma a reduzir o seu consumo energético.

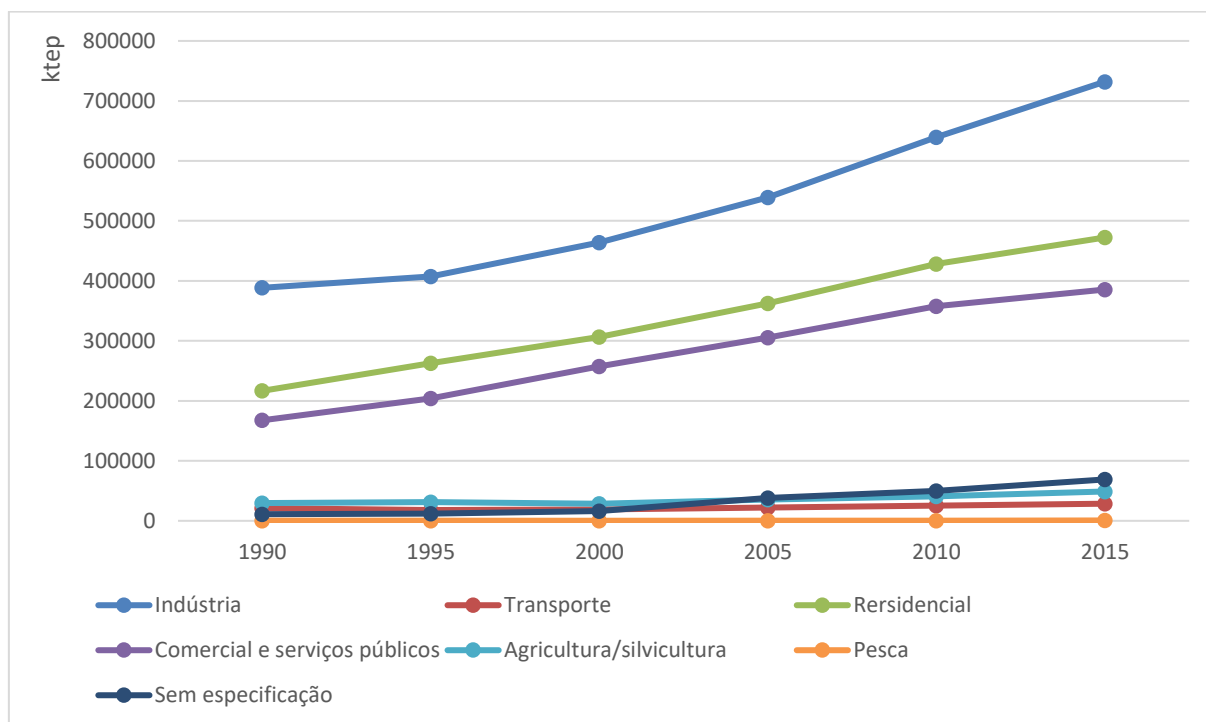


Fig. 12 – Gráfico de consumo final de eletricidade por setor, Mundo 1990-2015 ⁵

É neste contexto que surge a gestão técnica de edifícios. Esta tem como objetivo transformar qualquer edifício num edifício inteligente, apostando num conjunto de soluções de controlo dos mais diversos sistemas presentes no edifício, desde a distribuição de energia, até ao simples ligar de uma lâmpada.

3.1. Arquitetura de um sistema de gestão técnica de edifícios

Um sistema de gestão técnica é um sistema que controla e integra todas as componentes de controlo técnicas de um edifício, (como por exemplo o controlo de iluminação, controlo de AVAC, etc), de forma a que estes sistemas comuniquem entre si, permitindo a gestão destes sistemas numa interface de visualização. A arquitetura de um sistema destes pode ser organizada em três camadas (Merz et al., 2009):

- Camada de campo – Camada inferior onde ocorre a interação com os dispositivos de campo (exemplo: sensores e atuadores);
- Camada de automação – Camada intermédia onde as medições são processadas, os programas de automação são executados e os alarmes são ativados (exemplo: Autómatos, *gateways*, etc);

⁵ Adaptada de: <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=Energy%20consumption&indicator=Electricity%20final%20consumption%20by%20sector> - Acedido em junho, 2020

- Camada de gestão – Camada superior onde ocorrem as atividades de gestão técnica do edifício, como a apresentação dos dados, realização de ações para controlo dos diversos sistemas, apresentação de gráficos e registos de alarmes.

Na Fig. 13 é apresentado um exemplo de arquitetura de um sistema de gestão técnica num edifício, em que no lado esquerdo se encontra o hardware responsável pelo controlo dos dispositivos e no lado direito, o software responsável pela operação efetuada pelo utilizador, que irá enviar os comandos pelo meio de comunicação existente entre estas duas componentes.

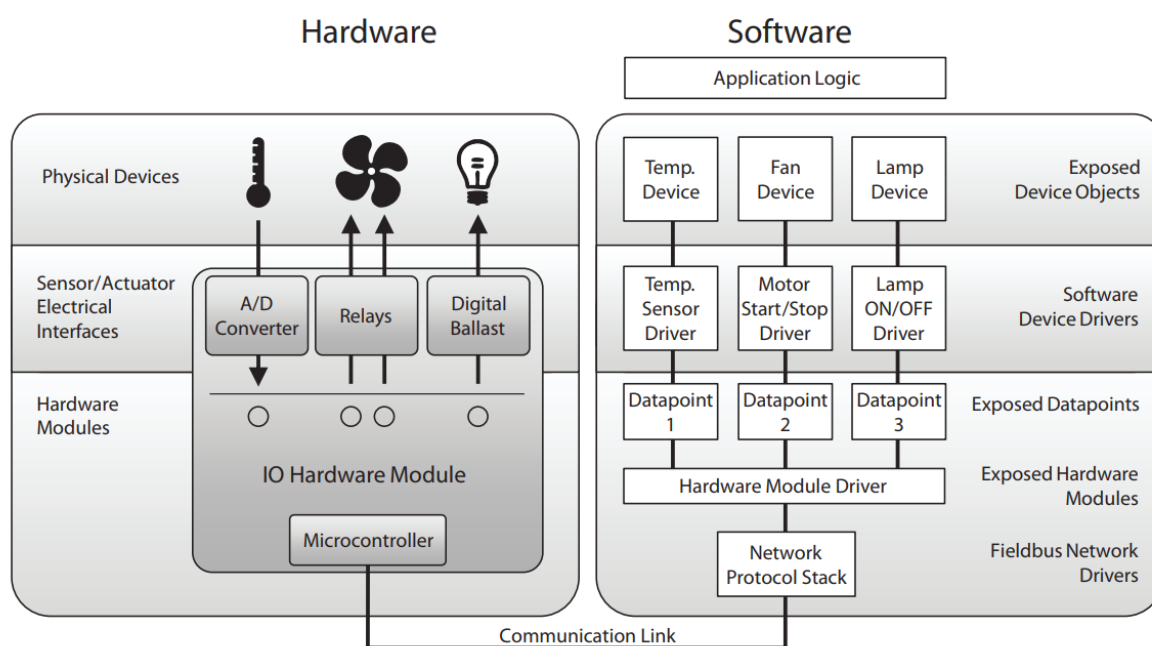


Fig. 13 – Exemplo da arquitetura de um sistema de gestão técnica num edifício (Domingues et al., 2016)

3.2. Comunicação entre dispositivos em sistemas de gestão técnica

Na camada de campo, o que assegura a comunicação entre os dispositivos de campo, como controladores, sensores e atuadores, é o BUS (barramento de comunicação) de campo. Este BUS de campo será o responsável por efetuar a troca de dados digitais entre os diversos sensores/atuadores. Com a utilização de um BUS de campo na comunicação entre os sensores/atuadores é possível reduzir os custos de instalação, uma vez que com esta utilização a quantidade de cabos necessários com capacidade de transportar energia será reduzida. Estes sensores/atuadores para comunicarem entre si necessitam de ter algum poder computacional, uma vez que para estes transmitirem dados entre si, estes precisam de os processar de forma a atuarem em conformidade (Moore, 2006).

Em edifícios de grande dimensão é comum utilizar um meio/barramento de comunicações comum denominado de *backbone*, normalmente baseado em IP (*Internet Protocol*). Este barramento é a componente principal de gestão que fará a interligação aos diversos sistemas instalados no edifício. Na Fig. 14 é apresentado um exemplo da interligação entre um conjunto de atuadores e sensores através de um BUS de campo e a ligação do controlador ao sistema de gestão técnica através de um *backbone*.

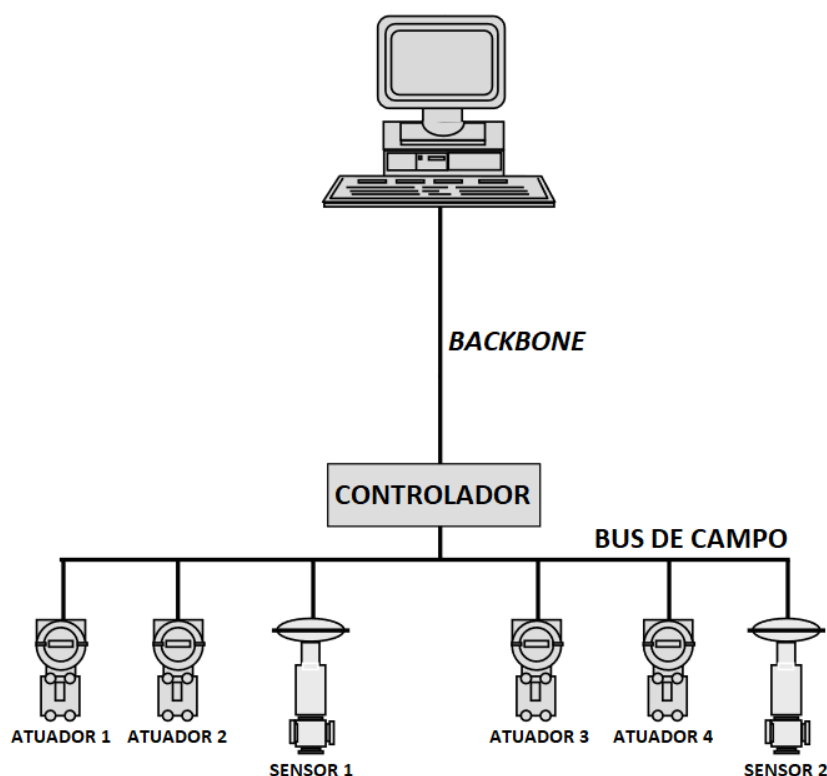


Fig. 14 – Arquitetura de um sistema de gestão técnica com *backbone* ⁶

Atualmente existem várias tecnologias que podem ser utilizadas para a comunicação entre sistemas de fabricantes diferentes, cada uma com especificações que variam consoante os requisitos das áreas de aplicação pretendidas para o edifício. Algumas das principais tecnologias/protocolos utilizadas atualmente na gestão técnica de edifícios são o Modbus, BACnet (*Building Automation and Control Network*), KNX (Protocolo de comunicação de edifícios) e DALI (*Digital Addressable Lighting Interface*).

3.3. Controladores, atuadores e sensores em sistemas de gestão técnica

Um sistema de gestão técnica é composto por vários controladores, atuadores, sensores e algum tipo de sistema de comunicação que os interliga. Os atuadores reagem a comandos, atuando ou variando as saídas das cargas elétricas que controlam, como por exemplo um ventilador ou uma lâmpada. Os sensores são os dispositivos que convertem uma realidade física num sinal, que pode ser um estado ou um valor analógico, como por exemplo, um sensor de janela, em que este deteta se esta se encontra aberta ou fechada, ou um sensor de temperatura. Alguns dispositivos, são sensores/atuadores, devido à sua capacidade de deteção e atuação, no entanto por questões de simplicidade, estes são vistos como dois dispositivos, um capaz de detetar e outro capaz de atuar (Domingues et al., 2016).

Os atuadores e sensores são ligados a portas de I/O (*Input/Output*) nos módulos de *hardware*, que produzem sinais elétricos de acordo com os comandos de saída e realizam leituras a partir dos sinais de entrada. A interface entre estas portas de I/O, são efetuadas por circuitos lógicos de controlo efetuados por um dispositivo denominado de controlador. Um controlador

⁶ Adaptada de: https://www.dca.ufrn.br/~affonso/DCA0447/aulas/rai_cap3_part2.pdf - Acedido em julho, 2020

geralmente consiste num *hardware* específico com *software* incorporado que controla os sistemas físicos, (como por exemplo sistemas de iluminação), dependendo do estado que os sensores transmitem (como por exemplo sensores de nível de luminosidade), ou pela receção de comandos por parte do sistema de gestão técnica (International Organization for Standardization, 2004). Na Fig. 15 é apresentado um esquema de princípio, com um exemplo que demonstra como os sensores, controladores e atuadores interagem entre si.



Fig. 15 – Esquema de princípio da interação entre um sensor, controlador e atuador ⁷

Do ponto de vista do sistema de gestão técnica, os controladores expõem os diferentes tipos de objetos lógicos que podem ser lidos ou escritos. Dependendo da sofisticação do controlador este pode ser capaz de executar vários programas de controlo em simultâneo, ler e escrever nas portas de I/O ou até comunicar com outros controladores pelo BUS de campo (Domingues et al., 2016).

As funções de controlo também podem ser implementadas no *software* instalado no sistema de gestão técnica, centralizando assim as funções de controlo no barramento de gestão, onde a lógica de controlo pode fazer o uso de dados dos diferentes BUS de campo existentes no edifício. A vantagem de se efetuar o controlo no *software* do sistema de gestão técnica é que neste é possível efetuar decisões mais complexas utilizando as informações recolhidas pelo sistema.

No próximo capítulo são apresentados os principais protocolos de comunicação utilizados na gestão técnica de edifícios, nomeadamente, o seu modo de funcionamento, principais características e vantagens/desvantagens na utilização de cada protocolo.

⁷ Adaptada de: <https://bridgera.com/sensors-and-actuators-in-iiot/> - Acedido em julho, 2020

4. PRINCIPAIS PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO UTILIZADOS NA GESTÃO TÉCNICA DE EDIFÍCIOS

A gestão técnica permite coordenar os vários sistemas presentes num edifício, nomeadamente, sistema de iluminação, sistema de climatização, entre outros. Para estabelecer a comunicação entre estes sistemas e para gerir o seu funcionamento existem diversos protocolos no mercado de automação de edifícios. Desta forma, são apresentados nos próximos subcapítulos, de forma resumida, os principais protocolos de comunicação utilizados na gestão técnica de edifícios.

4.1. Protocolo de comunicação – Modbus

O Modbus é um protocolo industrial desenvolvido em 1979 pela empresa Modicon (atual Schneider Electric), que possibilita a comunicação entre dispositivos de automação, como por exemplo controladores de geradores, controladores de climatização, contadores de energia, etc. Este protocolo utiliza uma arquitetura mestre-escravo (ver Fig. 16), onde o dispositivo mestre deve iniciar um pedido de informação e aguardar por uma resposta dada pelo dispositivo escravo. O dispositivo mestre é geralmente um computador ou autómato, que é responsável por iniciar cada troca de informação com os outros dispositivos. O dispositivo escravo é um dispositivo que controla um determinado sistema, (por exemplo um controlador de um sistema de climatização) em que este apenas tem controlo local e se limita a responder com os dados requisitados ou ordens enviadas (National Instruments, 2019).

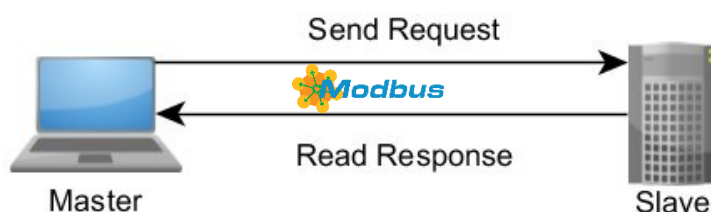
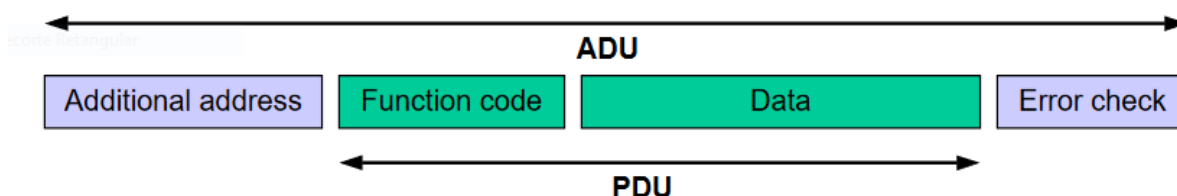


Fig. 16 – Relacionamento de rede do tipo mestre-escravo, adaptada de (National Instruments, 2019)

O conteúdo das mensagens trocadas entre dispositivos numa rede Modbus, é definido pelas diferentes camadas do protocolo. Originalmente, este protocolo foi implementado com o objetivo de transferir dados por um canal série, dessa forma, não podia ser dividido em camadas. Por isso, existiu a necessidade de se alterar o formato dos pacotes de dados utilizados, de forma a permitir-se o uso de TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) e UDP (*User Datagram Protocol*) na transmissão dos dados. Isso levou a uma separação entre o protocolo básico que define a unidade de dados de protocolo PDU (*Protocol Data Unit*), e a camada de rede que define a unidade de dados de aplicação ADU (*Application Data Unit*) (National Instruments, 2019). Na Fig. 17 pode-se observar como é composta uma *frame* (mensagem) de dados composta por PDU e ADU do Modbus.

Fig. 17 – *Frame* de dados PDU e ADU do Modbus (Modbus Organization, 2006a)

O PDU do Modbus é formado por um código de função (Function code) seguido por um conjunto de dados associado (Data). As dimensões e o conteúdo desses dados são definidos pelo código de função, e todo o PDU (código de função e dados) não pode ultrapassar os 253 bytes. O ADU do Modbus para além de incluir a *frame* de dados do PDU, este inclui no início da *frame* um endereço (Additional address), que corresponderá ao endereço do dispositivo escravo, e no fim da *frame* um detetor de erros (Error check), de forma a que a integridade dos dados seja mantida (National Instruments, 2019). Os dados que podem ser acedidos via Modbus são armazenados, de forma geral, em um dos quatro blocos de memória, que se encontram apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Modelo de dados do Modbus, adaptada de (Modbus Organization, 2006a)

Blocos de memória	Tipo de objeto	Tipo de acesso
Discrete Input (Estado de uma entrada discreta)	1 bit	Leitura
Coils (Saída discreta)	1 bit	Leitura/Escrita
Input Registers (Registos de entrada)	16 bits	Leitura
Holding Registers (Endereços de memória em que as entradas e saídas estão mapeadas)	16 bits	Leitura/Escrita

O dispositivo mestre, para aceder aos dados do dispositivo escravo precisa de solicitar acesso, utilizando os diversos códigos de função existentes, que podem ser conhecidos na especificação da aplicação do protocolo Modbus que se encontra no endereço indicado em rodapé⁸. Por exemplo para ler um determinado bloco de memória de 1 bit pode ser utilizado o código de função Read Discrete Input e para ler um determinado bloco de memória de 16 bits pode ser utilizado o código de função Read Input Register.

Relativamente ao meio físico utilizado para se efetuar a comunicação entre um dispositivo mestre e um dispositivo escravo com recurso ao protocolo Modbus, é possível utilizar cabo de par trançado ou cabo de rede Ethernet. No caso do uso de cabo de par trançado, esta comunicação pode ser efetuada em dois formatos padrão, Modbus RTU (*Remote Terminal Unit*) ou Modbus ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*). O formato padrão mais utilizado na comunicação Modbus em cabo de par trançado, é o Modbus RTU sobre RS-485 (*Recommended Standard-485*). É possível também utilizar o protocolo RS-232 (*Recommended Standard-232*), no entanto este tem a desvantagem de apenas permitir a comunicação entre um dispositivo mestre e um dispositivo escravo (National Instruments,

⁸ http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b3.pdf

2019). No modo de funcionamento Modbus RTU, tipicamente é utilizado o cabo LiYCY 4x1, como o apresentado na Fig. 18.



Fig. 18 – Cabo de par trançado LiYCY 4x1 tipicamente utilizado em Modbus RTU ⁹

A topologia de ligação entre equipamentos pode ser feita com dois condutores (*half-duplex*) ou com quatro condutores (*full-duplex*) (Modbus Organization, 2006a). A ligação mais comum é a de dois condutores, como representado na Fig. 19.

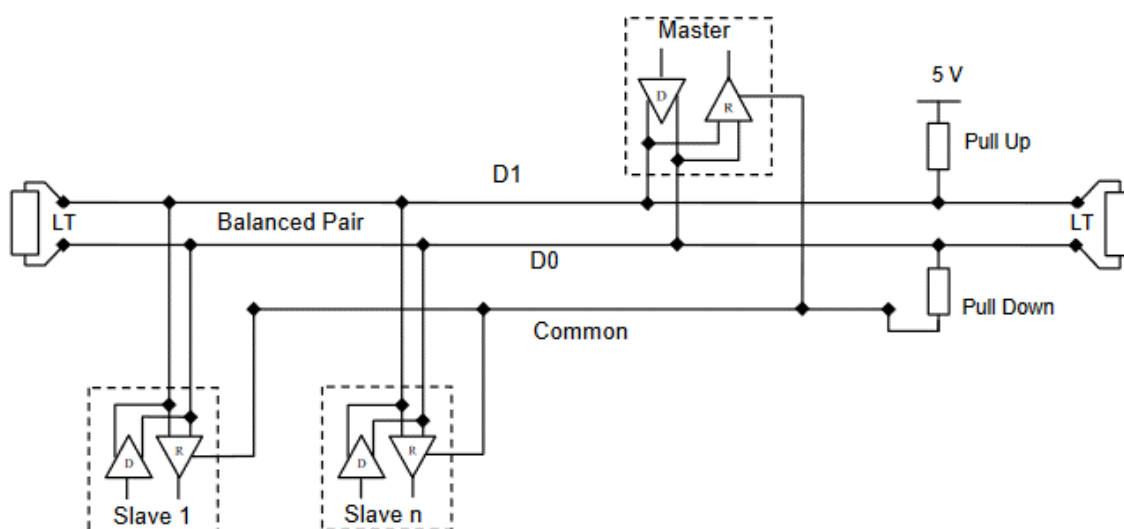


Fig. 19 – Topologia de ligação Modbus com dois condutores (Modbus Organization, 2006c)

Na topologia de ligação com dois condutores, os dispositivos devem ser ligados em série ou com derivações muito pequenas. Nos terminais do BUS, deve ser utilizada uma resistência terminadora de 120 Ohm em cada extremidade, com o objetivo de minimizar as reflexões do sinal na linha. Dois dos condutores utilizados, asseguram a comunicação entre os dispositivos, um condutor extra pode e deve ser ligado entre os dispositivos e ligado à terra em apenas um ponto, criando um escudo que reduz significativamente as interferências eletromagnéticas. Cada linha de Modbus RTU em RS-485 pode suportar, sem recurso ao uso de repetidores, no máximo 32 equipamentos, com o uso de repetidores cada linha pode suportar até um máximo de 247 equipamentos. No Modbus RTU em RS-232 como já foi explicado anteriormente apenas é suportado uma ligação com um equipamento. O comprimento máximo que uma linha de BUS pode atingir, é de 1000 metros, para um *baudrate* de 9600 (velocidade de comunicação de 9600 símbolos por segundo) (Modbus Organization, 2006c).

No caso do uso de cabo de rede Ethernet, a comunicação pode ser efetuada em Modbus TCP/IP ou em Modbus UDP. O formato padrão mais utilizado na comunicação Modbus em cabo de rede Ethernet, é o Modbus TCP/IP, uma vez que o TCP/IP é orientado à conexão, pelo que garante a entrega de todos os pacotes entre um dispositivo emissor e um recetor, já com o UDP

⁹ Obtido de: <http://febycable.com/liycy-4x1-00mm/185/3/5> - Acedido em maio, 2020

a transmissão de dados não oferece esta garantia, podendo originar perda de dados, ou até corrupção (National Instruments, 2019). No Modbus TCP/IP, tipicamente é utilizado o cabo UTP (*Unshielded Twisted Pair*) de 4 pares CAT6, como o apresentado na Fig. 20.

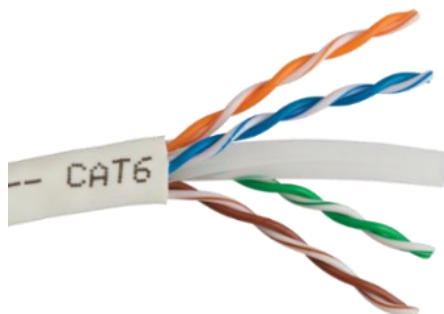


Fig. 20 – Cabo UTP CAT6 tipicamente utilizado em Modbus TCP/IP ¹⁰

No Modbus em TCP/IP a troca de mensagens entre os dispositivos é baseada numa arquitetura de cliente/servidor. Este modelo de cliente/servidor usa quatro tipos de mensagem: a Modbus Request é a mensagem do pedido enviada na rede pelo cliente para iniciar a troca de dados; a Modbus Indication é a mensagem do pedido recebida no lado do servidor; a Modbus Response é a mensagem de resposta enviada pelo servidor; a Modbus Confirmation é a mensagem de resposta recebida no lado do cliente (Modbus Organization, 2006b). Na Fig. 21 está representado um diagrama ilustrativo da troca de mensagens entre cliente/servidor.

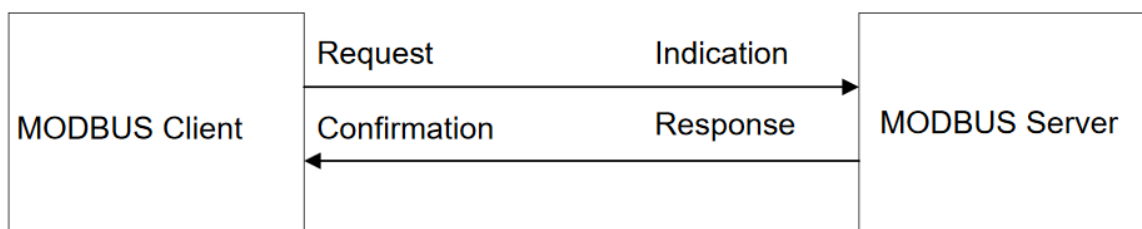


Fig. 21 – Diagrama de troca de mensagens em Modbus TCP/IP (Modbus Organization, 2006b)

A *frame* de dados utilizada no Modbus TCP/IP, comparada com a utilizada no Modbus RTU, em vez do campo Additional address, este possui um campo denominado de MBAP Header (*Modbus Application Protocol Header*) e não possui o campo de Error check. Na Fig. 22 está representado a *frame* de dados no Modbus TCP/IP.

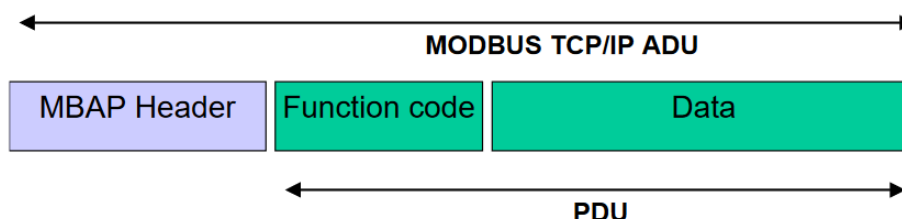


Fig. 22 – *Frame* de dados Modbus TCP/IP (Modbus Organization, 2006b)

¹⁰ Obtido de: <https://www.pcbem.pt/loja/redes/cabo-de-rede-utp-cat6-1-metro/> - Acedido em maio, 2020

Na Tabela 2 são apresentados os campos que constituem o MBAP Header e os seus respectivos tamanhos.

Tabela 2 – Lista de campos que constituem o MBAP Header (Modbus Organization, 2006b)

Campos do MBAP Header	Tamanho do campo
Transaction Identifier	2 bytes
Protocol Identifier	2 bytes
Length	2 bytes
Unit Identifier	1 byte

Os campos que constituem o MBAP Header possuem as seguintes funções:

- Transaction Identifier – Utilizado para o emparelhamento da troca de dados, em que o servidor coloca na resposta o identificador do pedido efetuado pelo cliente;
- Protocol Identifier – Utilizado para identificar o protocolo em uso, que no caso do Modbus é identificado pelo valor 0;
- Length – Utilizado para indicar quantos bytes ocupam os próximos campos da *frame* incluindo o Unit Identifier e os campos de dados;
- Unit Identifier – Utilizado para comunicar com dispositivos que se encontrem numa linha de Modbus RTU através de uma *gateway*¹¹ entre a linha de Modbus TCP/IP e de Modbus RTU.

Todas as mensagens enviadas em Modbus TCP/IP são transmitidas na porta 502 (Modbus Organization, 2006b).

Na Tabela 3 são apresentadas as vantagens e desvantagens da utilização do protocolo de comunicação Modbus na gestão técnica de edifícios.

Tabela 3 – Vantagens e desvantagens do protocolo de comunicação Modbus

Vantagens	Desvantagens
• Protocolo bastante utilizado e de fácil integração com outros sistemas/protocolos com recurso a <i>gateways</i>; • Protocolo aberto com especificações técnicas disponíveis livremente; • Bom desempenho na transmissão de pequenos/médios volumes de dados; • Facilidade na implementação e manutenção do sistema; • Protocolo robusto e com bom desempenho em ambientes industriais.	• Número limitado de tipo de dados que podem ser transmitidos; • Sem segurança contra comandos não autorizados ou na interceção de dados; • Necessidade de realizar muitas configurações e programação;

¹¹ Dispositivo de interface que permite a comunicação entre redes de comunicação que não comuniquem nativamente entre si ou que utilizem protocolos distintos.

Apesar das vantagens e desvantagens do Modbus, este é um protocolo muito utilizado, uma vez que apresenta a fiabilidade, flexibilidade e a robustez necessária à maioria das necessidades dos edifícios inteligentes, em matéria de comunicação entre equipamentos técnicos, como por exemplo no AVAC.

4.2. Protocolo de comunicação – BACnet

BACnet - *Building Automation and Control Network* é um protocolo de comunicação que começou a ser desenvolvido pela ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) em 1987 e que acabou por ser publicado em 1995 (Contemporary Control Systems Inc, 2007). Este protocolo foi desenvolvido de forma a padronizar a comunicação entre os dispositivos de automação em edifícios.

O BACnet permite que sistemas de fabricantes distintos, como sistemas de AVAC, sistemas de iluminação, segurança, sistemas contra incêndios, e outros, comuniquem entre si, utilizando métodos padrão na apresentação, pedido, interpretação e no transporte de informação (Carrier Corporation, 2020). Na Fig. 23 está representado um exemplo de um diagrama com diversos sistemas que podem ser integrados com o uso do protocolo BACnet.

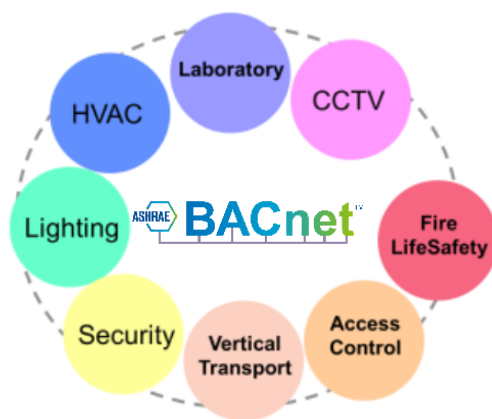


Fig. 23 – Exemplo de integrações possíveis utilizando BACnet, adaptada de (BACnet International, 2014)

O BACnet é um protocolo orientado a objetos, em que cada objeto possui a informação relativamente a uma variável ou conjunto (Exemplo: uma temperatura ambiente). Cada objeto possui um número de identificação de objeto e um conjunto de propriedades (Carrier Corporation, 2020). Um objeto possui pelo menos o número de identificação do objeto, o nome do objeto, tipo de objeto e valor do objeto, sendo algumas das restantes propriedades opcionais consoante o tipo de objeto e função (BACnet International, 2014). Na Fig. 24 é apresentado um exemplo de objeto com as suas respetivas propriedades.

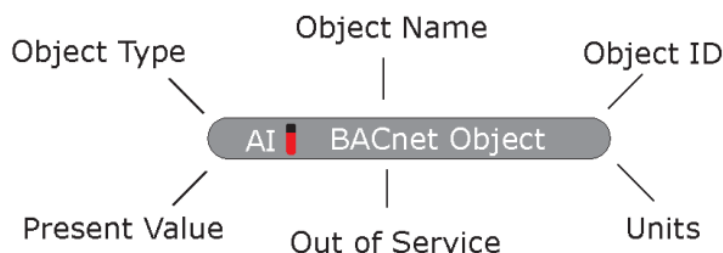


Fig. 24 – Exemplo de propriedades de um objeto BACnet (Carrier Corporation, 2020)

Cada propriedade de um objeto possui um identificador, que representa a sua função/descrição e o seu próprio valor. Na Tabela 4 está representado um exemplo de uma lista de propriedades de um objeto BACnet.

Tabela 4 – Exemplo de uma lista de propriedades de um objeto BACnet, adaptada de (Carrier Corporation, 2020)

Nome	Valor
Object_Identifier	1
Object_Name	Temperatura Ambiente
Object_Type	Analog Input
Present_Value	25
High_Limit	100
Low_Limit	0

Na Tabela 5 são apresentados alguns tipos de objetos que são standard no protocolo BACnet.

Tabela 5 – Tipos de objetos standard no protocolo BACnet, adaptada de (Carrier Corporation, 2020)

Tipos de objeto

Binary Input	Multi-state Input	File
Binary Output	Multi-state Output	Program
Binary Value	Multi-state Value	Schedule
Analog Input	Loop	Trend Log
Analog Output	Calendar	Group
Analog Value	Notification Class	Event Enrollment
Averaging	Command	Device
LifeSafetyZone	LifeSafetyPoint	

Quando é utilizado BACnet os dispositivos comunicam entre si através do uso de serviços. Os serviços BACnet são pedidos formais que os dispositivos BACnet enviam para outros dispositivos BACnet requerendo que estes façam algo. Esses serviços estão divididos em cinco categorias consoante a funcionalidade:

- Object access – Fornece os meios para ler, escrever, criar e eliminar um determinado objeto;
- Device management – Fornece os meios para descobrir objetos, sincronização do tempo, inicialização de objetos, guardar e restaurar a base de dados;
- Alarm and event – Lida com as mudanças de um determinado objeto, como a indicação de um problema ou como a leitura de um sensor que esteja com valores fora da faixa normal;
- File transfer – Utilizado para ler e manipular arquivos num determinado dispositivo, como por exemplo o registo de uma determinada variável;
- Virtual terminal – Utilizado para criar uma ligação bidirecional entre o dispositivo de um operador e um dispositivo BACnet via linha de comandos.

Um serviço define em cada pedido, quais os parâmetros necessários a serem transmitidos na mensagem de pedido e de resposta (BACnet International, 2014).

O BACnet tem uma arquitetura de protocolo em camadas baseado numa versão reduzida do modelo OSI (*Open Systems Interconnection*). As camadas 1, 2, 3 e 7 do modelo OSI são utilizadas conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Arquitetura do BACnet baseado numa versão reduzida do modelo OSI ¹²

BACnet Layers					Equivalent OSI Layers
BACnet Application Layer					Application (7)
BACnet Network Layer					Network (3)
ISO 8802-2 (IEEE 802.2) Type 1		MS/TP	PTP	LonTalk	Data Link (2)
ISO 8802-3 (IEEE 802.3)	ARCNET	EIA - 485	EIA - 232		Physical (1)

No BACnet a transmissão de mensagens entre dispositivos, pode ser feita através dos seguintes métodos de comunicação:

- BACnet/IP
- BACnet MS/TP (*Master-Slave/Token Passing*) (RS-485)
- BACnet Ethernet
- BACnet sobre ARCNET (*Attached Resource Computer Network*)
- BACnet Ponto a Ponto (RS-232)

¹² Adaptado de: <http://www.bacnet.org/Bibliography/AIC-97/AIC1997.htm> - Acedido em maio, 2020

- BACnet sobre LonTalk
- BACnet sobre ZigBee

BACnet MS/TP utiliza cabo de par trançado RS-485 para efetuar a comunicação até aproximadamente 1200 metros. Com este método de comunicação é possível atingir uma velocidade máxima de 1 Mbps na transmissão dos dados, sendo de uso frequente em controladores unitários (um controlador e vários atuadores/sensores), pois apresenta um menor custo face aos outros métodos. Na Fig. 25 está representado a forma em que dois dispositivos BACnet se ligam entre si para comunicar por BACnet MS/TP (BACnet International, 2014).

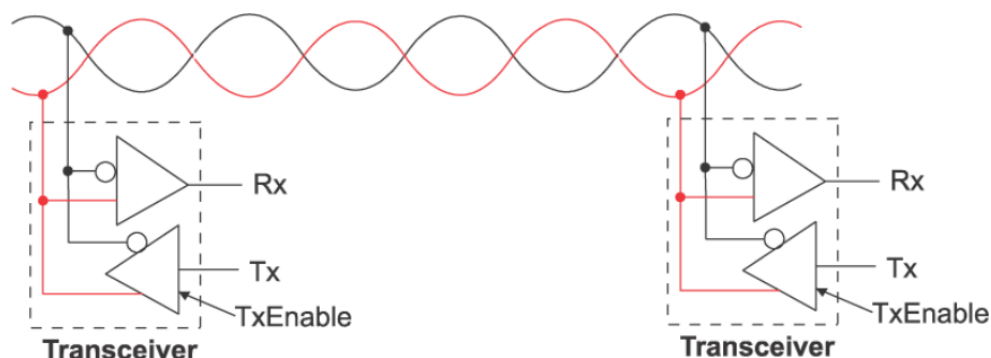


Fig. 25 – Ligação entre dois dispositivos por BACnet MS/TP (BACnet International, 2014)

O BACnet Ethernet pode partilhar uma rede Ethernet presente em qualquer edifício. Este tipo de comunicação é muito semelhante ao BACnet/IP em termos de custo e velocidade de transmissão, mas limitado a uma única infraestrutura física que não utilize roteamento IP (BACnet International, 2014). O BACnet/IP apesar de ter um custo superior, relativamente aos outros, este é o mais utilizado por conseguir suportar transmissão de grandes volumes de dados e por poder utilizar a infraestrutura de rede presente nos edifícios.

O BACnet sobre ARCNET pode utilizar cabo coaxial na comunicação com velocidades até 2,5 Mbps ou cabo de par trançado em RS-485 com velocidades até 156 Kbps. Apesar do BACnet sobre ARCNET em RS-485 possuir um aumento na performance face ao uso de BACnet MS/TP, este não é muito comum devido a existir um número muito limitado de fabricantes a suportarem este meio físico.

Já o BACnet Ponto a Ponto é apenas utilizado sobre redes de telefone. Este tipicamente usa a norma RS-232 na comunicação, mas como as redes de telefone evoluíram e agora usam cabos de rede UTP, este modo de comunicação já não é mais utilizado, sendo utilizado o BACnet Ethernet em sua substituição.

O BACnet sobre LonTalk permite que seja utilizado o meio de comunicação do protocolo de comunicação LonTalk. No entanto os dois protocolos não possuem interoperabilidade.

O BACnet sobre ZigBee utiliza uma rede sem fios em malha e é tipicamente utilizado por dispositivos de baixo custo. Este protocolo é normalmente utilizado como uma *gateway* para dispositivos ZigBee e não como um meio de comunicação de BACnet nativo (BACnet International, 2014).

Na Tabela 7 são apresentadas as vantagens e desvantagens da utilização do protocolo de comunicação BACnet na gestão técnica de edifícios.

Tabela 7 – Vantagens e desvantagens do protocolo de comunicação BACnet

Vantagens	Desvantagens
• Protocolo aberto e bastante adotado em edifícios inteligentes; • Grande quantidade de fabricantes com suporte a este protocolo; • Facilidade na implementação do protocolo e na integração entre vários sistemas distintos; • Excelente performance na transmissão de grandes quantidades de dados (BACnet/IP); • Possibilidade de utilização da rede informática do edifício para efetuar a comunicação (BACnet/IP); • Grande parte dos responsáveis dos sistemas informáticos estão familiarizados com esta tecnologia (BACnet/IP).	• Protocolo com um custo superior de implementação face a outros, como por exemplo o Modbus (BACnet/IP); • Necessidade de suporte da parte dos responsáveis pelo sistema informático do edifício e se houver alterações na rede informática, poderá ter impacto na conectividade entre os dispositivos (BACnet/IP);

Apesar das vantagens e desvantagens do BACnet, este protocolo tem ganho uma forte adoção na sua utilização, pois como foi possível verificar pelas características apresentadas anteriormente, este apresenta grande interoperabilidade entre vários sistemas de fabricantes diferentes, o que o torna flexível na escolha das soluções técnicas para o controlo de um edifício inteligente. No gráfico da Fig. 26 é possível observar a tendência de crescimento na utilização do protocolo de comunicação BACnet no mundo.

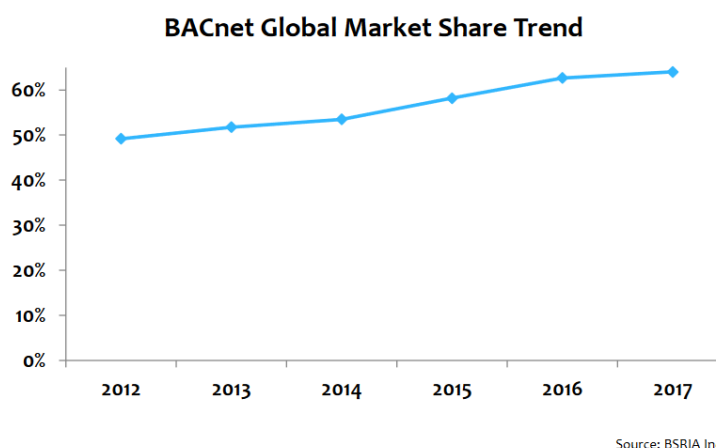


Fig. 26 – Gráfico de utilização do protocolo BACnet no mundo (BACnet International, 2018)

4.3. Protocolo de comunicação – KNX

O KNX é um protocolo de comunicação para edifícios inteligentes, que foi criado pela Associação KNX com sede em Bruxelas em 1999. Este protocolo surgiu da fusão entre três antigas associações europeias, que atuavam no mercado de sistemas dedicados a habitações unifamiliares e edifícios inteligentes, sendo essas associações as seguintes (KNX Association-a):

- BCI (*BatiBus Club International*) (França) – Protocolo BatiBus;
- EIB (*European Installation Bus*) Association (Bélgica) – Protocolo EIB;
- European Home Systems Association (Holanda) – Protocolo EHS (*European Home Systems*).

Este protocolo pode ser utilizado em contexto doméstico, em escritórios e também em grandes edifícios. Atualmente esta associação conta com 495 membros¹³ sendo muitos membros fabricantes de equipamentos com suporte a este protocolo com aplicação em diversas áreas de automação, como por exemplo no controlo de iluminação, controlo de telas/estores, controlo de climatização, entre outros. Na Fig. 27 é possível observar algumas áreas de automação em que o protocolo KNX pode ser aplicado.



Fig. 27 – Exemplo de áreas de aplicação do protocolo KNX ¹⁴

Os dispositivos KNX comunicam entre si através de um sistema em BUS, que permite a troca de mensagens entre todos os equipamentos do edifício, de forma a que estes atuem em conformidade com as funcionalidades pretendidas (KNX Association-b). Na Fig. 28 está representado um exemplo de comunicação num sistema de BUS KNX.

¹³ <https://www.knx.org/knx-en/for-manufacturers/members/index.php>

¹⁴ Obtido de: <https://simpleiot.eu/wp-content/uploads/2019/03/KNXSS.jpg> - Acedido em julho, 2020

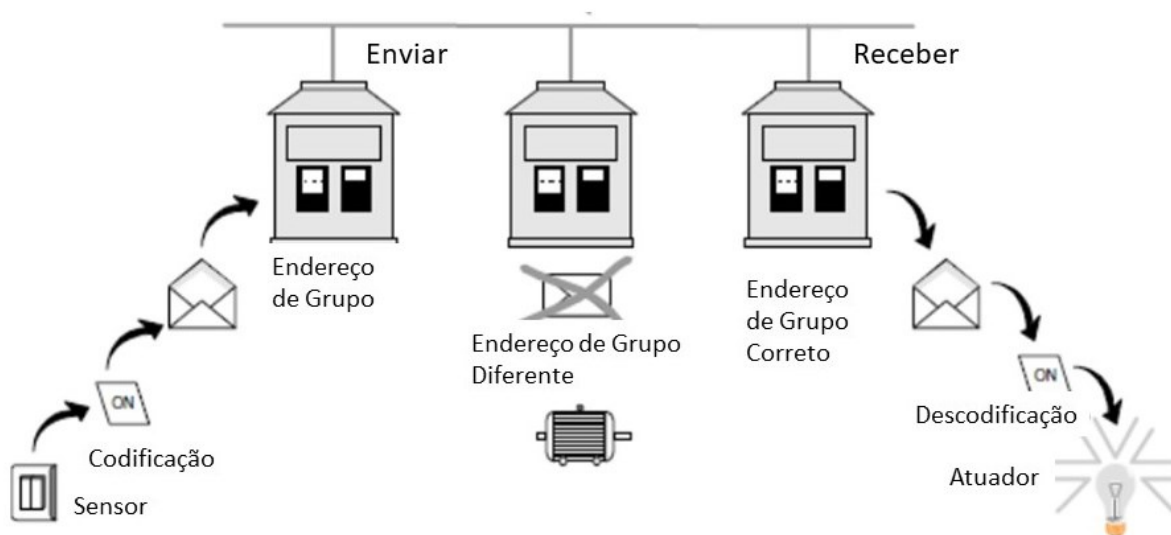


Fig. 28 – Sistema de BUS KNX (Pinto, 2019)

A troca de mensagens entre os vários dispositivos é efetuada da seguinte forma: De acordo com o exemplo apresentado na Fig. 28, o ocupante carrega num botão KNX para ligar um circuito de iluminação que possui um endereço de grupo associado. Este endereço de grupo é codificado e enviado através do BUS. Os dispositivos KNX que não possuam este endereço de grupo associado, ignoram a mensagem. No entanto os que possuem esse endereço de grupo associado, descodificam a mensagem e agem em conformidade com a mensagem recebida. Neste caso a saída KNX com o endereço de grupo correto, irá ligar o circuito de iluminação correspondente.

Cada dispositivo KNX tem um endereço físico individual único numa instalação. Na Fig. 29 é representado a estrutura de endereço físico de um dispositivo KNX.

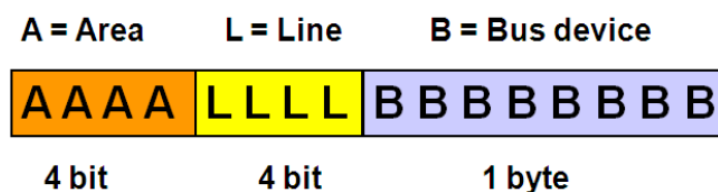


Fig. 29 – Campos de endereço físico de um equipamento KNX (KNX Association-a)

O endereço físico individual representa a área e linha a que o dispositivo pertence e o seu número de identificação. Assim sendo, a arquitetura de uma rede KNX pode interligar até 256 dispositivos numa linha, em que podem existir até 15 linhas formando uma área. Uma linha principal (denominada por *backbone*) pode ser usada para interligar até 15 áreas (Pinto, 2019). Na Fig. 30 é apresentada a topologia de uma rede KNX.

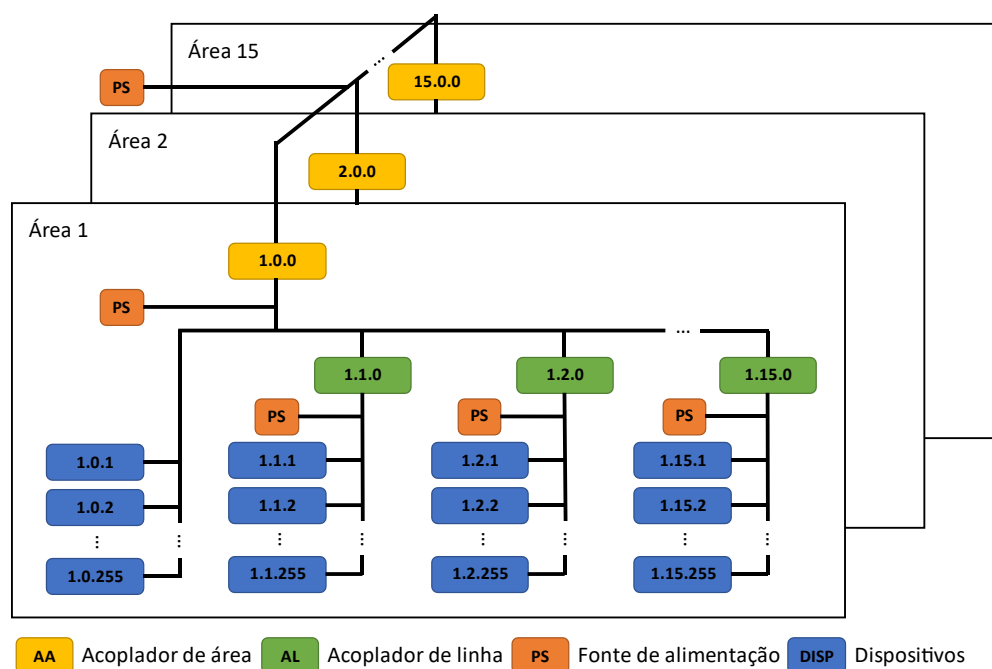


Fig. 30 – Topologia de uma rede KNX

A comunicação entre equipamentos KNX é efetuada através do envio/receção de telegramas. Estes telegramas possuem um endereço de grupo que podem ser definidos numa estrutura de 2 níveis, 3 níveis ou de forma livre. A estrutura mais utilizada é a de 3 níveis, que se apresenta na Fig. 31.

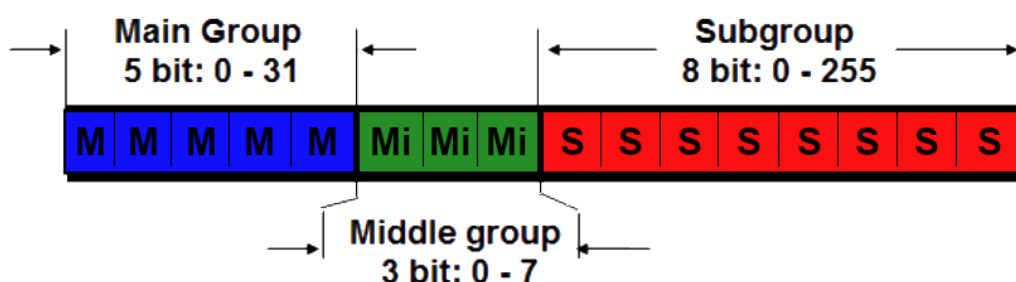


Fig. 31 – Endereço de Grupo em estrutura de 3 níveis, adaptada de (KNX Association-a)

O endereço de grupo em estrutura de 3 níveis, pode ter 0 a 31 Main Groups, 0 a 7 Middle Groups em cada Main Group e 0 a 255 Subgroups em cada Middle Group. Normalmente dividem-se os endereços da seguinte forma:

- Main Group – Funções por piso (Exemplo: Piso 0, Piso 1, Piso 2, etc);
- Middle Group – Funções por tipo (Exemplo: Iluminação, estores, climatização, etc);
- Sub Group – Função do endereço de grupo (Exemplo: Ligar/Desligar iluminação, Subir/Descer estore, Ponto de Funcionamento da climatização, etc).

Na Fig. 32 é apresentada a estrutura de um telegrama KNX TP com os seus respetivos campos.

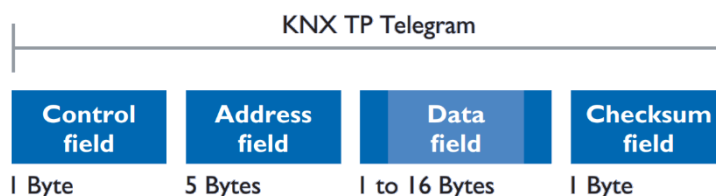


Fig. 32 – Estrutura de um telegrama em KNX TP (KNX Association-b)

Um telegrama consiste numa sequência de bits, que representam a informação que é transmitida no BUS KNX. Um telegrama de KNX TP (*Twisted Pair*) possui 4 campos (KNX Association-b):

- Control Field – Define o tipo de telegrama, a prioridade do telegrama e se o telegrama é uma repetição ou não;
- Address Field – Especifica o endereço individual do remetente, o endereço individual ou de grupo do destinatário e o tipo de endereço;
- Data Field – Contém os dados da informação a ser transmitida (como por exemplo o valor de uma temperatura);
- Checksum Field – É usado para verificação da existência de erros na transmissão dos dados.

Um sistema KNX pode utilizar os seguintes métodos de comunicação para efetuar troca de dados entre equipamentos (KNX Association-b):

- KNX TP (Par Trançado);
- KNX PL (*Powerline* – sobre a linha de alimentação de corrente alternada);
- KNX RF (Radiofrequência);
- KNX IP (*Internet Protocol*).

No KNX TP é tipicamente utilizado cabo de par trançado do tipo J-Y (St) Y 2x2x0.8 VDE 0815, como o apresentado na Fig. 33. O fio condutor vermelho (KNX+) e o fio condutor preto (KNX-) são utilizados para a comunicação e fornecimento de energia para os dispositivos KNX. Os condutores amarelo e branco, normalmente são deixados como um par de reserva, ou para alimentar algum dispositivo que necessite de uma alimentação externa de baixa tensão (Pinto, 2019).



Fig. 33 – Cabo de par trançado J-Y (St) Y 2x2x0.8 recomendado no KNX (Pinto, 2019)

A ligação entre os dispositivos KNX pode ser efetuada em BUS, em árvore, em estrela e em linha. Na Tabela 8 são apresentadas as distâncias máximas que o BUS KNX permite, de forma a ser assegurada a comunicação.

Tabela 8 – Comprimentos máximos do cabo de BUS KNX, adaptada de (KNX Association-a)

Comprimento do BUS KNX	Distância máxima [metros]
Fonte de alimentação – Dispositivo KNX	350
Dispositivo KNX – Dispositivo KNX	700
Total da linha de BUS	1000
Distância entre duas fontes de alimentação numa linha	Varia em função do fabricante

A interligação entre equipamentos KNX por este meio de comunicação, normalmente é efetuado através de conectores KNX fornecidos em cada equipamento, como o apresentado na Fig. 34.

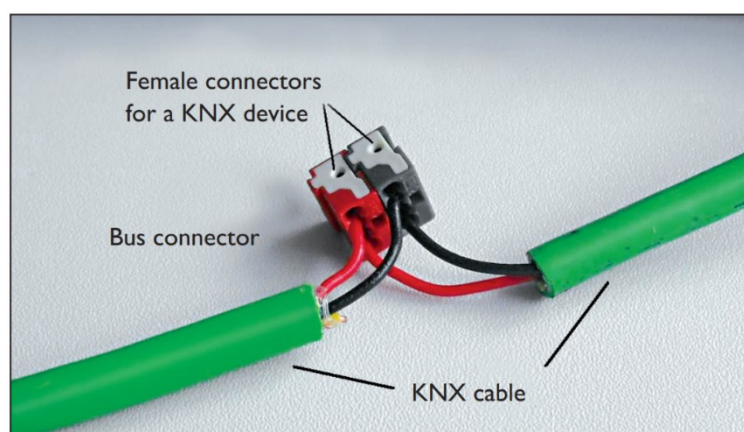


Fig. 34 – Interligação entre equipamentos com um conector KNX (KNX Association-b)

O KNX PL é normalmente utilizado em edifícios antigos onde não existe ou não seja desejável instalar nova cablagem dedicada ao KNX. Desta forma, a comunicação é efetuada utilizando a rede de alimentação principal de 230 V instalada no edifício, em que os cabos de Fase e Neutro servem também como meio físico de suporte de comunicação, com codificação S-FSK (*Spread Frequency Shift Keying*) como representada na Fig. 35 (KNX Association-b).

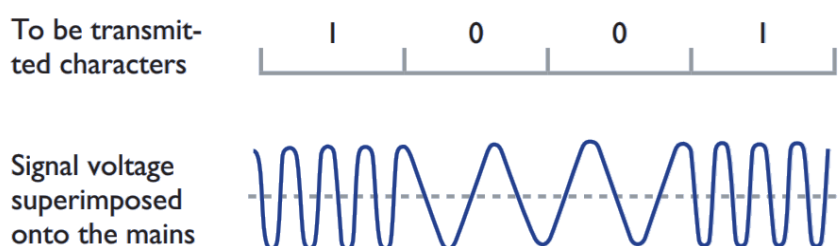


Fig. 35 – Transmissão dos dados sobrepostos na alimentação principal de 230 V (KNX Association-b)

O KNX RF é normalmente utilizado para situações excepcionais, em que não existe a possibilidade de instalar novos cabos no edifício, permitindo desta forma a comunicação sem fios, através de um emissor de sinais de radiofrequência que se encontre ligado à rede principal de KNX e de vários recetores de radiofrequência nos locais onde não seja possível instalar cabos (KNX Association-b).

O KNX IP é normalmente utilizado em linhas principais (*backbone*) de forma a interligar as diversas linhas KNX TP presentes numa área KNX. Para isso, em cada linha KNX TP é instalado um acoplador de linha (*Router IP*), que fará a interface com a linha principal de KNX IP. Desta forma os telegramas conseguem ser transmitidos de uma linha para outra pelo *backbone* através do roteamento dos telegramas efetuado pelo *Router IP*. É possível ainda interligar áreas KNX distintas através de KNX IP, colocando em cada uma dessas áreas um *Router IP* como acoplador de área (*Router IP*). Desta forma o acoplador irá efetuar o roteamento dos telegramas provenientes de uma área para outra distinta (KNX Association-b e c). Na Fig. 36 está representado um exemplo de uma instalação em que são utilizados *Routers IP* para interligar linhas de áreas distintas.

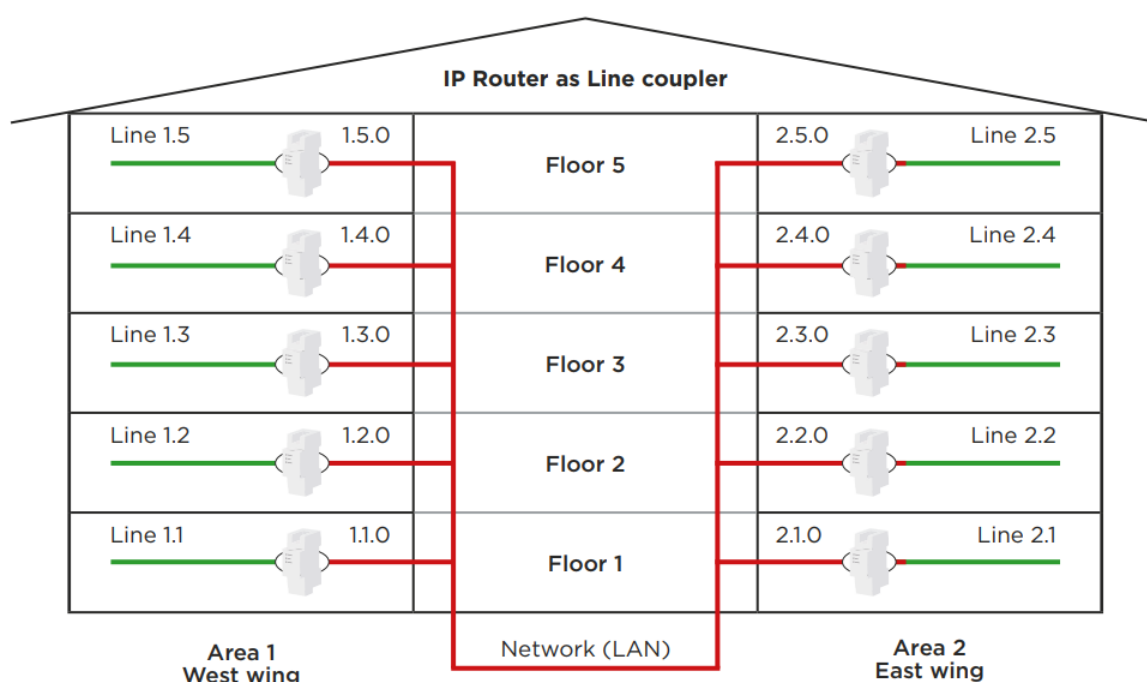


Fig. 36 – Instalação com linhas interligadas em KNX IP com recurso a *Routers IP* (KNX Association-c)

Na Tabela 9 são apresentadas as vantagens e desvantagens da utilização do protocolo de comunicação KNX na gestão técnica de edifícios.

Tabela 9 – Vantagens e desvantagens do protocolo de comunicação KNX

Vantagens	Desvantagens
• Protocolo aberto e bastante utilizado em automação de edifícios; • Desenvolvido especificamente para automação em edifícios; • Sistema de controlo distribuído; • Diversas opções como meio de transmissão de informação; • Vasta gama de fabricantes que produzem equipamentos com suporte a este protocolo; • Baixo consumo de energia dos equipamentos; • A tensão utilizada pelos equipamentos é baixa, o que oferece maior segurança para os utilizadores; • Facilmente escalável sem a necessidade de se alterar a rede de comunicação.	• Não é muito utilizado fora da Europa; • Necessidade de uma licença para programação de mais de cinco dispositivos num projeto; • A troca de mensagens entre equipamentos não é encriptada.

Apesar das vantagens e desvantagens do KNX, este protocolo é bastante utilizado na automatização de edifícios (presente em mais de 164 países¹⁵), pois como foi possível verificar pelas características apresentadas anteriormente, este apresenta uma vasta gama de fabricantes a produzir equipamentos com suporte a esta tecnologia, o que dá ao cliente flexibilidade na escolha dos equipamentos que este pretende instalar para o controlo do edifício.

4.4. Protocolo de comunicação – DALI

DALI - *Digital Addressable Lighting Interface* é um protocolo de comunicação dedicado a controlo de iluminação desenvolvido por uma associação de várias empresas europeias em 1998 (Architectural Lighting, 2007). Este protocolo foi desenvolvido com o objetivo de permitir o controlo digital de circuitos de iluminação, substituindo os sistemas convencionais.

Cada balastro DALI possui um endereço físico e pode ser acedido por um barramento de comunicação, tornando possível controlar cada balastro individualmente ou em grupo. Para além do controlo individual, é possível através de programação/parametrização criar grupos de balastros para atuarem em sincronismo. Esta funcionalidade garante flexibilidade no controlo de iluminação, permitindo alterar o modo de funcionamento dos balastros facilmente, sem a necessidade de alterar cablagem (Digital Illumination Interface Alliance, 2020).

Outra vantagem do uso deste protocolo em iluminação, é que este possui comunicação bidirecional entre dispositivos, o que permite que um balastro possa transmitir o seu estado ou a ocorrência de uma falha de funcionamento (Digital Illumination Interface Alliance, 2020).

¹⁵ <https://www.knx.org/knx-en/for-professionals/What-is-KNX/KNX-History/>

Os balastros DALI são de fácil instalação, necessitando apenas de um cabo de alimentação de 230 V, como num circuito de iluminação convencional e um cabo de comunicação por onde é efetuado o controlo. Um BUS DALI, permite controlar até um máximo de 64 balastros, ter um máximo de 16 grupos de balastros e um máximo de 16 cenários DALI (Tridonic, 2019). Na Fig. 37 está representado um exemplo de ligação de vários balastros ao BUS DALI.

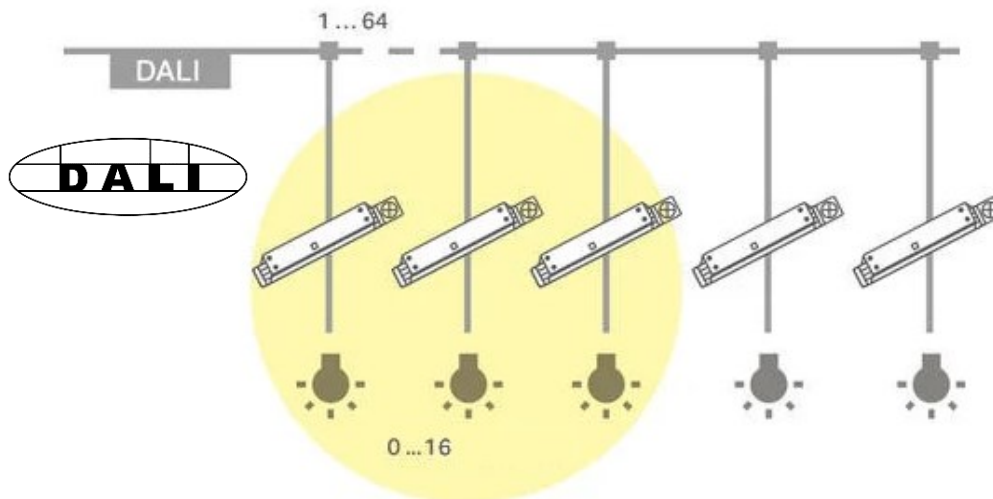


Fig. 37 – Ligação de balastros e sensores ao BUS DALI ¹⁶

Os grupos e cenários DALI são configurados no balastro. Por exemplo, quando é enviada uma ordem de comando para um determinado grupo DALI, todos os balastros que foram configurados com esse grupo irão atuar em conformidade com o comando enviado. O mesmo acontece para os cenários, quando é enviado um comando para atuar determinado cenário, todos os balastros que foram configurados com esse cenário irão atuar da forma que foram configurados para esse cenário.

Uma mensagem DALI de um dispositivo Master (Exemplo: um controlador DALI) para um dispositivo Slave (Exemplo: um balastro DALI) é composta pelos seguintes parâmetros:

- Start bit (1 bit);
- Endereço (1 byte);
- Tipo de comando (1 byte);
- 2 stop bits (2 bits).

Na Fig. 38 é apresentada a forma como é estruturada uma mensagem DALI proveniente de um dispositivo Master.

¹⁶ Obtido de: <https://www.wago.com/global/dali> - Acedido em junho, 2020

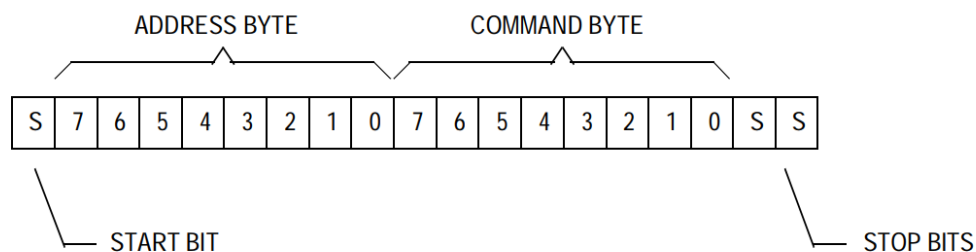


Fig. 38 – Estrutura da mensagem DALI proveniente de um dispositivo Master (Motorola, 2002)

Na estrutura da mensagem DALI, no campo de endereço é especificado o destinatário da mensagem, quer seja um balastro específico, um grupo DALI ou um comando geral (*broadcast*) para todos os balastros. Na Tabela 10 é apresentado os tipos de endereço que podem ser utilizados no campo de endereço da mensagem DALI.

Tabela 10 – Tipos de endereço que podem ser utilizados no campo de endereço da mensagem DALI (Motorola, 2002)

Tipo de endereço	Descrição do byte
Endereço do balastro	0AAAAAAS (AAAAAA= 0 a 63, S= 0/1)
Endereço do grupo DALI	100AAAAAS (AAAA= 0 a 15, S= 0/1)
<i>Broadcast</i> (comando geral para todos os balastros)	1111111S (S= 0/1)
Comandos especiais	101CCCC1 (CCCC= nº do comando)

No campo de comando é especificado o comando a efetuar pelo destinatário da mensagem, como por exemplo: Ligar iluminação, desligar iluminação, aumentar nível de luminosidade, diminuir nível de luminosidade, executar determinado cenário, etc.

Uma mensagem de resposta de um dispositivo Slave é composta pelos seguintes parâmetros:

- Start bit (1 bit);
- Resposta (1 byte);
- 2 stop bits (2 bits).

Na Fig. 39 é apresentada a forma como é estruturada uma mensagem DALI proveniente de um dispositivo Slave.

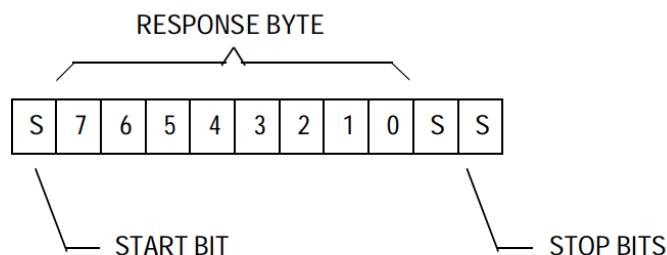


Fig. 39 – Estrutura da mensagem DALI proveniente de um dispositivo Slave (Motorola, 2002)

No campo de resposta pode ser transmitido pelo dispositivo Slave, um conjunto de informações, como por exemplo o estado do circuito de iluminação, a luminosidade, os grupos e cenários DALI que este está associado, falhas no dispositivo, etc.

O cabo utilizado para efetuar a comunicação entre os balastros pode estar junto com o de alimentação. Os balastros estão protegidos contra inversão na polaridade do BUS, minimizando desta forma avarias e possíveis falhas de comunicação por troca de polaridade (Tridonic, 2019). Na Fig. 40 está representado um exemplo de um cabo que assegura a alimentação e comunicação de um balastro DALI.



Fig. 40 – Exemplo de cabo com alimentação e BUS DALI para ligação a balastros DALI (Tridonic, 2019)

Os balastros DALI podem ser interligados através de uma ligação em BUS, em estrela, em árvore e em linha. (Tridonic, 2019). Na Fig. 41 são exemplificadas as possíveis formas de ligação entre balastros DALI.

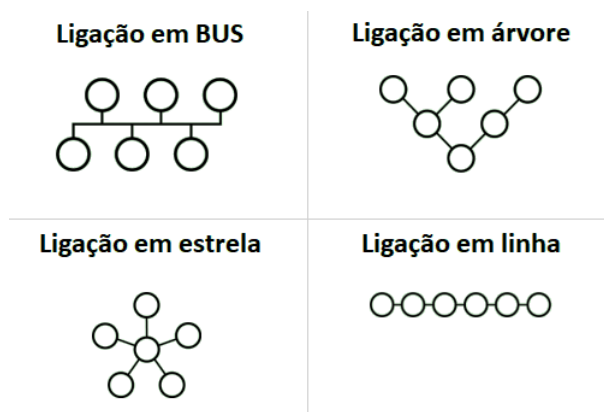


Fig. 41 – Possíveis formas de ligação entre balastros DALI, adaptada de (Tridonic, 2019)

O comprimento máximo que uma linha de BUS DALI pode suportar depende da secção do cabo que for utilizado, conseguindo-se uma distância máxima de 300 metros, com um cabo de secção mínima de 1,5 mm² (Pinto, 2019). Na Tabela 11 são apresentadas as distâncias máximas que um cabo de BUS DALI pode suportar em função da secção do cabo.

Tabela 11 – Comprimentos máximos do cabo de BUS DALI em função da secção do cabo (Pinto, 2019)

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

Em 2014, o protocolo DALI foi reestruturado, surgindo assim o DALI-2. Foram adicionadas novas funcionalidades e foram feitas melhorias e correções de falhas/erros existentes. Uma das mudanças mais significativas no DALI-2 foi a adição de dispositivos de controlo (como por exemplo, sensores de luminosidade DALI para regulação de fluxo) que na versão original do DALI não era suportado. O DALI-2 também melhorou a interoperabilidade de produtos de fabricantes diferentes com certificação obrigatória (Digital Illumination Interface Alliance, 2020). Na Fig. 42 está representado um diagrama com as principais alterações que o protocolo DALI teve para a sua versão mais atualizada o DALI-2.

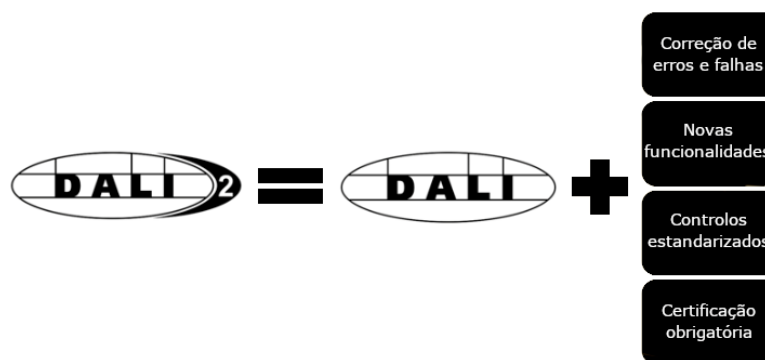


Fig. 42 – Principais alterações do protocolo DALI para DALI-2 ¹⁷

Na Tabela 12 são apresentadas as vantagens e desvantagens da utilização do protocolo de comunicação DALI na gestão técnica de edifícios.

Tabela 12 – Vantagens e desvantagens do protocolo de comunicação DALI

Vantagens	Desvantagens
• Protocolo aberto e bastante utilizado no controlo de iluminação em edifícios; • Comunicação bidirecional com reporte de estado e falhas nos balastros; • Topologia de rede simples e de fácil implementação; • Curva de regulação do nível de luminosidade bastante suave em lâmpadas LED (<i>Light-Emitting Diode</i>) em comparação por exemplo a sistemas KNX; • Versatilidade no modo de funcionamento, através da criação de grupos de balastros; • Permite a criação de cenários.	• Necessidade de um número maior de cabos; • Necessidade do uso de <i>gateways</i> para integração com outros protocolos; • Necessidade de configuração e programação; • Desenvolvido especificamente para controlo de iluminação.

O protocolo DALI, é bastante utilizado no controlo de iluminação em edifícios, pois como foi possível verificar pelas características apresentadas anteriormente, possui uma boa performance no controlo de iluminação, permite o controlo individual de cada balastro ou o agrupamento de

¹⁷ Adaptado de: https://www.tridonic.com/com/en/download/technical/DALI-Comparison-between-DALI-and-DALI-2_en.pdf - Acedido em junho, 2020

balastros, assim como o reporte de falhas que incluem: sobretensão, sobreaquecimento, circuito aberto, curto-circuito, etc.

No próximo capítulo são apresentados alguns dos principais trabalhos/projetos que foram desenvolvidos no decorrer do estágio curricular e que utilizaram os protocolos de comunicação apresentados anteriormente, realçando as soluções desenvolvidas para cada edifício, como por exemplo o controlo de iluminação, controlo de sistemas de AVAC, monitorização de energia, sistema de gestão técnica, etc.

5. TRABALHOS/PROJETOS DESENVOLVIDOS DURANTE O ESTÁGIO CURRICULAR

Ao longo do estágio curricular foi possível desenvolver um conjunto de trabalhos e projetos enquadrados na área de serviços prestados pela Projedomus. Neste capítulo, são apresentados alguns dos trabalhos mais relevantes realizados no decorrer do estágio curricular e que possibilitaram aplicar competências obtidas ao longo do percurso académico. Estes trabalhos permitiram uma interação prática e pedagógica no exercício da profissão de engenheiro eletrotécnico, proporcionando uma experiência real enquadrada no mundo do trabalho.

5.1. Abordagem seguida no desenvolvimento dos trabalhos

No estágio curricular foi desenvolvido trabalho em ambiente de escritório e trabalho de campo. Relativamente, ao trabalho desenvolvido em ambiente de escritório, foram elaborados projetos de execução, idealizado soluções e efetuado a respetiva programação dos equipamentos.

5.1.1. Elaboração dos trabalhos em escritório

Os trabalhos elaborados em escritório, dividiram-se nas seguintes partes: elaboração do projeto de execução, preparação das plantas para o sistema de controlo do edifício e programação dos controladores.

A primeira fase de cada obra passa por elaborar um projeto de execução que consiste em estudar e adaptar o projeto do edifício às soluções pretendidas pelo cliente e/ou propostas pela Projedomus. Com o estudo feito e as soluções definidas, procede-se à criação de esquemas de ligações e esquemas de princípio importantes para a correta execução do projeto na fase de obra. Nos casos em que o projeto incluía um sistema de gestão técnica, procede-se também à elaboração do projeto de gestão técnica a fim de se integrar todas as componentes e variáveis necessárias para o controlo do edifício. Na Fig. 43 é ilustrado um exemplo de um quadro de gestão técnica elaborado durante o estágio curricular, em que foi necessário projetar a quantidade de módulos de entradas e saídas necessários, assim como atribuir as variáveis de controlo/monitorização aos respetivos I/Os.

Numa segunda fase do processo de obra é realizada a preparação das plantas do edifício para serem usadas na interface de visualização do sistema de gestão técnica centralizada a implementar no edifício. Na preparação das plantas, é isolado com recurso ao *software* AutoCAD¹⁸, os elementos de desenho que façam representação na planta do edifício dos equipamentos geridos pelo sistema de gestão técnica. Na Fig. 44 está representado um exemplo do isolamento dos elementos de desenho que representam uma planta de um edifício realizado durante o estágio curricular.

¹⁸ <https://www.autodesk.pt/products/autocad/overview>

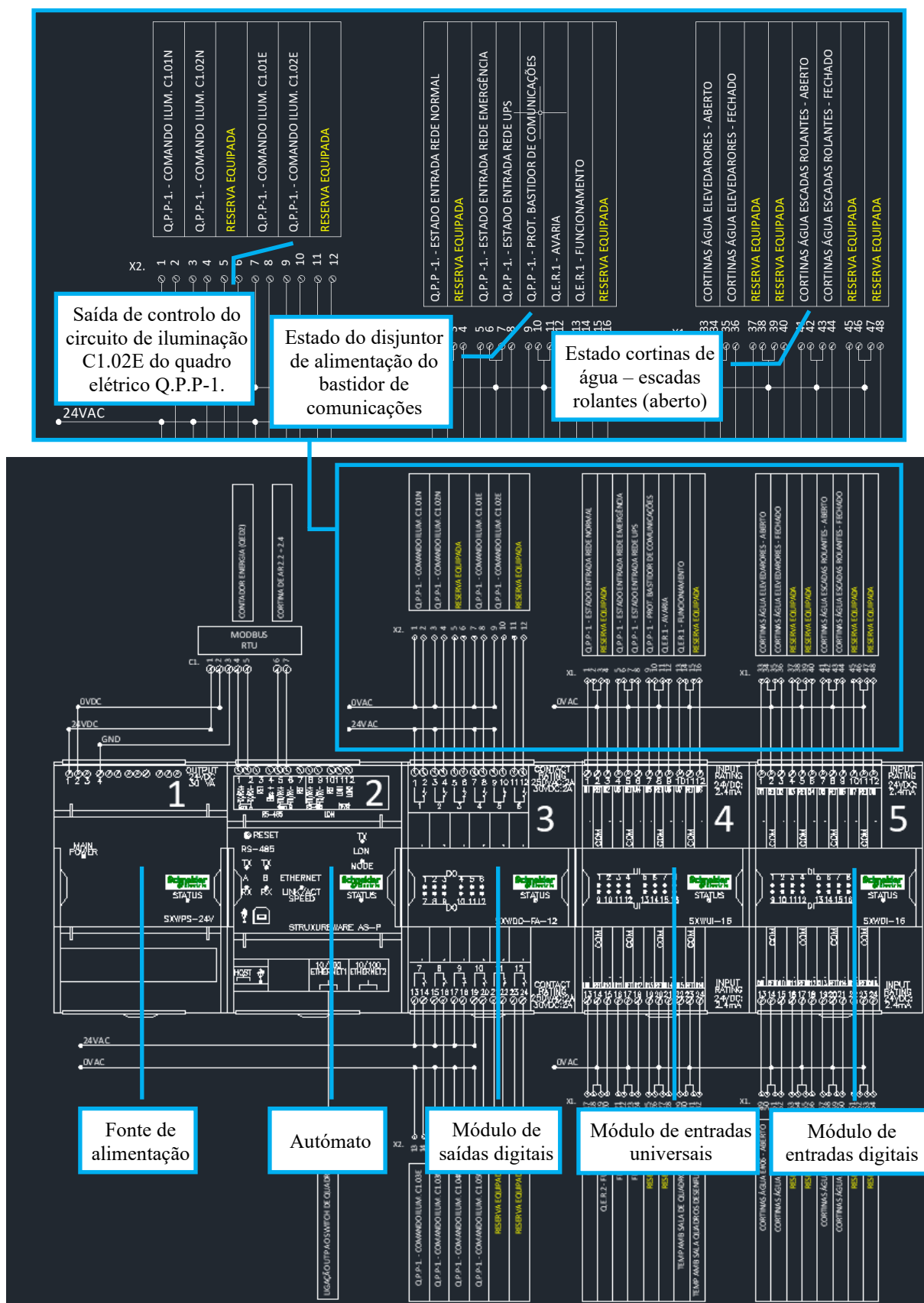


Fig. 43 – Esquema de Quadro de Gestão Técnica

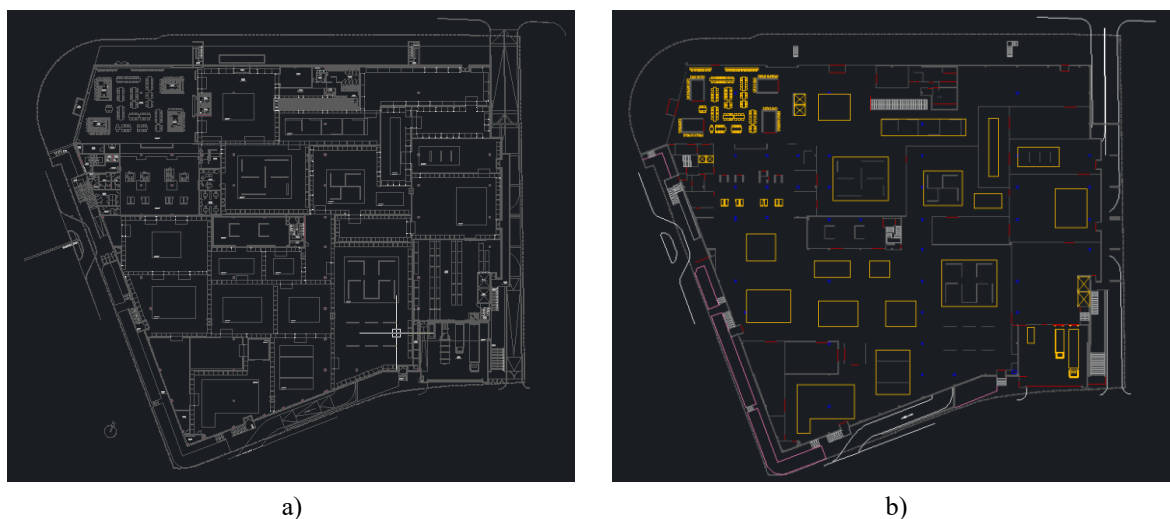


Fig. 44 – Preparação das plantas do edifício: a) Planta original do edifício; b) Planta com elementos de desenho para representação da planta do edifício isolados¹⁹

Após o isolamento dos elementos de desenho para a representação da planta do edifício, é convertido o desenho para um formato de imagem SVG (*Scalable Vector Graphics*) de forma a ser possível efetuar a edição da imagem no *software* Inkscape²⁰. É utilizado este *software* pois este faz edição de imagens em formato vetorial. Na prática significa que ao efetuar um zoom na imagem esta não perde qualidade, pois os vetores que a compõem aumentam em função do zoom efetuado preservando a qualidade da mesma. Na edição da imagem é efetuado um destaque de áreas do edifício por sombreamento com aplicação de cores distintas, de forma a evidenciar as zonas do edifício mais importantes e onde existirá controlo por parte do sistema de gestão técnica centralizada. Na Fig. 45 está representada a imagem editada do exemplo anterior, com as zonas mais importantes do edifício evidenciadas com cores, pronta para ser utilizada na interface de visualização do sistema de gestão técnica centralizada.

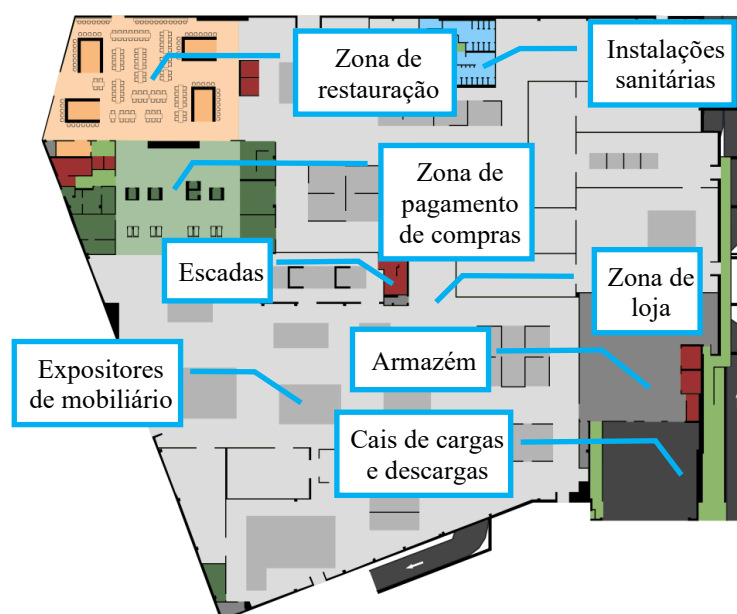


Fig. 45 – Imagem editada pronta para ser utilizada na interface de visualização do sistema de gestão técnica centralizada

¹⁹ Ficheiro interno da Projedomus

²⁰ <https://inkscape.org/pt/>

A interface de visualização, é o componente no sistema de gestão técnica centralizada responsável por proporcionar ao utilizador uma experiência de controlo sobre o edifício, de forma intuitiva e visual através do uso das plantas do edifício. Sobre estas plantas estão os componentes de controlo ou informações no local exato do edifício, proporcionando ao utilizador uma noção do que está a controlar e a acontecer no edifício.

Os sistemas de gestão técnica centralizada implementados no decorrer do estágio curricular são suportados pelo *software* EBO²¹ (EcoStruxure Building Operation). Este *software* foi desenvolvido pela Schneider Electric²² para sistemas de gestão técnica de edifícios e pode ser executado em alguns autómatos da marca ou num computador na forma de servidor.

É neste *software* que é efetuada toda a programação do sistema e dos controladores, em que o primeiro passo é adicionar as plantas do edifício editadas na ferramenta de edição Graphics Editor Building Operation disponibilizada no *software* EBO. É nesta ferramenta que são criados os menus de navegação entre os diversos sistemas e são inseridos os componentes necessários ao controlo e monitorização do edifício sobre a planta. Na Fig. 46 está representado um exemplo da inserção de componentes de controlo sobre a planta do edifício na ferramenta de edição do EBO.

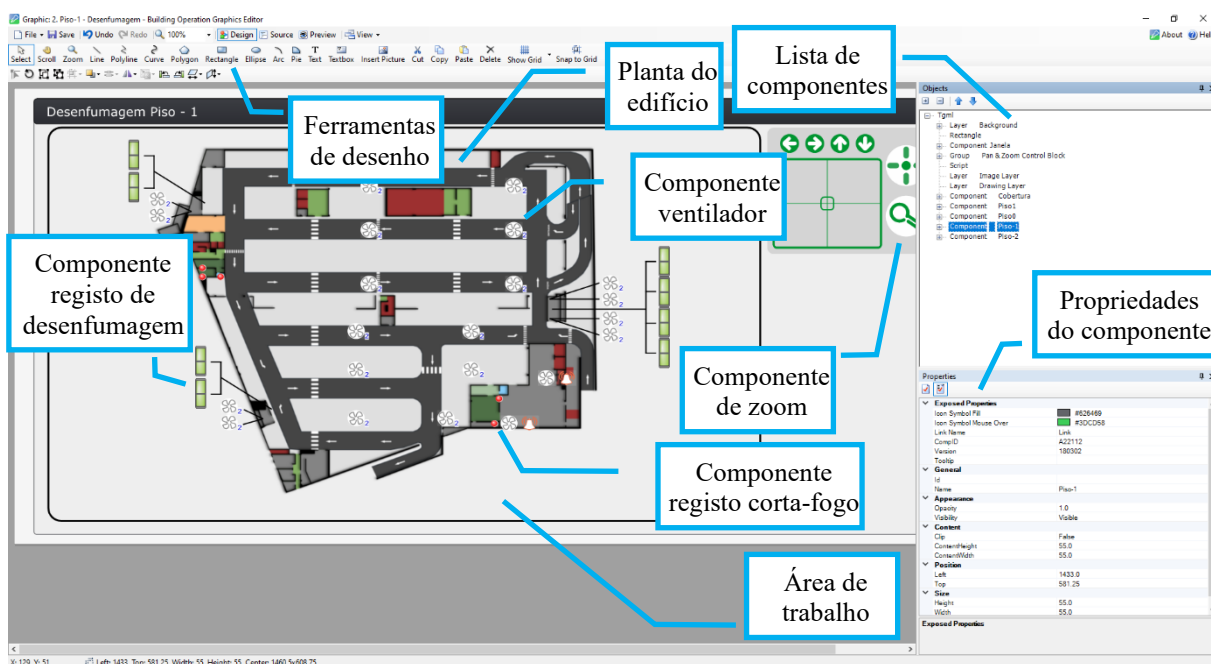


Fig. 46 – Inserção de componentes de controlo na ferramenta de edição do EBO

Após a criação de todas as interfaces de visualização, é necessário efetuar as ligações/associações entre as variáveis do sistema de gestão com todos os componentes inseridos na interface de visualização. Na Fig. 47 é possível observar um exemplo das associações das variáveis de controlo com os componentes da interface de visualização, estas associações são o elo que liga os componentes da interface de visualização por programação, aos I/Os dos módulos que controlam os periféricos. Por exemplo, quando o utilizador altera o

²¹ <https://www.se.com/pt/pt/product-range-presentation/62111-ecostruxure%E2%84%A2-building-operation/>

²² <https://www.se.com/pt/pt/>

estado de um circuito de iluminação é esta ligação que faz com que a saída de controlo desse circuito seja executada.

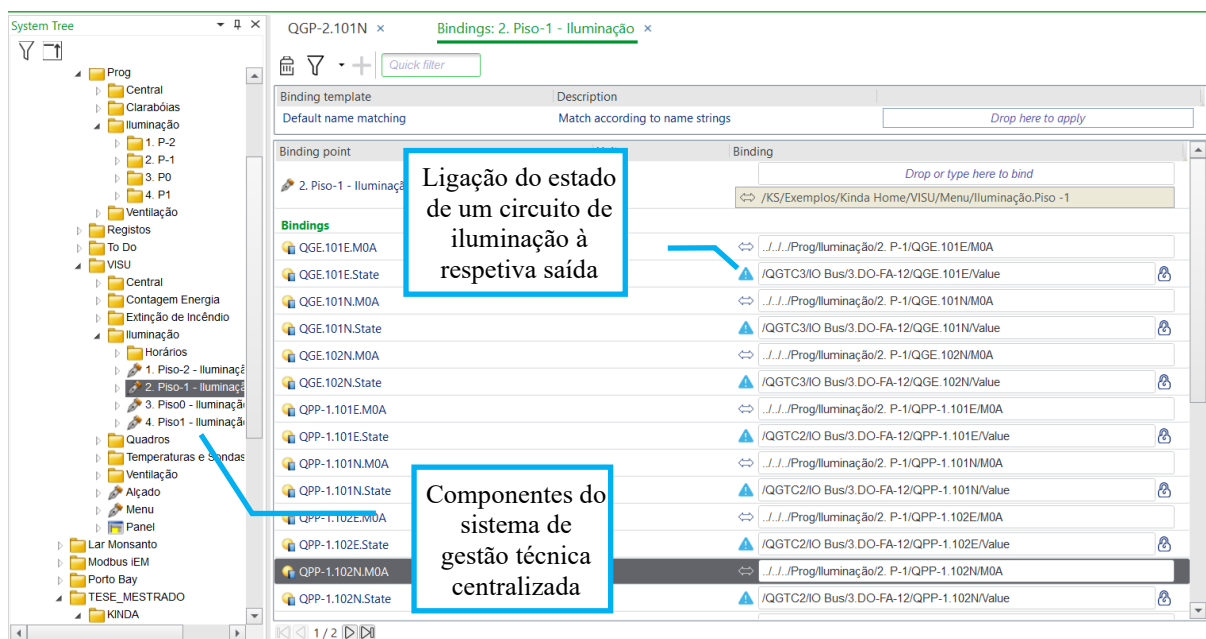


Fig. 47 – Associações das variáveis de controlo com a interface de visualização

Na Fig. 48 está representado um exemplo de um programa realizado na ferramenta de criação de programas Menta Editor Building Operation disponível no *software* EBO. Esta ferramenta permite criar programas através da interligação de blocos com funções específicas, que em conjunto formam o programa.

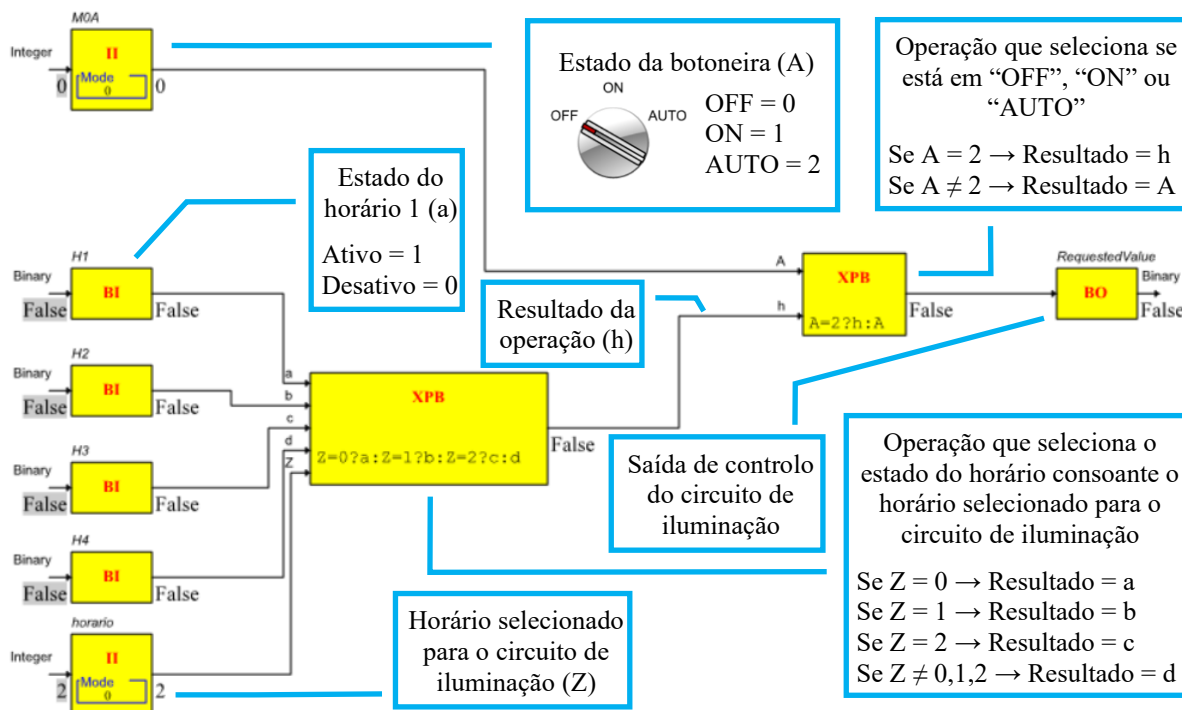


Fig. 48 – Programa de controlo de um circuito de iluminação na ferramenta de criação de programas do EBO

O programa anterior tem como função ligar e desligar um circuito de iluminação consoante o estado da botoneira associada a esse circuito de iluminação na interface de visualização. Se a botoneira estiver comutada para “OFF”, o circuito é desligado, se esta estiver em “ON” o

circuito é ligado e se esta estiver em “AUTO” o circuito é ligado ou desligado, consoante o estado do horário definido para esse circuito de iluminação.

Com todo o trabalho possível de se efetuar em escritório concluído, são iniciados os trabalhos de campo, caso a obra esteja numa fase que seja possível avançar com estes.

5.1.2. Elaboração dos trabalhos de campo

Os trabalhos de campo consistiram no acompanhamento da execução do projeto desenvolvido, na sugestão de alterações/melhorias durante a fase de execução, e ainda, na elaboração de testes de funcionamento às soluções pretendidas para o edifício. Sendo que, os trabalhos elaborados em obra, dividiram-se nas seguintes partes: comissionamento, testes aos sistemas e formação.

No início de entrada em obra, são efetuadas muitas deslocações à obra, no sentido de prestar apoio à empresa de instalações elétricas contratada pelo empreiteiro, no sentido de verificar se tudo está a ser feito de acordo com o projeto e prestar esclarecimentos em alguns pormenores mais complexos do projeto. Quando estiverem reunidas as condições para se começar os testes ao sistema de gestão técnica centralizada implementado no edifício, é feito o comissionamento de toda a programação efetuada em ambiente de escritório para os controladores e equipamentos que integram o sistema de gestão técnica do edifício. O comissionamento da programação é um processo que consiste em efetuar a transferência de programas/parâmetros para os controladores/equipamentos que necessitem de programação. Cada controlador/equipamento pode possuir diversas formas para se efetuar o comissionamento, normalmente este comissionamento é efetuado ligando um computador ao BUS de comunicação do sistema de gestão técnica do edifício. Também é feito nesta fase a identificação e correção de alguns problemas mais frequentes em obras de maior dimensão e complexidade. Na Fig. 49 é ilustrado um exemplo de uma verificação em obra das ligações de dois equipamentos KNX que não estavam a comunicar. O problema estava no cabo de comunicação que tinha um fio partido no borne de ligação, interrompendo a comunicação com esses dois equipamentos. O problema foi resolvido restabelecendo a ligação no respetivo borne.

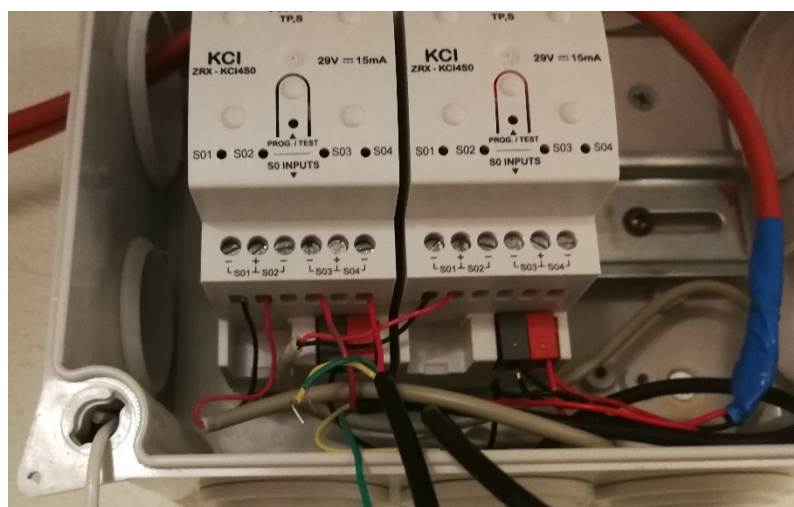


Fig. 49 – Verificação de ligações de dois equipamentos em obra

Após o comissionamento de toda a programação e correção de todos os problemas, são efetuados os testes funcionais a todos os equipamentos e sistemas. Os testes funcionais

consistem na verificação de que todos os equipamentos e sistemas comunicam entre si e que se encontram a funcionar corretamente (como por exemplo verificar se determinado botão liga um determinado circuito de iluminação). Na Fig. 50 é apresentado um exemplo de um equipamento que foi testado em obra, um painel tátil de 3,5” destinado à interface de controlo de iluminação.



Fig. 50 – Painel tátil de 3,5” para interface de controlo de iluminação

Com os testes efetuados aos equipamentos e sistema de gestão técnica centralizada implementado no edifício, é verificado se a solução corresponde às funcionalidades do projeto de execução. Após esta verificação e se tudo estiver conforme, é prestada uma formação aos utilizadores que irão utilizar o sistema de gestão técnica centralizada, de forma a estes aprenderem a utilizar esse sistema e consequentemente controlar e monitorizar o edifício. Após a ação de formação prestada ao cliente, este tem um período de adaptação ao sistema, para que possa avaliar a necessidade de pedir algumas alterações ao seu funcionamento, garantindo assim a melhor resposta às funcionalidades pretendidas para o edifício.

5.2. Trabalhos desenvolvidos

Durante o estágio curricular, foi possível trabalhar em várias obras onde puderam ser aplicados os conhecimentos adquiridos ao longo da formação académica. Nos subcapítulos seguintes serão apresentados cada um destes, assim como os trabalhos realizados em cada uma.

5.2.1. Edifício comercial

A primeira obra apresentada neste documento foi realizada num edifício comercial. O projeto para este edifício consistiu na elaboração de um sistema de gestão técnica centralizada, com o objetivo de ser possível controlar e monitorizar o edifício através de uma interface de visualização. Embora o nome dado a estes sistemas indique que o sistema de gestão técnica é centralizado, a automação de controlo é distribuída pelo edifício. No entanto todos os sistemas integrados são disponibilizados numa interface de visualização única, para que o utilizador monitorize e controle o edifício num único sistema centralizado. No sistema implementado neste edifício foi dada especial importância ao controlo da desenfumagem, controlando desta

forma todos os equipamentos necessários para manter os níveis de CO (monóxido de carbono) dos estacionamentos subterrâneos, dentro dos limites exigidos, garantindo que estes não fossem prejudiciais para a saúde.

Este sistema foi integrado com o sistema de detecção de incêndios em que no caso da existência de um incêndio no edifício, o sistema de desenfumagem atuaria em função de uma matriz de comando fazendo arrancar os diversos ventiladores e registos de desenfumagem, de forma a que o incêndio fosse isolado e não se propagasse para outras zonas do edifício.

Além do controlo da desenfumagem, também foi integrado na gestão técnica o controlo/monitorização da iluminação, dos sistemas de AVAC e da central térmica, assim como, a monitorização de temperaturas, de quadros elétricos, do sistema de extinção de incêndios e de alarmes. Na Fig. 51 é apresentado a estrutura de rede instalada no edifício de forma a garantir que todos os controladores/equipamentos que integram o sistema de gestão técnica centralizada comuniquem entre si.

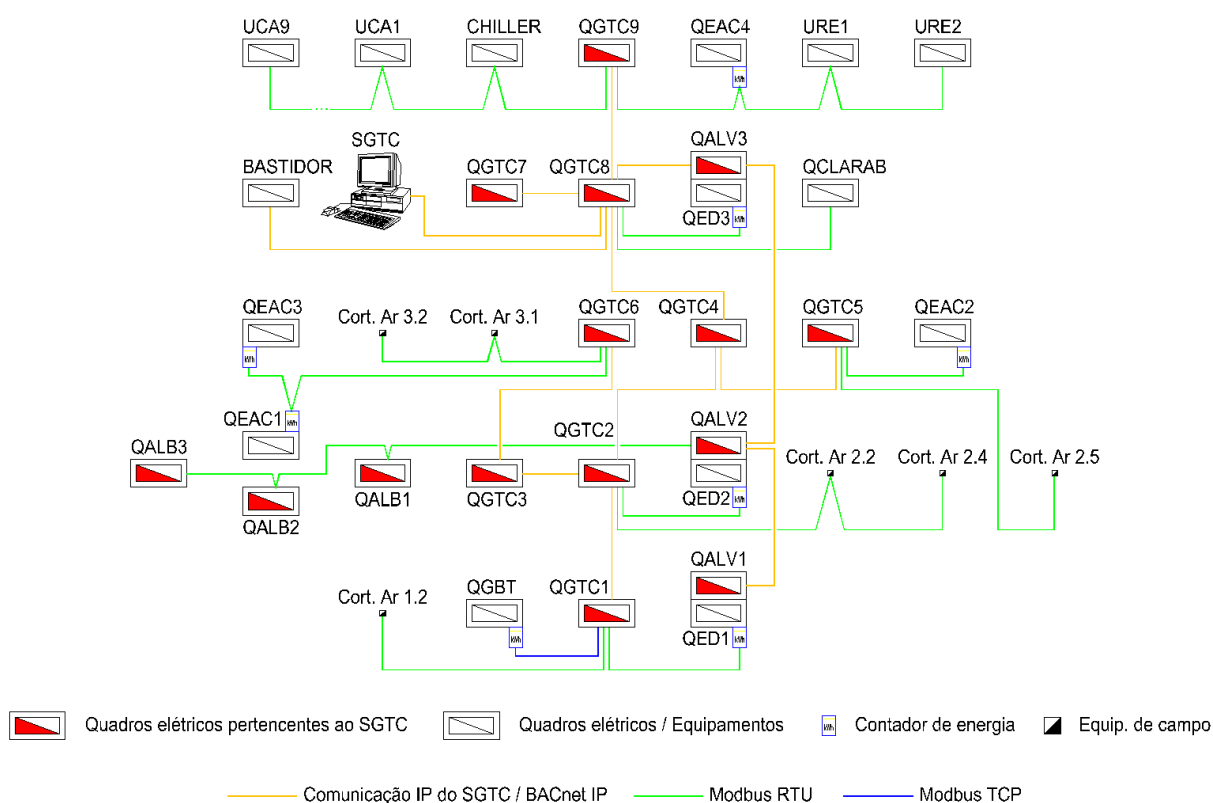


Fig. 51 – Estrutura de rede do sistema de gestão técnica centralizada do edifício

5.2.1.1. Sistema de gestão técnica centralizada do edifício comercial

O SGTC do edifício foi instalado num computador, que tem como única função executar e manter em funcionamento o sistema de gestão técnica. Este computador também pode ser acedido pela equipa de manutenção do edifício para controlar/monitorizar o edifício. Este sistema também pode ser acedido através de um navegador *web* ou através do *software* específico de acesso ao sistema por qualquer computador com acesso à rede VLAN (*Virtual Local Area Network*) criada especificamente para o sistema de gestão técnica e todos os seus equipamentos comunicantes. Também pode ser acedido em qualquer lugar com acesso à

internet desde que ligados à VPN (*Virtual Private Network*) criada no sentido de permitir acesso ao sistema remotamente.

É neste sistema que os gestores de loja, equipa de manutenção e colaboradores da loja com permissões de acesso ao sistema podem efetuar o controlo/monitorização do edifício. Foram criados dois utilizadores de acesso ao sistema, um destinado a ser utilizado pela equipa de manutenção responsável por zelar pelo bom funcionamento do edifício, e outro para os lojistas poderem controlar a iluminação.

A navegação no sistema é feita de maneira simples e intuitiva através de um conjunto de menus divididos nas diferentes categorias como se pode observar na Fig. 52. Estes menus foram criados na ferramenta de edição Graphics Editor Building Operation que foi apresentada anteriormente.

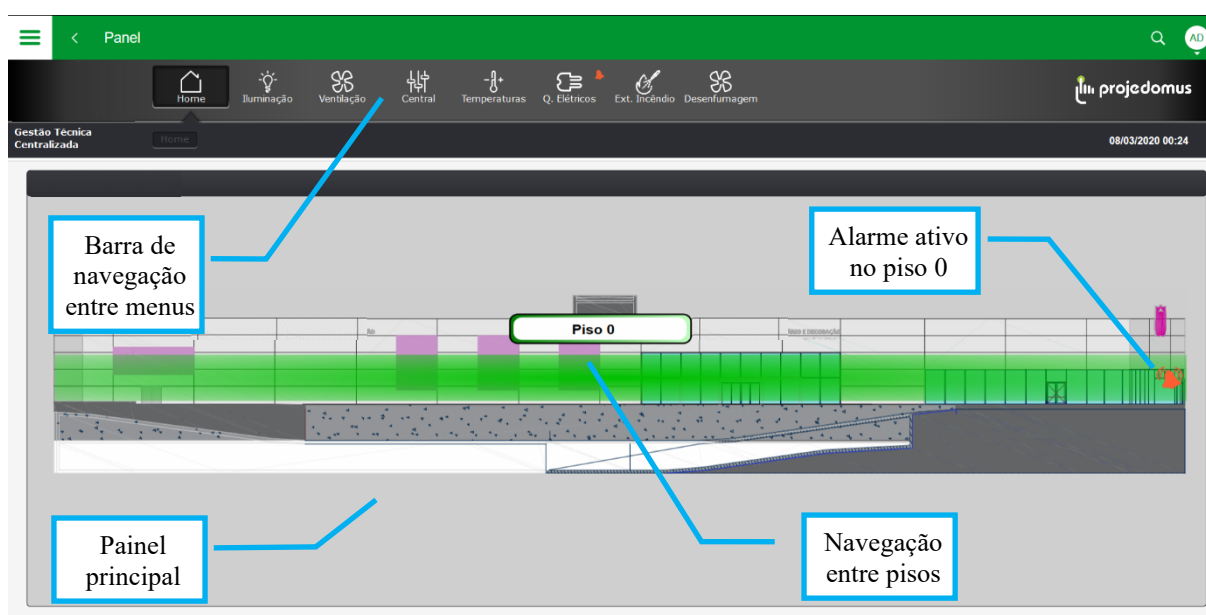


Fig. 52 – Navegação entre menus no SGTC

Em cada menu, existem submenus para navegar entre os diversos pisos, em alguns menus é possível fazer uma ampliação através do controlador de zoom disponível no painel como se pode observar na Fig. 53.

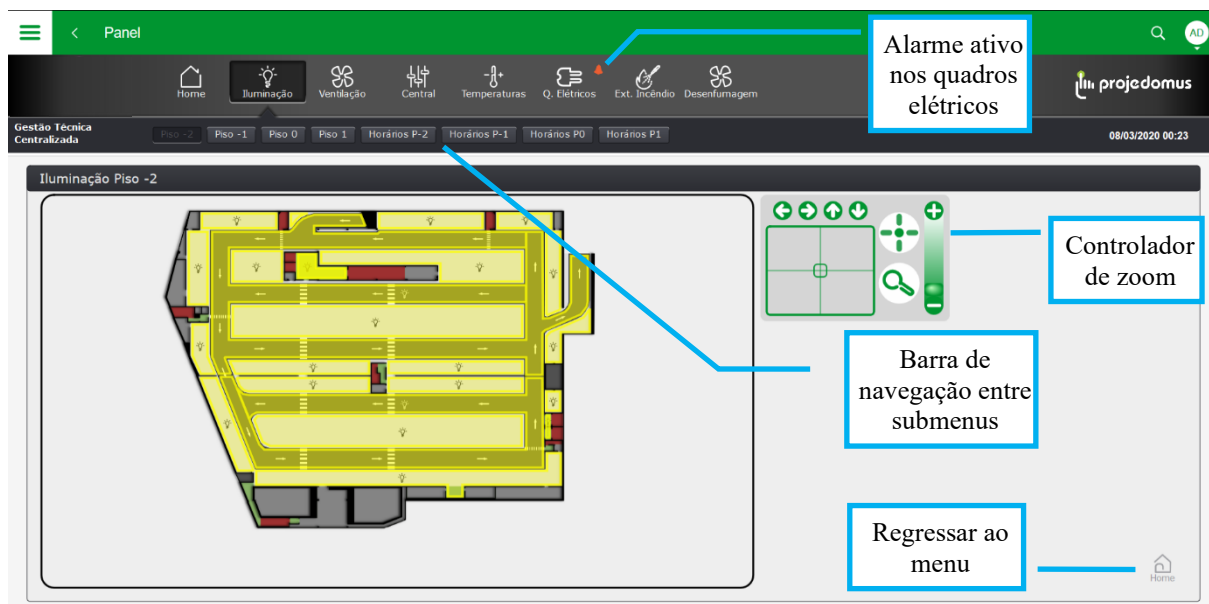


Fig. 53 – Navegação entre submenus no SGTC

5.2.1.2. Controlo/Monitorização da iluminação

Os circuitos de iluminação de toda a loja podem ser controlados e monitorizados através da interface de visualização presente no SGTC. Nesta interface é possível ligar/desligar cada circuito individualmente ou colocar o circuito em modo automático, neste modo o circuito funcionará através de um horário definido pelo utilizador como se pode observar na Fig. 54.

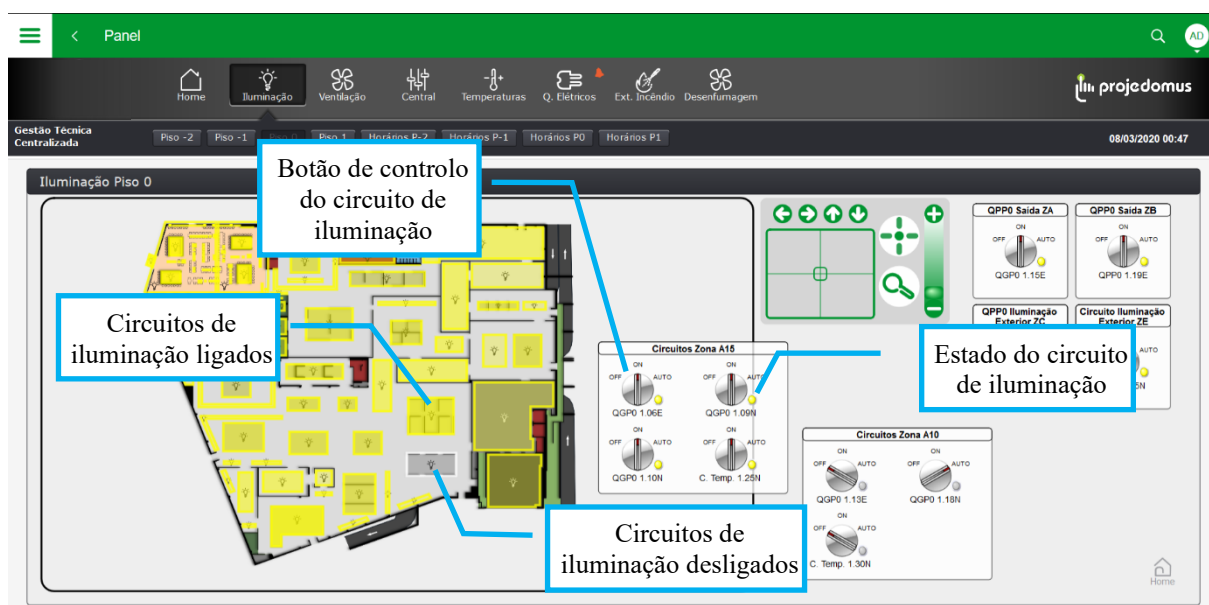


Fig. 54 – Controlo/Monitorização da iluminação

O circuito estando no modo automático, este irá ligar ou desligar consoante o estado do horário. O utilizador pode definir o horário por circuito e editá-lo clicando sobre este como se pode observar na Fig. 55.

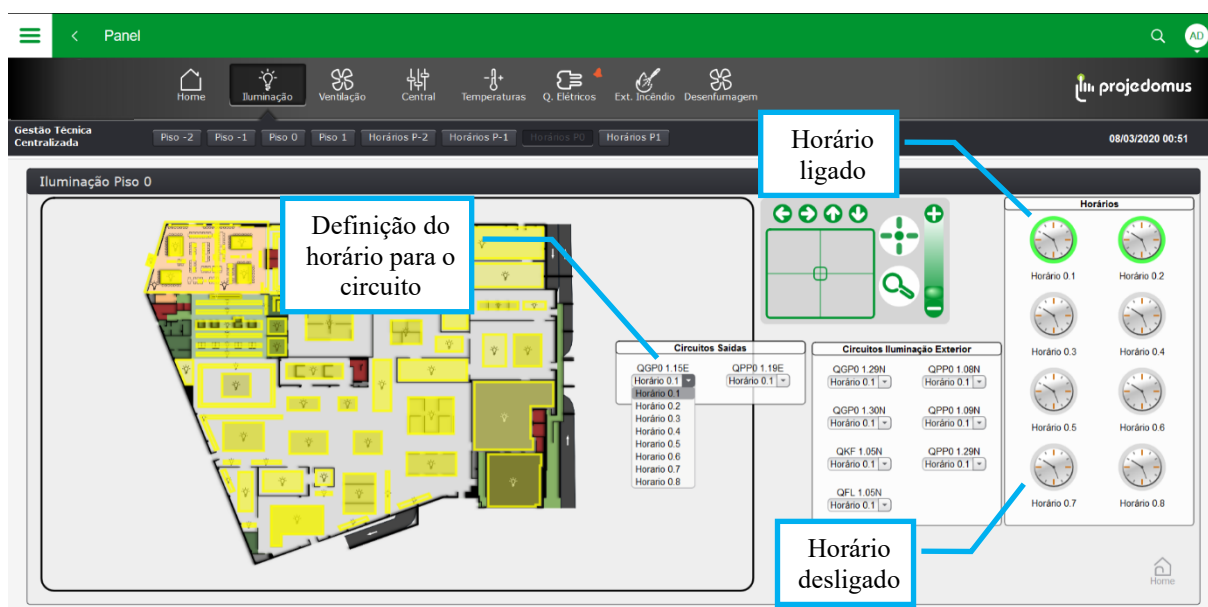


Fig. 55 – Configuração de horários de iluminação

5.2.1.3. Controlo/Monitorização dos sistemas de AVAC

Todo o sistema de AVAC, pode ser monitorizado e controlado através do SGTC. O utilizador pode verificar rapidamente quais os ventiladores, UTAs (Unidades de Tratamento de Ar) e equipamentos relacionados estão em funcionamento ou se estes apresentam alarmes ativos como pode ser observado na Fig. 56.

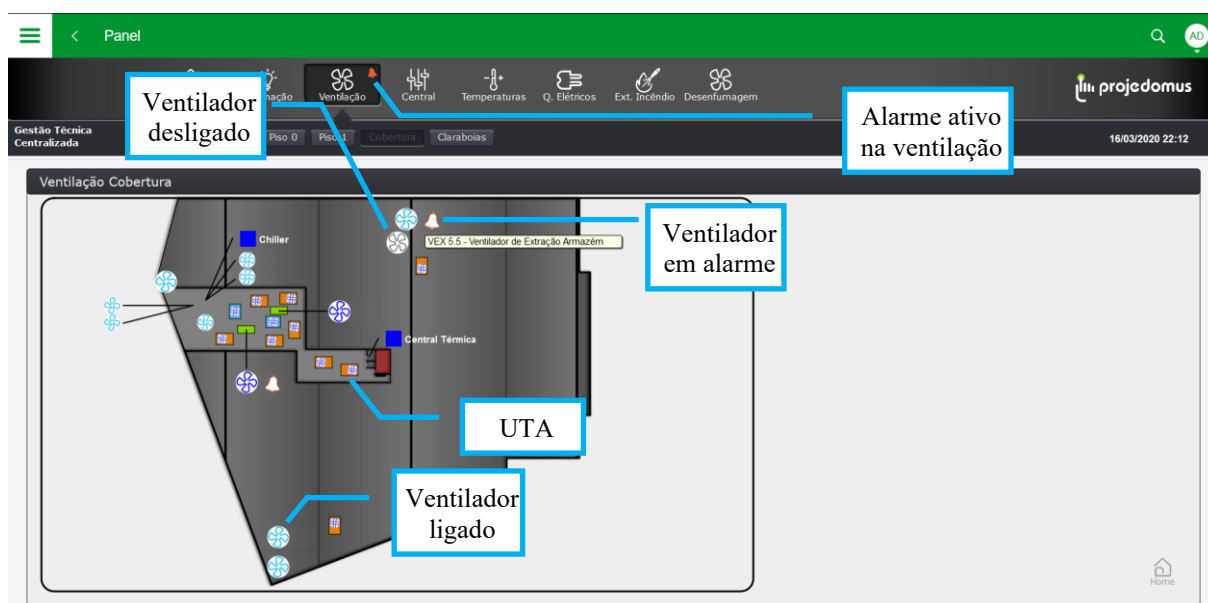


Fig. 56 – Controlo/Monitorização dos sistemas de AVAC

Em alguns pisos é possível verificar o funcionamento de todas as cortinas de ar existentes no edifício que foram integradas no SGTC por Modbus RTU, assim como controlá-las e definir o ponto de funcionamento destas como pode ser observado na Fig. 57.

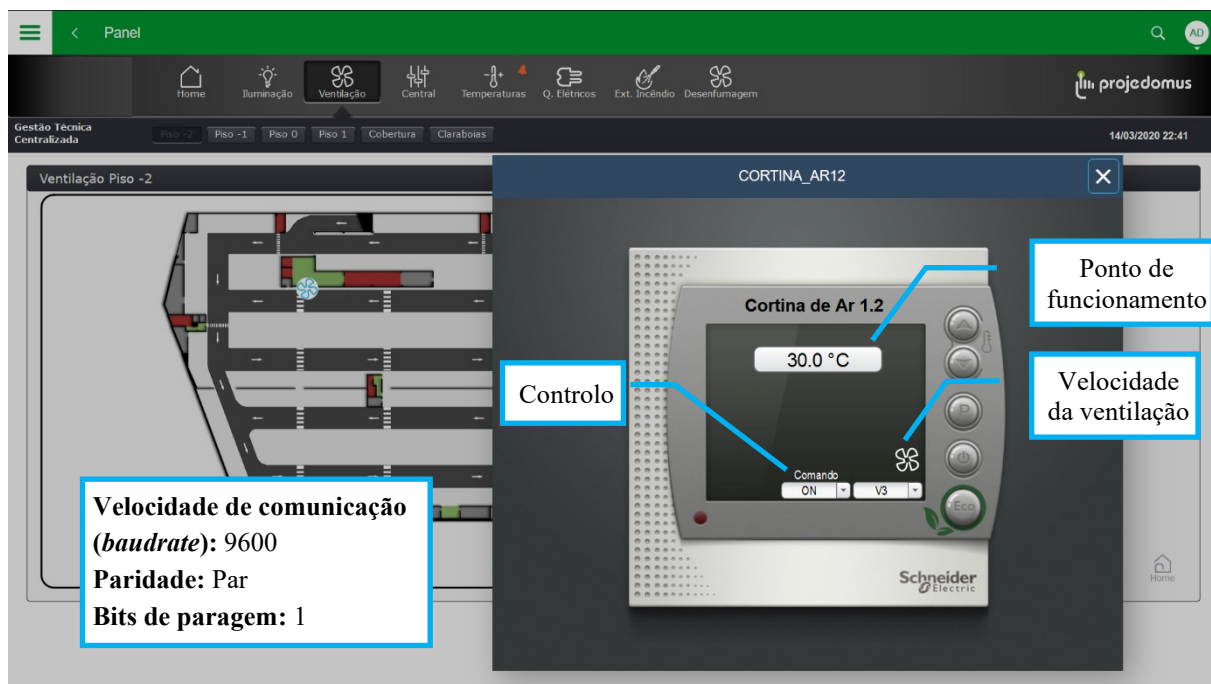


Fig. 57 – Display de controlo de uma cortina de ar

Também é possível aceder aos parâmetros dos equipamentos de AVAC clicando sobre os ícones destes, permitindo assim ter uma visão geral do seu funcionamento e a possibilidade de os controlar como pode ser observado na Fig. 58.

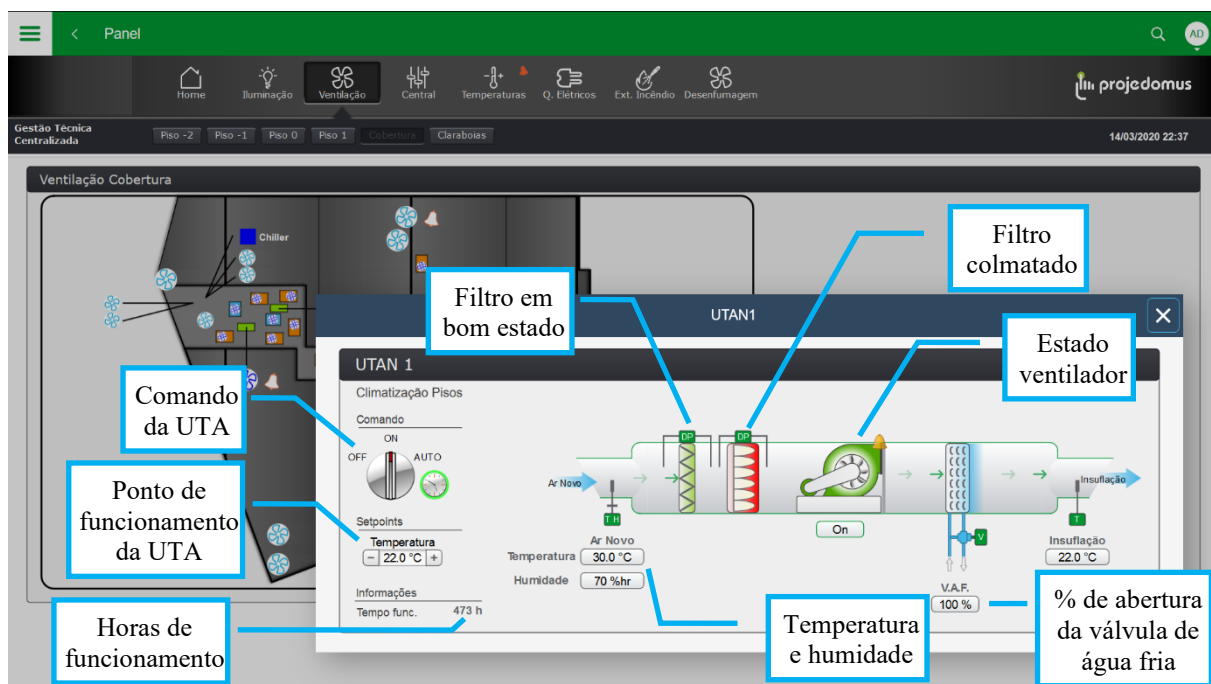


Fig. 58 – Controlo de uma UTA

Na cobertura do edifício, existem claraboias que estão ligadas ao sistema de extinção de incêndios que abrem em caso de incêndio, de forma a que o fumo não fique retido dentro do edifício. Foi feita a integração das claraboias no SGTC por Modbus RTU, para que numa situação em que não exista nenhum incêndio, as claraboias possam ser controladas a fim de se criar uma ventilação natural no espaço de toda a loja. Na Fig. 59 é apresentado o menu de controlo das claraboias, estas podem ser controladas por grupos ou todas em simultâneo.

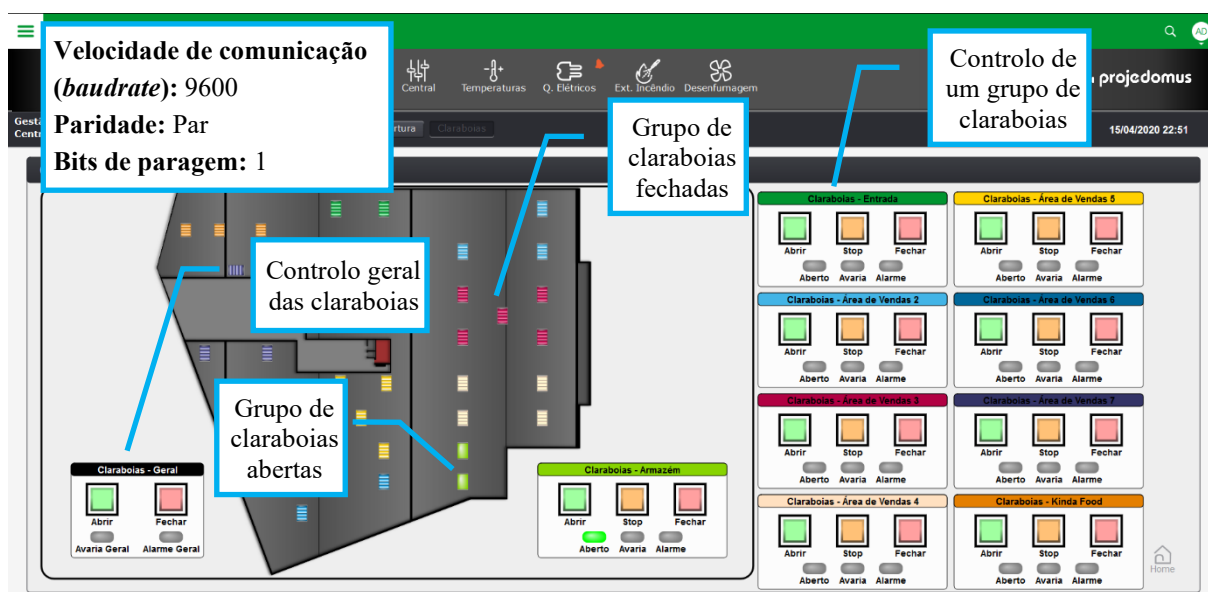


Fig. 59 – Controlo das claraboias

5.2.1.4. Controlo/Monitorização da central térmica

No menu da central térmica é possível monitorizar e controlar todo o sistema de climatização do sistema utilizado no edifício, assim como verificar os seus esquemas de princípio de funcionamento.

No caso do aquecimento de AQS (Águas Quentes Sanitárias) existem dois depósitos de inércia onde estas águas estão armazenadas para o consumo do edifício. O depósito nº 1 armazena a água que é aquecida através do recurso a uma caldeira a gás. O depósito nº 2 tem o objetivo de armazenar a água que é aquecida através de um sistema de painéis solares termoacumuladores. O sistema da caldeira é utilizado quando os painéis solares não possuem capacidade suficiente para aquecer a água (por exemplo em dias de céu enublado, ou em dias em que o consumo de AQS esteja a ser superior ao de produção). O sistema de painéis solares é utilizado permanentemente, de forma a que o consumo de AQS seja sempre maioritariamente fornecido por este sistema, visto este ser uma forma mais eficiente e sustentável de aquecer água. Sempre que os painéis solares estejam a produzir demasiado calor, de forma ao sistema não entrar em colapso e danificar-se, existe um sistema para libertar o calor em excesso através da abertura de uma válvula fazendo com que a água passe por um aerotermo, dissipando o calor em excesso. Na Fig. 60 é apresentado o sistema de aquecimento da central térmica, assim como o seu princípio de funcionamento.

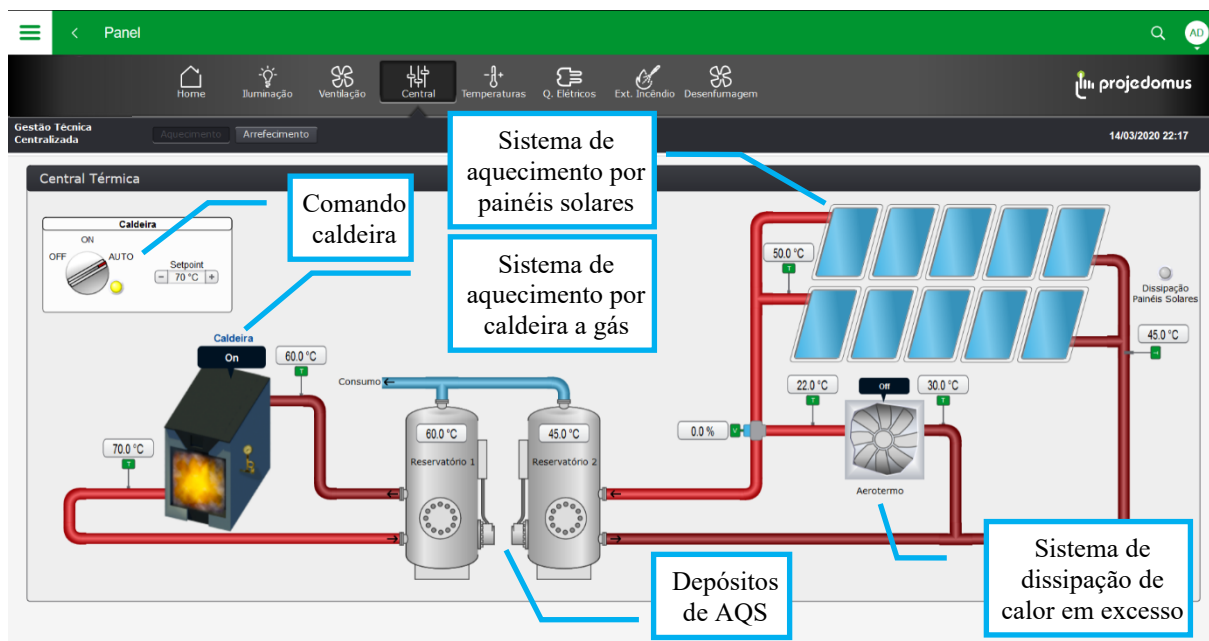


Fig. 60 – Controlo/Monitorização da central térmica

Para responder as necessidades de arrefecimento/aquecimento do edifício, foi instalado um chiller (Fig. 61) capaz de trabalhar em regime de produção de água fria ou de água quente. Este equipamento é o responsável por arrefecer/aquecer a água que irá alimentar os equipamentos de AVAC e foi integrado em Modbus RTU.

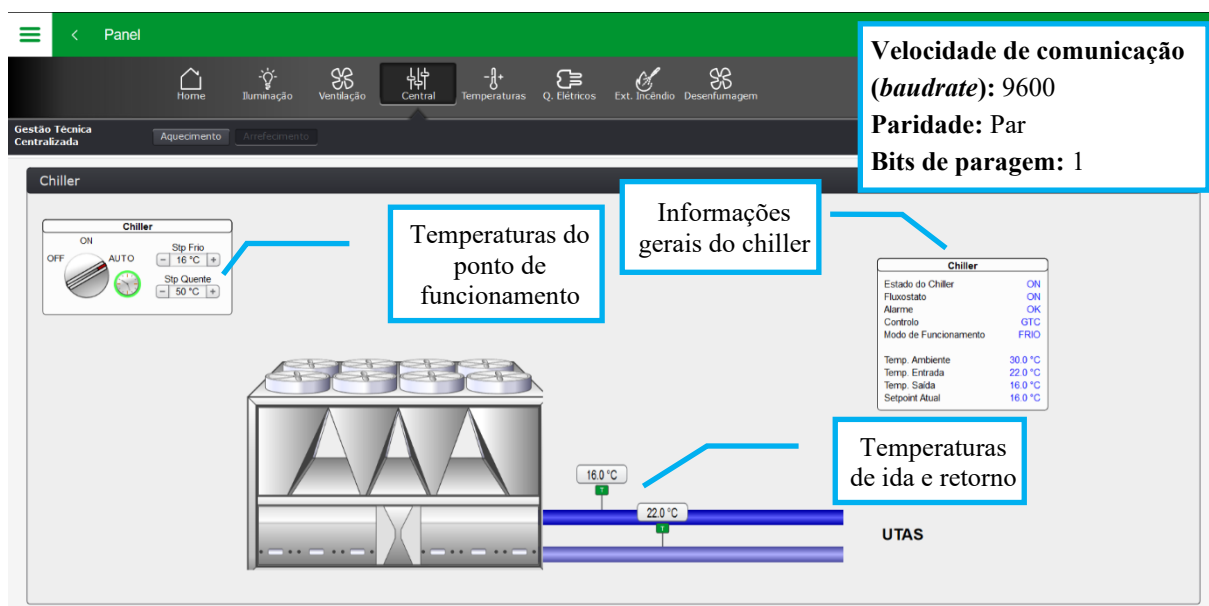


Fig. 61 – Controlo/Monitorização do chiller

5.2.1.5. Monitorização de temperaturas e reservatórios de água

No menu de temperaturas, é possível monitorizar as temperaturas ambiente de todas as zonas técnicas do edifício, tornando possível verificar, se as áreas técnicas mantêm uma temperatura estável. Também neste menu é possível verificar os níveis dos reservatórios de água do sistema de extinção de incêndio. Na Fig. 62 é apresentado o menu de monitorização de temperaturas e níveis dos reservatórios de água do piso -2. Como se pode verificar, existe uma área técnica

com a temperatura ambiente considerada elevada e um reservatório de água com os níveis de água abaixo do limite, tendo estes dois problemas gerado um alarme.

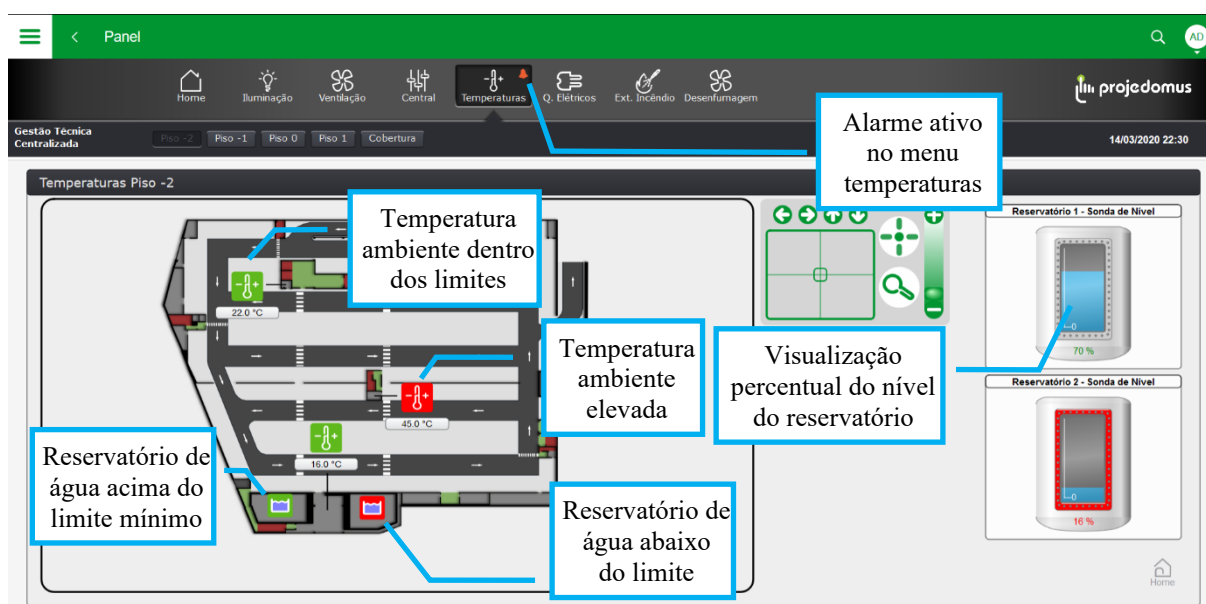


Fig. 62 – Monitorização de temperaturas e reservatórios de água

5.2.1.6. Monitorização dos quadros elétricos

No menu de monitorização dos quadros elétricos é possível verificar o estado dos diferenciais e disjuntores mais importantes de todos os quadros elétricos existentes no edifício. Na planta de visualização, os quadros elétricos encontram-se representados no exato local onde estes se encontram no edifício, facilitando assim a identificação de algum problema que seja necessário resolver, indicando o local do quadro elétrico. Clicando sobre os ícones dos quadros elétricos surge uma janela onde é possível verificar com detalhe o estado dos diferenciais e disjuntores desse quadro. Existe um grupo de geradores no edifício que têm a função de alimentar os quadros de segurança, quando existe uma falha ou corte na energia. Um alarme surge na interface de visualização ao lado do quadro onde existe algum diferencial/disjuntor que tenha disparado ou na existência de algum problema. Como se pode observar na Fig. 63, o gerador está com o alarme de nível de gasóleo baixo.

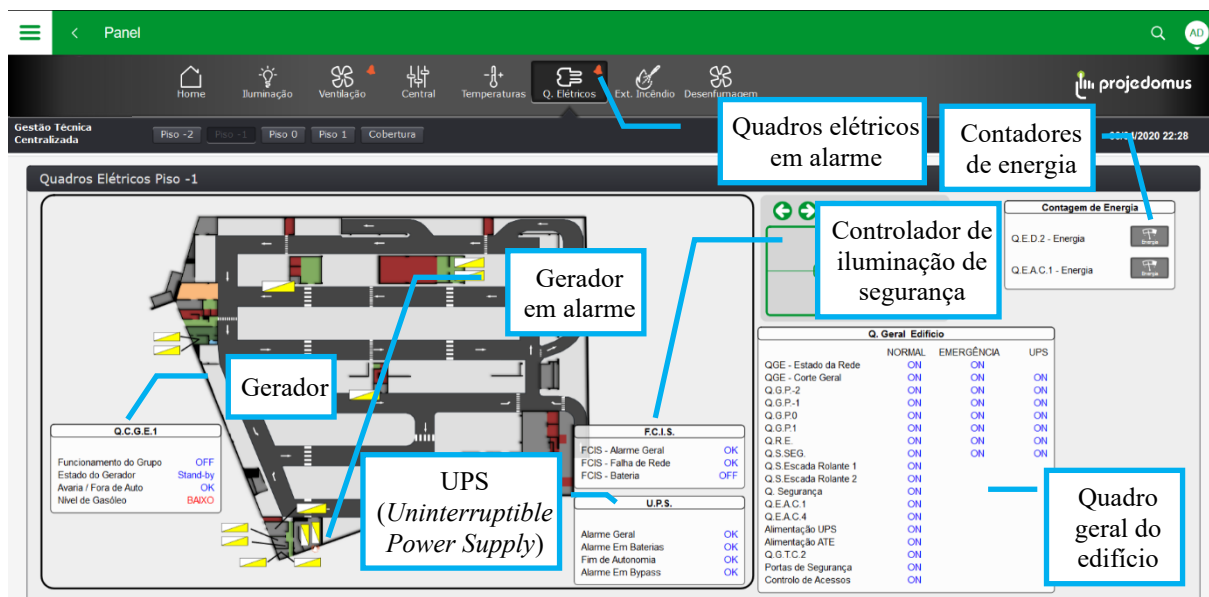


Fig. 63 – Monitorização dos quadros elétricos

Os quadros elétricos principais e de maior consumo possuem contadores de energia instalados para monitorizar a energia consumida. Estes contadores de energia foram integrados no SGTC por Modbus RTU, excetuando o contador de energia do quadro principal que por ser mais sofisticado foi integrado por Modbus TCP/IP. Na Fig. 64 é possível observar um exemplo de um contador com indicação dos parâmetros de energia de um quadro elétrico de AVAC, onde é possível verificar a tensão por fase, corrente por fase, frequência, potência ativa e reativa, fator de potência e energia ativa e reativa consumida.

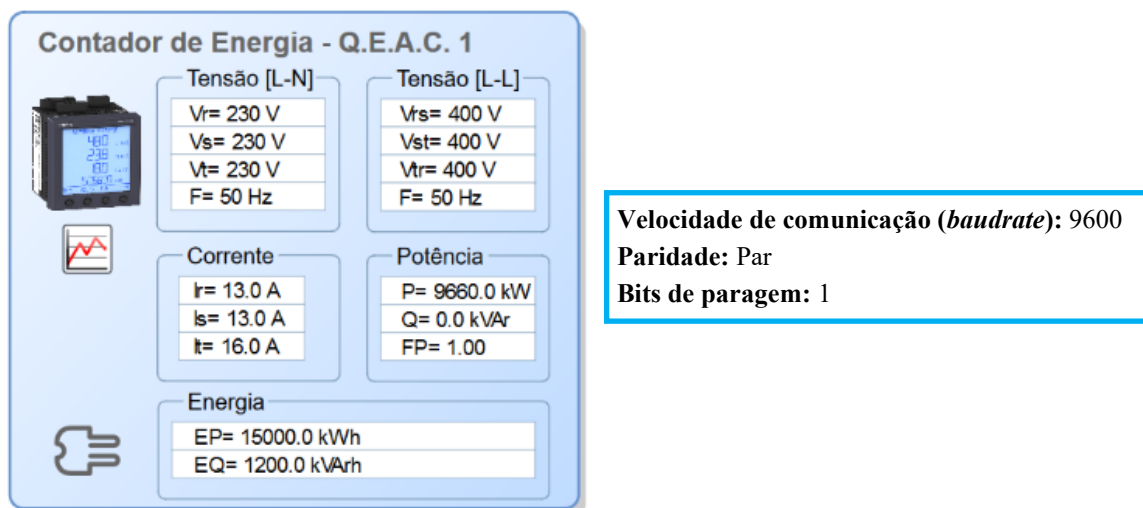


Fig. 64 – Monitorização de energia

5.2.1.7. Monitorização dos sistemas de extinção de incêndio

No menu de monitorização dos sistemas de extinção de incêndio, é possível verificar o estado dos principais equipamentos de combate a incêndios. Estes equipamentos que podem ser monitorizados, tal como se pode observar na Fig. 65, são os reservatórios de água para combate a incêndios, podendo desta forma visualizar o nível de cada um, o estado dos postos de comando

dos *spinklers*, o estado dos *flowswitchs* dos *sprinklers* e o estado de válvulas que controlam as cortinas de água.

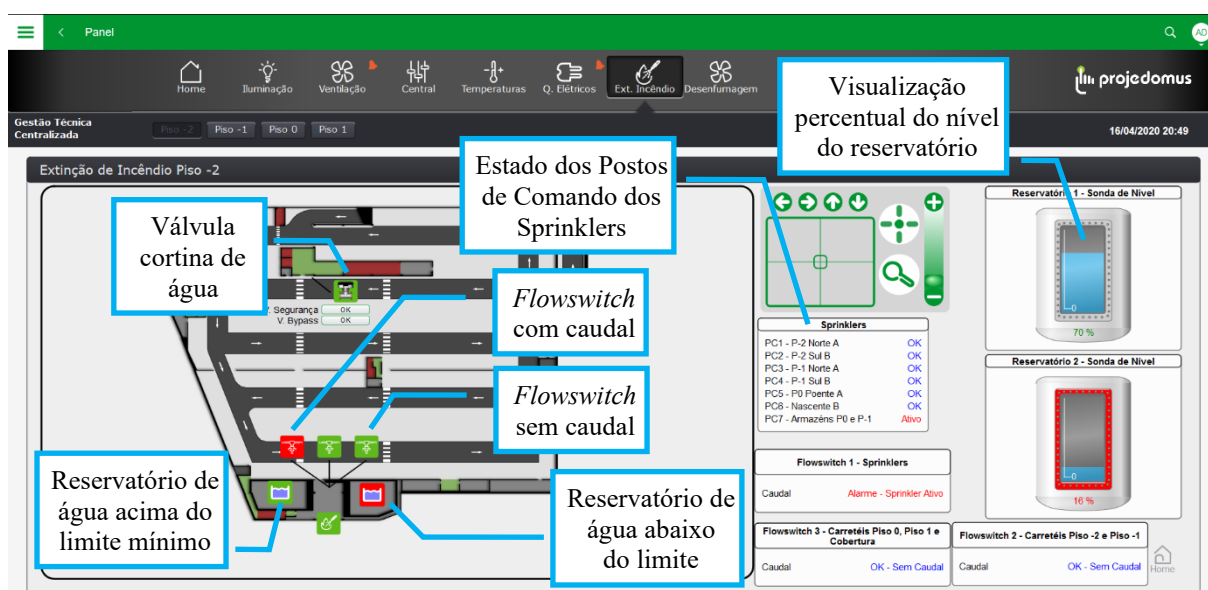


Fig. 65 – Monitorização dos sistemas de extinção de incêndio

5.2.1.8. Controlo/Monitorização da desenfumagem do edifício

No menu de desenfumagem, é possível verificar todos os sistemas que permitem efetuar a desenfumagem do edifício, quer em caso de incêndio ou em caso dos níveis de CO nos estacionamentos subterrâneos atingirem níveis não desejados. Como se pode observar na Fig. 66, é possível verificar o estado e velocidade dos ventiladores, se estes se encontram em avaria, o estado dos registos de desenfumagem, o estado dos registos corta-fogo, os níveis de CO no estacionamento, o estado dos quadros de bombeiros e o estado dos quadros de desenfumagem.

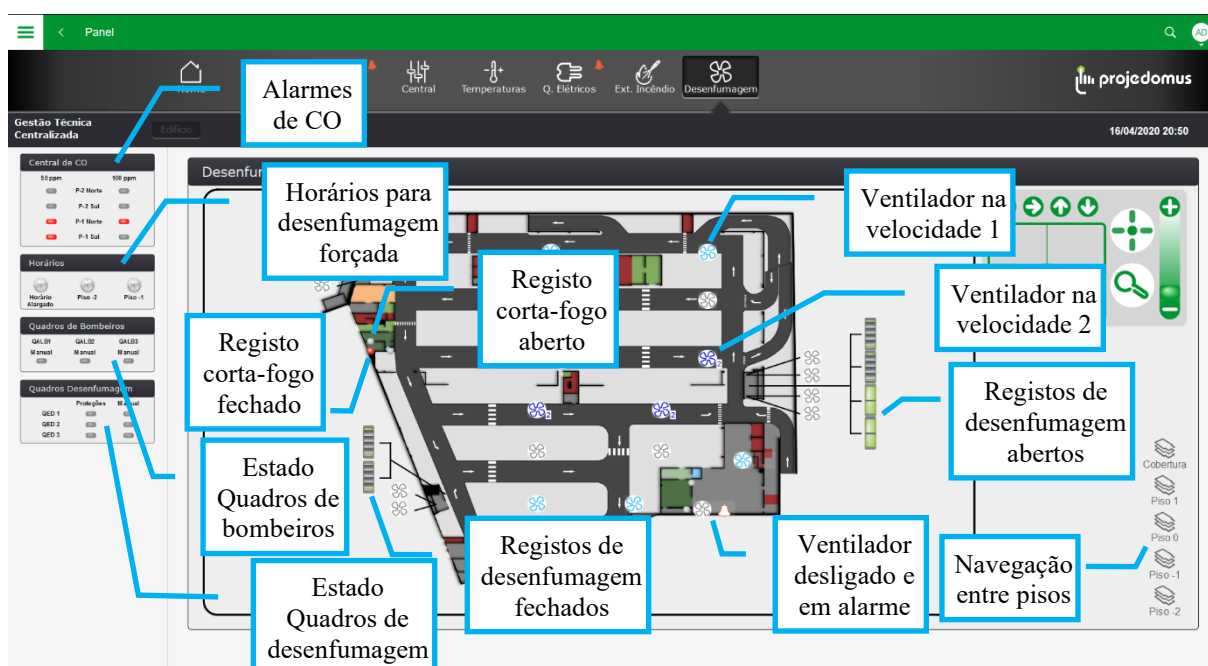


Fig. 66 – Controlo/Monitorização da desenfumagem do edifício

Os quadros de desenfumagem instalados no edifício comunicam entre si por BACnet IP, de forma a ser assegurada toda a troca de informação necessária para que estes atuem em conformidade. É também possível alterar os horários definidos para desenfumagem do estacionamento em função das necessidades do edifício.

O sistema de desenfumagem do edifício funciona através de uma matriz de comando. Consoante as zonas atinjam determinados níveis de CO ou se detete um incêndio, o sistema fará abrir os registos de desenfumagem e arrancar os ventiladores necessários a determinada velocidade de forma a efetuar a desenfumagem do edifício o mais rapidamente possível. Por exemplo podemos observar na Tabela 13, que quando a zona norte do estacionamento do piso -2 atingir 100 ppm (partes por milhão) de CO, um conjunto de ventiladores irá arrancar na velocidade 1.

Tabela 13 – Matriz de comando de desenfumagem controlado pelo SGTC ²³

					Matriz de comando - ventilação mecânica					
					Programação		Monóxido de carbono			
					Horário		Piso -2			
Quadro	Temp.	Legenda			Piso - 2	Piso - 1	Norte		Sul	
		Designação	Função	Piso			50 ppm	100 ppm	50 ppm	100 ppm
QALV2	T1	VDF 2.1	Desenf. parque Norte	-1	1	1	b)	1		
QALV2		VDF 2.2	Desenf. parque Norte	-1	1	1		1		
QALV2		VDF 2.3	Desenf. parque Sul	-1	1	1			b)	1
QALV2		VDF 2.4	Desenf. parque Sul	-1	1	1				1
QALV2	T2	VCP 2.12	Comp. parque Norte	-1	1	1	b)	1		
QALV2		VCP 2.13	Comp. parque Norte	-1	1	1		1		
QALV2		VCP 2.14	Comp. parque Sul	-1	1	1			b)	1
QALV2		VCP 2.15	Comp. parque Sul	-1	1	1				1
QALV1	T0	VPR 1.3	Press. escadas 1	-2				1		1
QALV1		VAN 1.4	Vent. ante-câmaras 1	-2	1	1		1		1
QALV1		VAN 1.5	Adm. ar novo escada 10	-2				1		1
QALV1		VAN 1.7	Adm. ar novo escada 14	-2				1		1
QALV1		VAN 1.9	Vent. ante-câmaras 1	-2	1	1		1		1
QALV1		VAN 1.10	Adm. ar novo escada 3	-2				1		1
QALV1		VAN 1.11	Vent. ante-câmaras 1	-2	1	1		1		1
QALV1		VAN 1.12	Adm. ar novo escada 9	-2				1		1
QALV3		VPR 5.1	Press. escadas 2	Cob.				1		1
QALV3		VAN 5.2	Vent. ante-câmaras 2	Cob.	1	1		1		1
QALV3		VPR 5.3	Press. escadas 2	Cob.				1		1

Legenda: b) - Pelo menos um ventilador na velocidade 1; 1 - Ventilador na velocidade 1

²³ Ficheiro interno da Projedomus

Em caso de incêndio, existem também definidas temporizações (Fig. 67) entre a atuação dos sistemas de desenfumagem, que devem ser respeitadas de forma a que a desenfumagem seja feita corretamente.

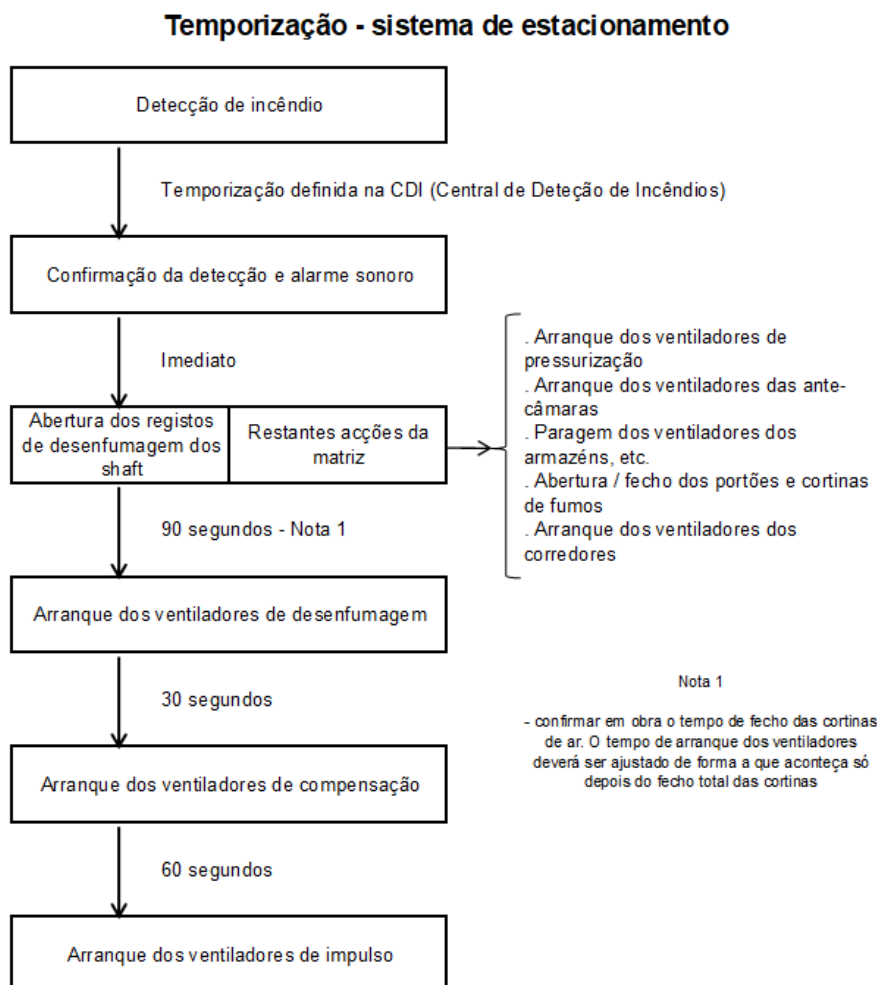


Fig. 67 – Temporização do sistema de desenfumagem do estacionamento ²⁴

5.2.1.9. Monitorização de alarmes técnicos do edifício

A equipa de manutenção do edifício, possui uma janela no SGTC onde é descrito de forma detalhada, todos os alarmes que se encontram ativos. Desta forma é possível identificar rapidamente problemas que surjam, a fim de resolvê-los de imediato, caso estes sejam de maior importância ou de agendar uma intervenção para casos de menor importância/gravidade. Como se pode observar na Fig. 68, é possível verificar que alarmes estão ativos.

Os alarmes despoletados pelo SGTC podem ter os seguintes estados:

- **Alarme ativo** – Alarme que ocorreu num equipamento e que ainda não tenha sido verificado por um técnico de manutenção;
- **Alarme reconhecido** – Alarme já verificado por um técnico de manutenção, mas que ainda não foi resolvido;

²⁴ Ficheiro interno da Projedomus

- **Alarme repostado** – Alarme que ocorreu num equipamento, mas que deixou de estar em alarme e não foi reconhecido por um técnico de manutenção;
- **Alarme OK** – Inexistência de alarme, este alarme deixa de surgir na lista de alarmes.

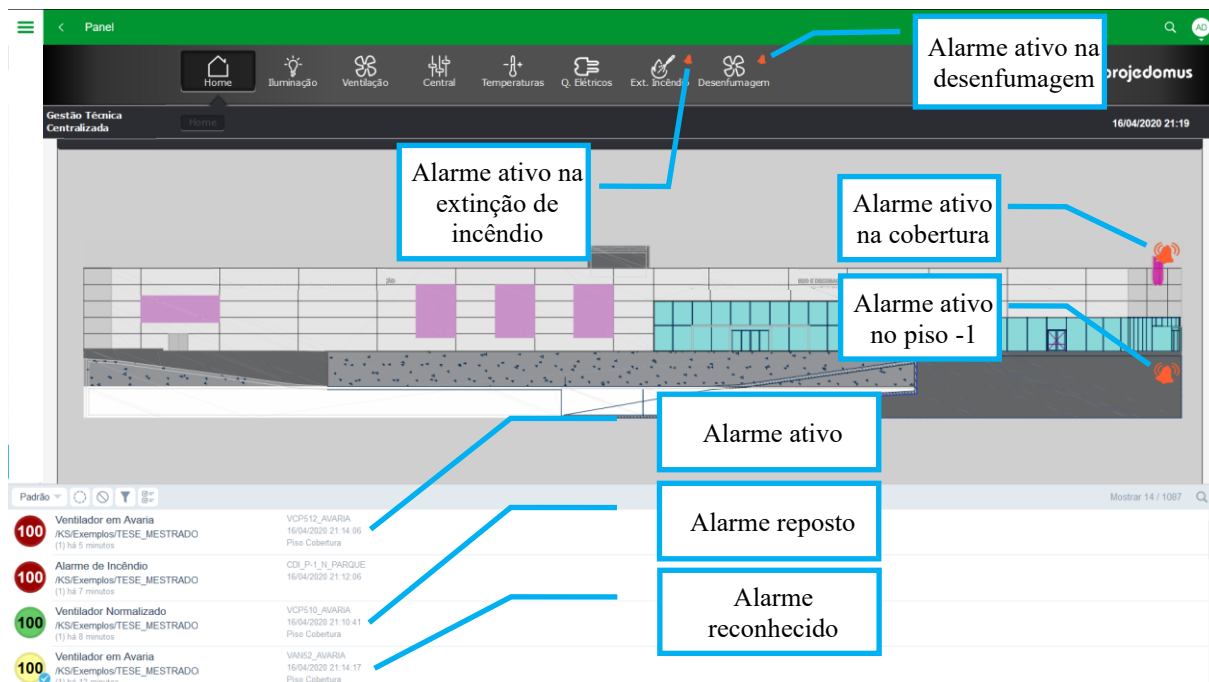


Fig. 68 – Monitorização de alarmes técnicos do edifício

5.2.2. Edifício hoteleiro

A segunda obra apresentada neste documento foi realizada num edifício hoteleiro que possui 66 quartos, restaurante, bar, spa, ginásio e uma pequena piscina interior com luz natural. O objetivo principal do projeto para este hotel, foi elaborar um SGTC, de forma similar ao projeto elaborado para o edifício comercial, possibilitando realizar o controlo e monitorização total do edifício. Nesta obra foi implementado um sistema de monitorização da taxa de ocupação dos quartos do hotel.

O grande desafio deste projeto além da sua dimensão, foi o curto prazo apresentado para a sua execução, o que fez com que os trabalhos desenvolvidos neste projeto apresentassem um grau de responsabilidade e competência elevados para que tudo estivesse pronto no momento certo. Na Fig. 69 é apresentado a estrutura de rede instalada no edifício de forma a garantir que todos os controladores/equipamentos que integram o sistema de gestão técnica centralizada comuniquem entre si, assim como também é possível verificar a dimensão e complexidade do projeto.

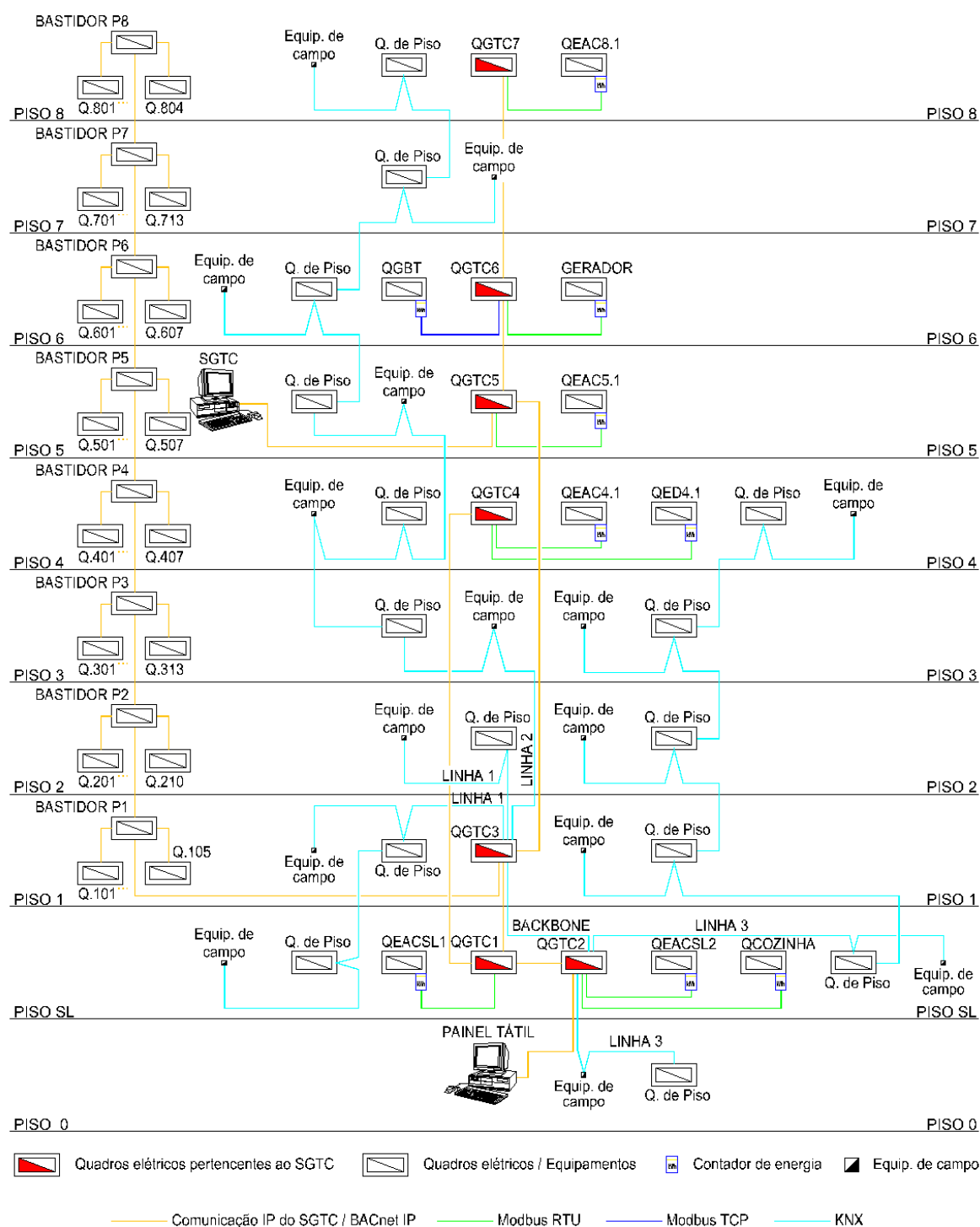


Fig. 69 – Estrutura de rede do sistema de gestão técnica centralizada do edifício

De referenciar que a Projedomus, concorreu aos prémios KNX Portugal 2019 (Fig. 70) com este projeto na categoria de Prémios KNX, tendo vencido nessa categoria. Este projeto é uma obra de referência para a empresa e é um prémio conquistado bastante importante.



Fig. 70 – Prémio KNX Portugal 2019 obtido pela Projedomus com o edifício hoteleiro

5.2.2.1. Sistema de gestão técnica centralizada do edifício hoteleiro

O SGTC para este edifício contemplou um computador instalado no local destinado à equipa de manutenção do hotel onde pode ser feito todo o controlo/monitorização do edifício. Este sistema também pode ser acedido através de um navegador *web* pelos computadores instalados na receção e *backoffice* de forma aos colaboradores do hotel poderem ter acesso ao sistema, nomeadamente para controlo da iluminação e monitorização dos sistemas. Este também pode ser acedido pela administração do grupo de hotéis em qualquer lugar com acesso à internet desde que ligados à VPN criada no sentido de permitir acesso ao sistema remotamente.

A navegação no sistema é feita de maneira simples e similar ao já apresentado anteriormente no edifício comercial, estando o sistema dividido num conjunto de menus por categoria como se pode observar na Fig. 71.

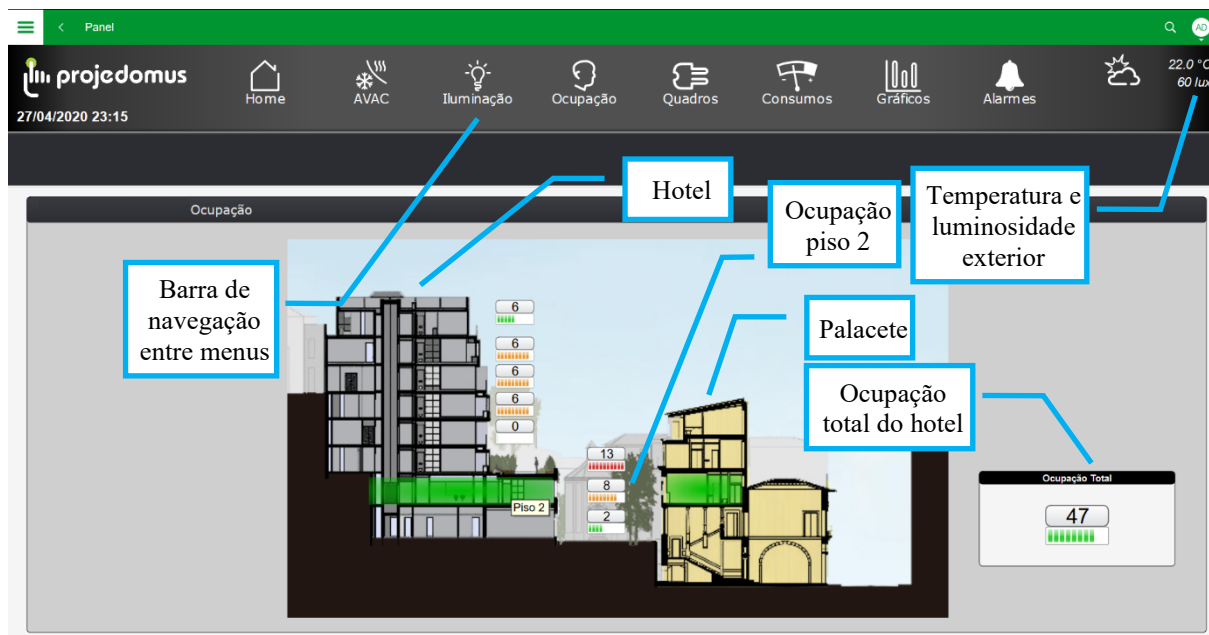


Fig. 71 – Navegação entre menus no SGTC

Selecionando um menu, a navegação pode ser efetuada selecionando o piso pretendido no alçado do edifício ou pelos submenus existentes na barra de navegação, como se pode observar na Fig. 72.



Fig. 72 – Navegação por piso e entre submenus no SGTC

5.2.2.2. Controlo/Monitorização da iluminação

Todos os circuitos de iluminação dos espaços comuns e de serviço podem ser controlados/monitorizados através do SGTC. É possível colocá-los em modo automático, sendo o seu funcionamento condicionado estes através do horário definido que pode ser alterado pelo utilizador a qualquer momento, clicando sobre o relógio correspondente, como pode ser observado na Fig. 73. Alguns circuitos de iluminação possuem regulação do fluxo luminoso, o qual é possível controlar, ajustando a sua percentagem.



Fig. 73 – Controlo/Monitorização da iluminação

Como pode ser observado na Fig. 74, nas zonas com tracejado a branco, é possível abrir mais circuitos de iluminação, clicando sobre essa zona, surgirá uma nova janela com os circuitos controláveis nessa zona.



Fig. 74 – Janela com mais circuitos de iluminação para controlo

Nas zonas de SPA, Ginásio, Receção, Bar e salas de refeições a iluminação pode ser controlada localmente através de um painel tátil de 3,5” (Fig. 75 a)) ou de botões de regulação de luminosidade com opções de cenários, como o apresentado na Fig. 75 b). Os cenários estão definidos para regular a intensidade da iluminação para 25%, 50%, 75% e 100% respetivamente. Estes cenários podem ser alterados pelo utilizador colocando a iluminação na percentagem desejada, e carregando no botão durante algum tempo para memorizar a percentagem definida nesse cenário.



a)



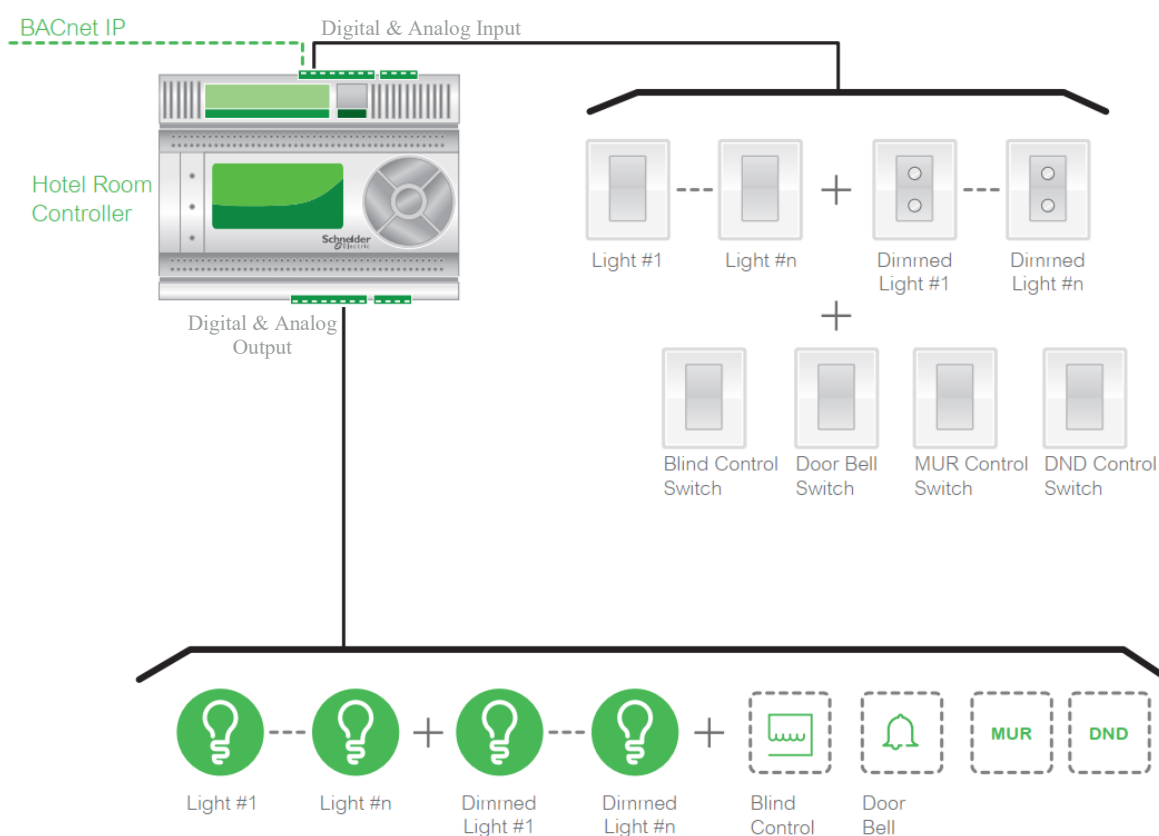
b)

Fig. 75 – Controlo de iluminação: a) Painel tátil Zennio Z35; b) Botão Zennio Flat 6

O controlo da iluminação de todos os quartos, foi feita por HRCs (*Hotel Room Controllers*) da marca Schneider Electric, Fig. 76, um por cada quarto.

Fig. 76 – Hotel Room Controller da Schneider Electric ²⁵

Estes controladores possibilitam o controlo de vários circuitos de iluminação, estores, monitorização de janelas/portas, ocupação, etc. A grande vantagem deste controlador, é que este possui versatilidade no controlo de um quarto, uma vez que possui várias entradas e saídas digitais/analógicas, permite assim modificar as funções de cada botão, conforme as necessidades requeridas pelo gestor do hotel em cada quarto. Na Fig. 77 é apresentado o esquema de ligações do HRC com os diversos dispositivos do quarto (como por exemplo lâmpadas e interruptores) e a ligação com o SGTC por BACnet IP.

Fig. 77 – Esquema de ligações do HRC ²⁶

²⁵ Obtido de: <https://www.se.com/ww/en/product-range-presentation/64108-hotel-room-controllers/#tabs-top> - Acedido em maio, 2020

²⁶ Adaptado de: <https://www.se.com/ww/en/product-range-presentation/64108-hotel-room-controllers/#tabs-top> - Acedido em maio, 2020

Uma das funções bastante importante, que foi colocada nestes controladores, foi que quando o cliente entra no quarto e se coloca o cartão no porta cartões, toda a iluminação é ligada de forma a criar um cenário confortável ao cliente. Quando o cliente sai retirando o cartão, toda a iluminação e AC é desligado automaticamente, permitindo assim ao hotel, uma redução de custos em energia e tornando o edifício mais eficiente e sustentável. Todas as variáveis de estado destes controladores poderiam ser integradas/disponibilizadas no SGTC por BACnet IP, mas por motivos de privacidade dos clientes, apenas foi disponibilizado a informação de ocupação de cada quarto, para gestão do próprio hotel.

5.2.2.3. Controlo/Monitorização dos sistemas de AVAC

No menu de AVAC do SGTC é possível controlar todos os equipamentos de ventilação/climatização existentes no hotel. Em cada piso estão identificados os equipamentos instalados no seu exato local onde é possível verificar o seu estado de funcionamento e de avaria, tal como se pode observar na Fig. 78. Colocando o rato sobre o equipamento é possível conhecer o nome/tipo de equipamento que se pretende aceder. Clicando sobre este surge a sua janela de controlo/monitorização. Todos os equipamentos podem ser ligados/desligados ou controlados por um horário, à semelhança dos sistemas de iluminação.

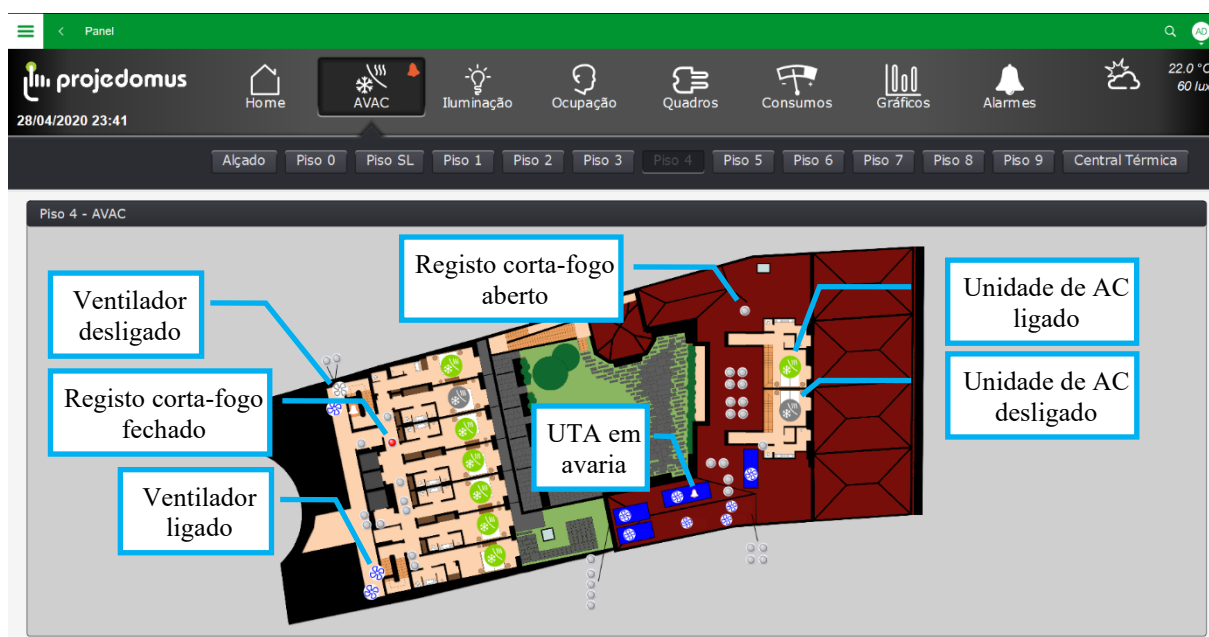


Fig. 78 – Controlo/Monitorização dos sistemas de AVAC

5.2.2.4. Registos corta-fogo e ventiladores de insuflação/extração e climatização

A sinalização dos registos corta-fogo pode ser facilmente verificada na planta de cada piso. Os registos devem estar sempre abertos e fechar em caso de incêndio. Caso se verifique um registo corta-fogo fechado durante o funcionamento normal do sistema, este deve ser verificado localmente.

Os ventiladores de insuflação e extração podem ser ligados/desligados no SGTC ou ser geridos pelo seu próprio horário, como pode ser observado na Fig. 79. Os ventiladores de desenfumagem não são controlados através do SGTC. Só funcionam em caso de necessidade

de desenfumagem e são controlados pela central de incêndio e AVAC. No SGTC, estes são representados a cor cinzento e só se pode verificar o seu estado de funcionamento e avaria.

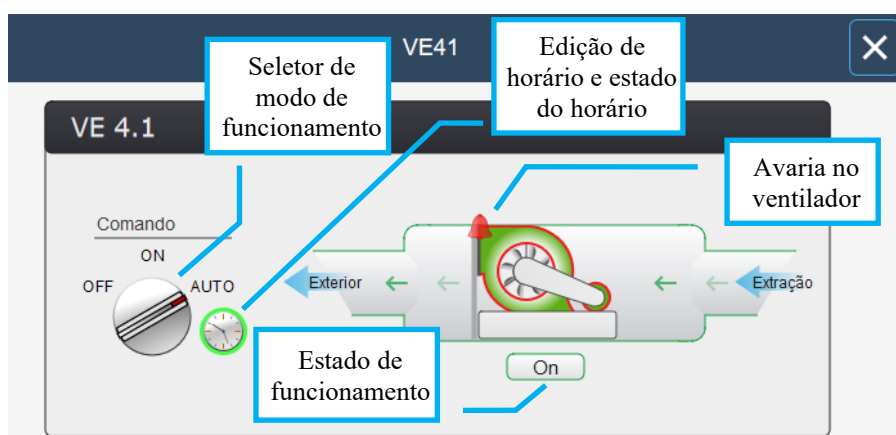


Fig. 79 – Ventilador de extração

O ventilador de extração da cozinha (hotte) trabalha em conjunto com a sua UTA, e estes são controlados localmente através do comando instalado na cozinha. No SGTC pode ser controlada a permissão de funcionamento (ON/OFF/Auto) destes equipamentos, como pode ser observado na Fig. 80.

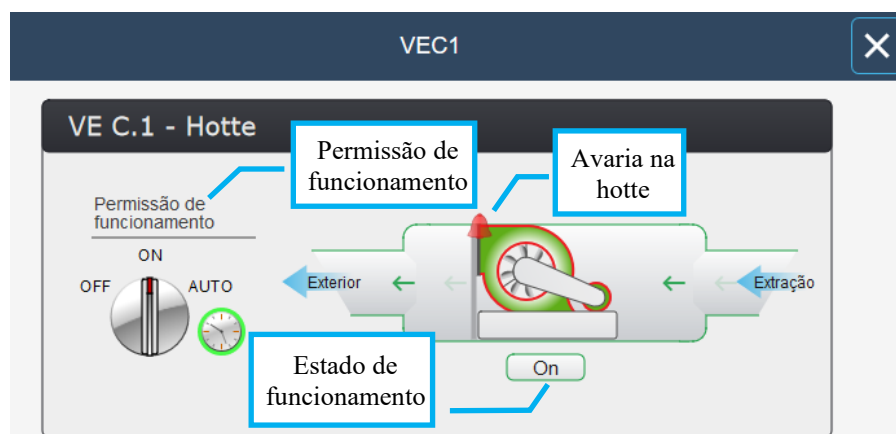


Fig. 80 – Ventilador da hotte da cozinha

As UTAs instaladas no hotel climatizam as zonas públicas e podem trabalhar em função da temperatura de retorno ou da temperatura ambiente do espaço a climatizar, é também possível definir se estas produzem calor ou frio, como se pode observar na Fig. 81.

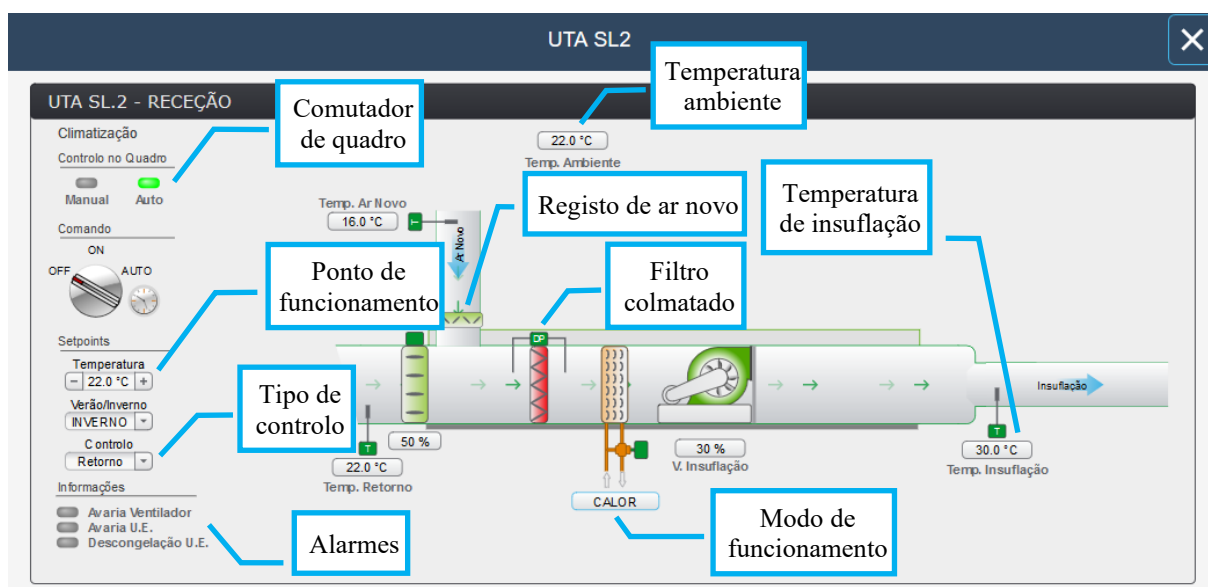


Fig. 81 – Controlo de uma UTA

O funcionamento das UTAs da sala de pequenos-almoços e restaurante é similar às restantes, no entanto de forma a não se criar desconforto para os clientes, insuflando ar a uma temperatura muito elevada ou muito baixa, nestas UTAs é possível limitar a temperatura de insuflação, como se pode observar na Fig. 82.

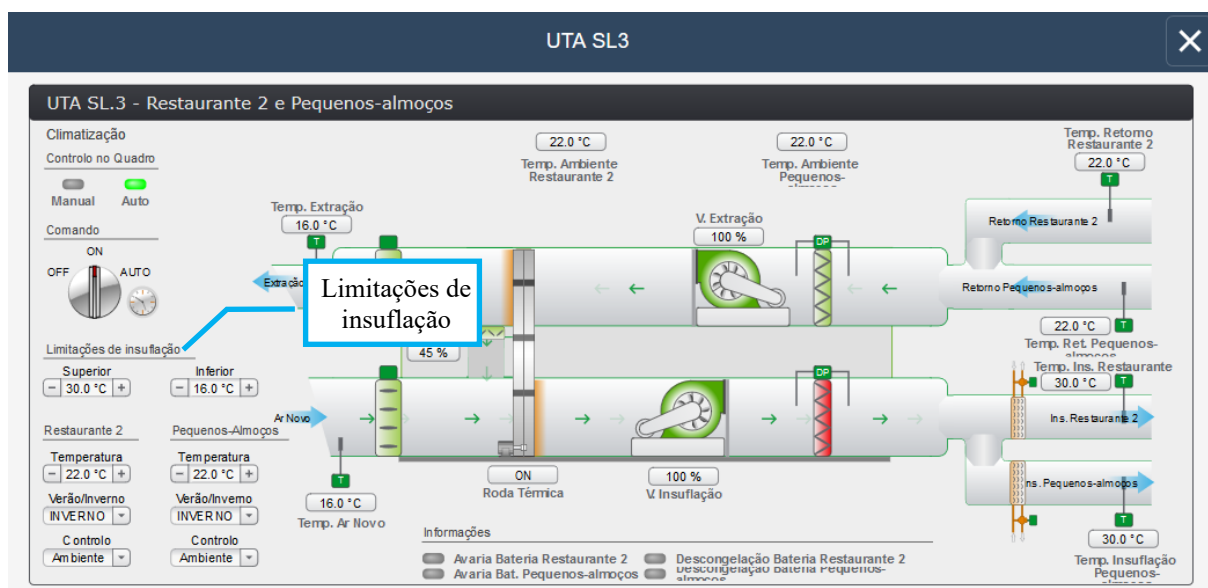


Fig. 82 – Controlo de uma UTA com limitação na insuflação

As unidades interiores de ar condicionado podem ser controladas através do SGTC clicando no respetivo símbolo em cada quarto/divisão, surgindo uma janela com os mais diversos comandos possíveis, como é apresentado na Fig. 83. O seu estado de funcionamento e de avaria pode ser verificado imediatamente na planta, como já apresentado anteriormente.

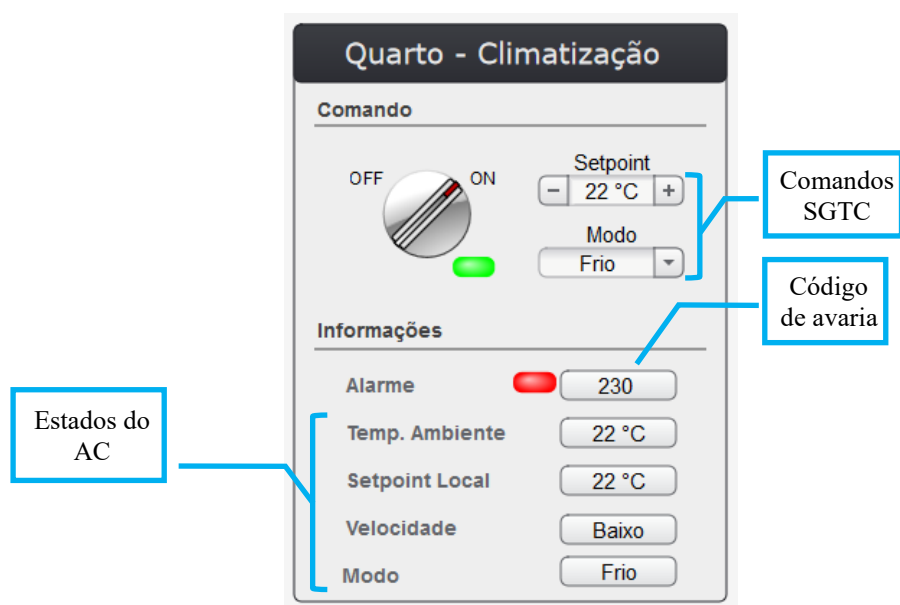


Fig. 83 – Controlo de uma unidade interior de ar condicionado

5.2.2.5. Controlo/Monitorização da central térmica

Na central térmica é gerida a produção de AQS e o aquecimento da água da piscina. As bombas de circulação são duplas, e para um melhor funcionamento e durabilidade destas foi desenvolvido um programa em que estas funcionam alternadamente, mudando a cada 24 horas ou em caso de avaria. Na Fig. 84 pode-se observar o princípio de funcionamento da central térmica.

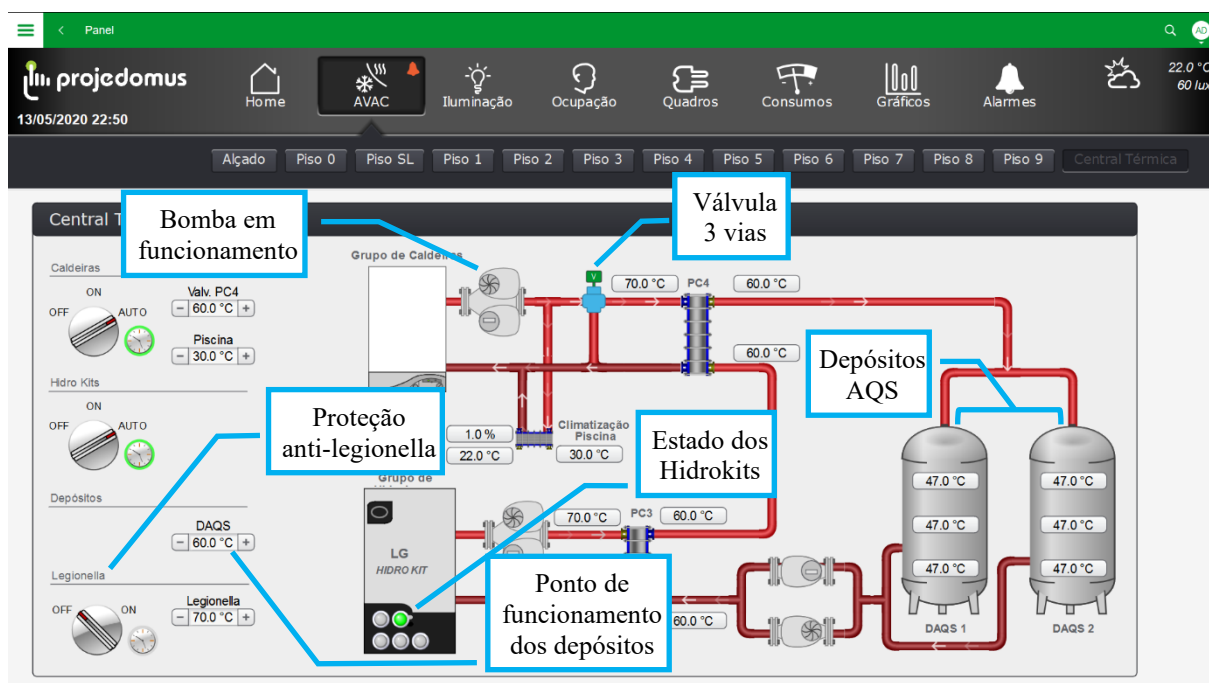


Fig. 84 – Controlo/Monitorização da central térmica

Os depósitos de AQS, são aquecidos pelos hidrokits e pelas caldeiras. A prioridade no aquecimento é sempre feita pelos hidrokits. O ponto de funcionamento dos depósitos pode ser

controlado pelo utilizador, e existe também a possibilidade de realizar uma rotina de proteção para legionella, bastando para isso selecionar o respetivo comutador e configurar o seu horário.

Os hidrokits só têm permissão de funcionamento se houver necessidade de aquecimento nos depósitos de AQS, mediante a sua temperatura do ponto de funcionamento. O seu funcionamento é gerido autonomamente. As respetivas bombas só funcionam se um ou mais hidrokits estiver em funcionamento. Se existir uma avaria é possível verificar o seu código de erro clicando sobre o equipamento.

As caldeiras têm funcionamento autónomo, no SGTC apenas se dá permissão de funcionamento. A respetiva bomba dupla, funciona sempre que as caldeiras têm permissão de funcionamento. A válvula de três vias junto ao permutador PC4 representado na Fig. 84, permite gerir a produção de água quente para favorecer a produção de AQS ao aquecimento da piscina. A válvula dirige a água para o permutador quando os depósitos ainda não atingiram a temperatura definida e a temperatura de entrada no permutador seja abaixo do seu ponto de funcionamento. Se os depósitos tiverem atingido a temperatura definida e/ou a produção dos hidrokits for suficiente, a válvula dirige a água para a climatização da piscina.

A temperatura da piscina é controlada por uma válvula de três vias como já referido anteriormente. A produção de água quente para esta está a cargo das caldeiras, sendo que as AQS têm prioridade sobre a piscina.

5.2.2.6. Monitorização da ocupação dos quartos do hotel

Neste hotel o SGTC efetua uma monitorização da taxa de ocupação dos quartos, em que é possível verificar quais os quartos onde estão hóspedes nesse instante, mediante a leitura da presença do cartão no leitor de cartões instalado em cada quarto. A ocupação pode ser verificada no respetivo alçado, Fig. 85, indicando a quantidade de quartos ocupados por piso, ou em cada piso.

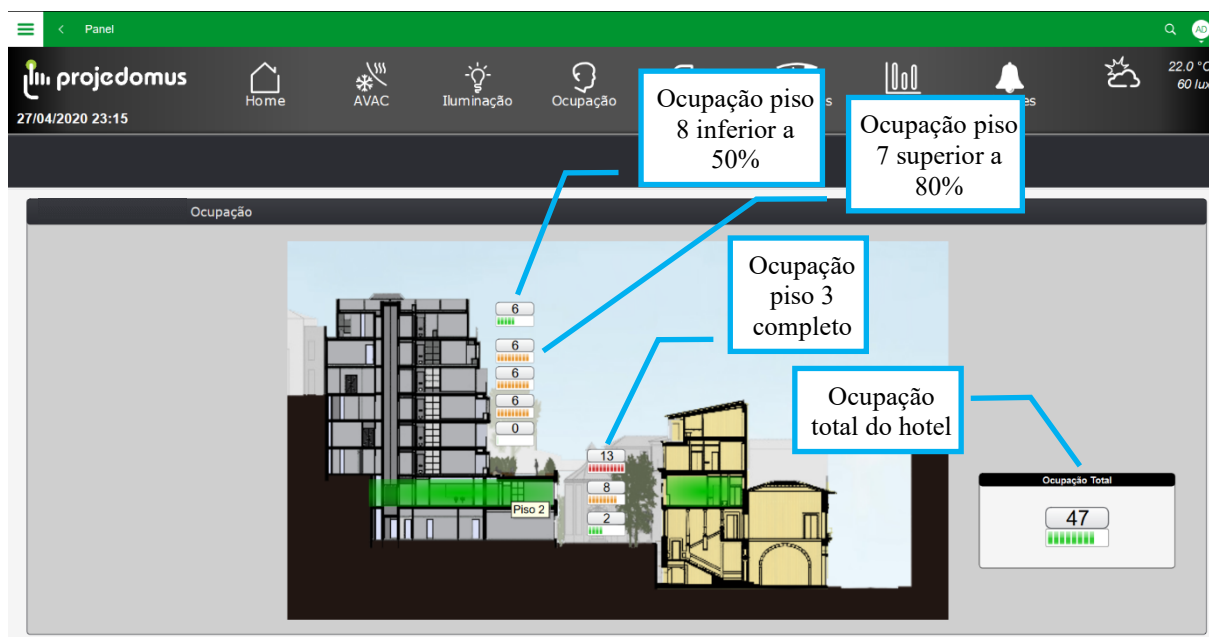


Fig. 85 – Monitorização da ocupação dos quartos do hotel (alçado)

Este sistema também permite definir se o quarto se encontra livre para reserva para questões de organização do próprio hotel, como se pode observar na Fig. 86.

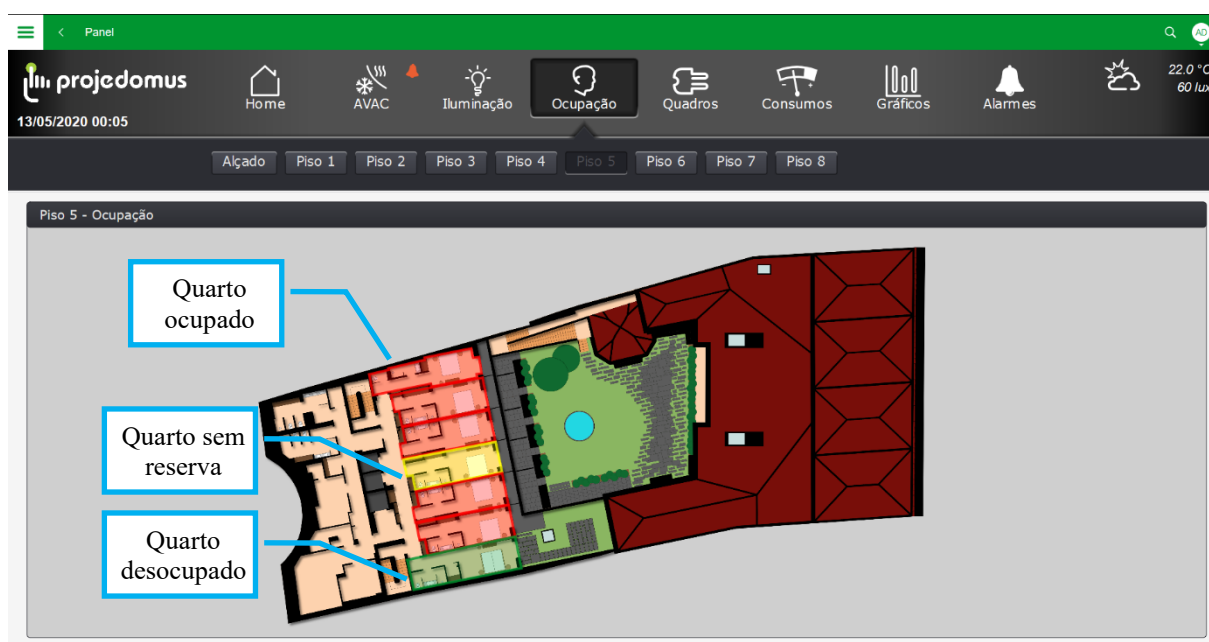


Fig. 86 – Monitorização da ocupação dos quartos do hotel (piso)

5.2.2.7. Monitorização dos quadros elétricos

Todos os quadros elétricos do hotel possuem contactos auxiliares nos disjuntores mais importantes, que irão dar informação ao SGTC acerca do seu estado, nomeadamente do disparo das proteções elétricas e ocorrência de alarmes/avarias de determinados equipamentos, como por exemplo, dos Quadros de Gestão Técnica.

Como se pode observar na Fig. 87, clicando sobre um quadro elétrico é possível consultar os respetivos estados dos disjuntores, assim como verificar se existe algum alarme ativo.

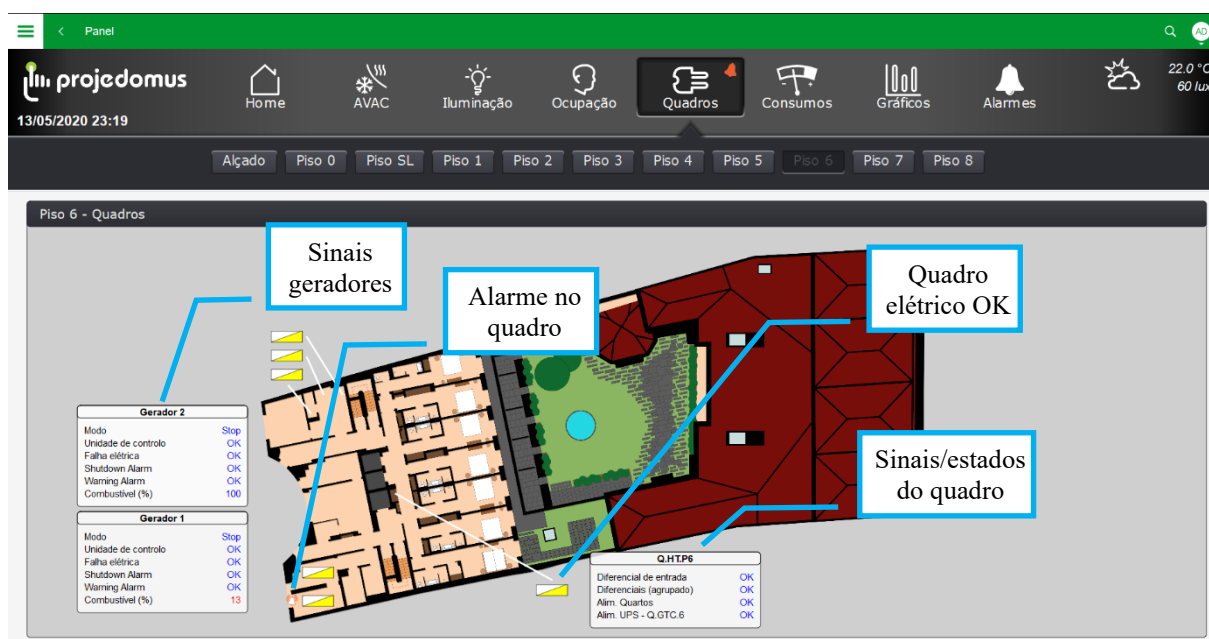


Fig. 87 – Monitorização dos quadros elétricos

5.2.2.8. Gráficos de consumo energético e registos de variáveis

No menu de consumos, é apresentado ao utilizador uma página de acesso ao servidor de energia (Fig. 88) que recebe todas as medições dos contadores de energia existentes nos quadros elétricos, contadores de água e de gás. Também é neste equipamento que é guardado a taxa de ocupação do hotel. Estes dados são recebidos por ModBus TCP/IP, podendo ser visualizados em tempo real e também em forma de gráfico através dos registos que este armazena na sua memória interna.

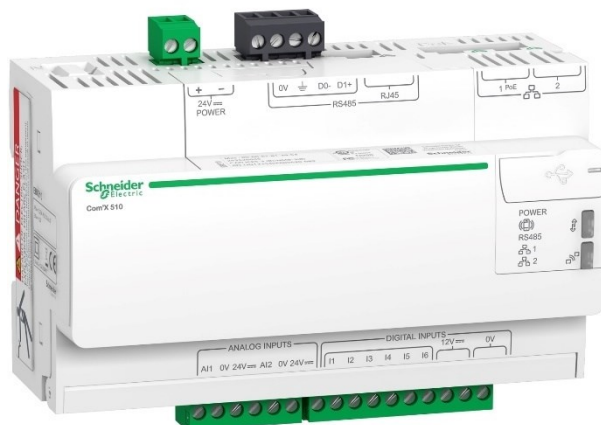


Fig. 88 – Servidor de energia (Schneider EBX510) ²⁷

No menu de gráficos, como é apresentado na Fig. 89, são apresentados os valores das temperaturas de cada uma das UTAs, bem como da piscina e dos depósitos.

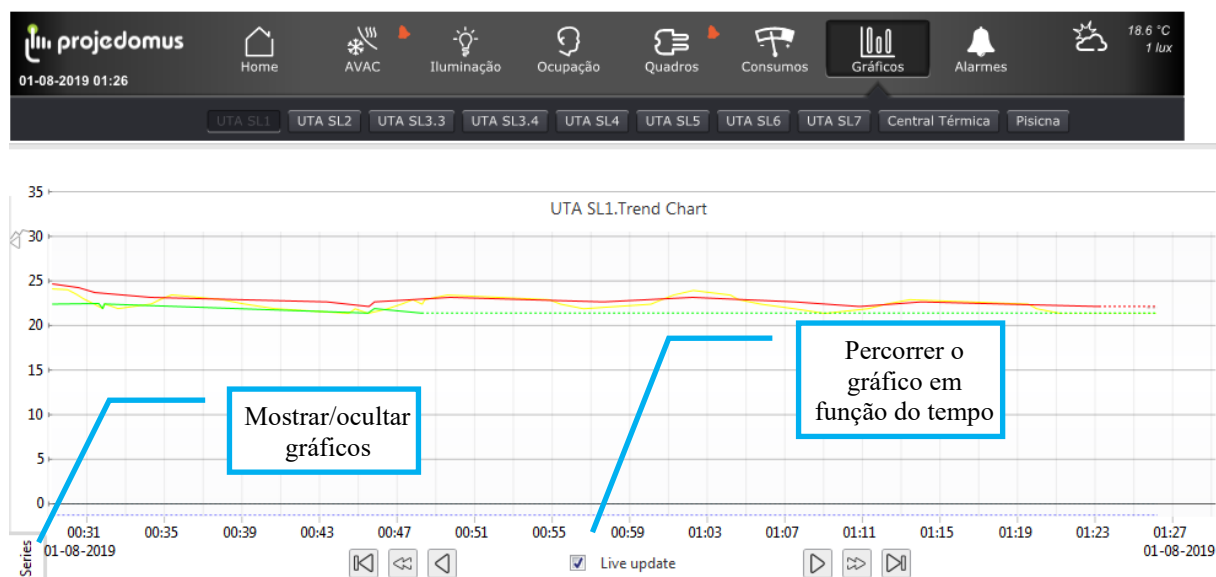


Fig. 89 – Gráficos da UTA SL.1

5.2.2.9. Monitorização de alarmes técnicos do edifício

No menu de alarmes são apresentados todos os alarmes que ficaram ativos. Ao ocorrer um alarme surge um ícone de alarme no menu onde existe um alarme, visível no piso do alçado, e

²⁷ Obtido de: <https://www.se.com/pt/pt/product/EBX510/comx-510---energy-server---ul---sdram4-go/> - Acedido em maio, 2020

5.2.3.1. Sistema de gestão técnica centralizada do edifício coletivo

Na receção do edifício, existe um painel tátil onde é possível aceder ao SGTC do edifício para controlo/monitorização do espaço. É neste painel tátil onde o responsável pode controlar toda a iluminação, configurar os detetores de movimento e horários, controlar os sistemas de AVAC e verificar a existência de alarmes. Como se pode observar na Fig. 92, a navegação no sistema de gestão é feita de forma simples e equivalente ao já apresentado nos subcapítulos anteriores.

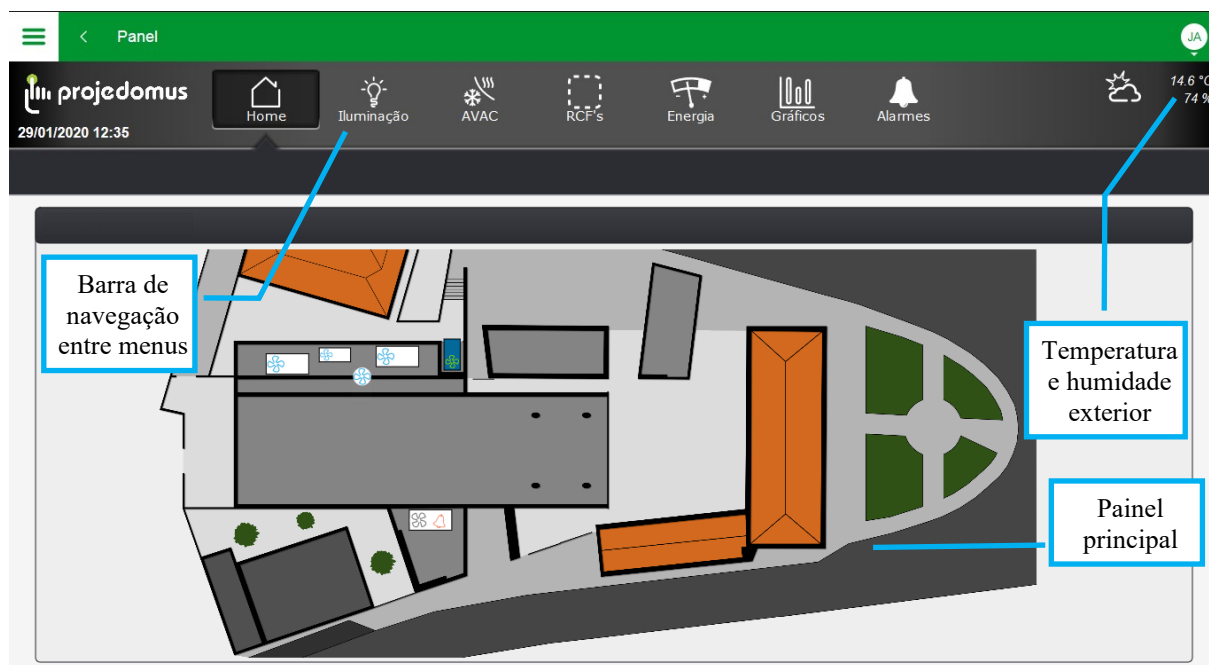


Fig. 92 – Navegação entre menus no SGTC

De forma equivalente aos SGTC apresentados nos subcapítulos anteriores, em cada menu existem submenus de forma a permitir navegar entre os diversos pisos/equipamentos, como se pode observar na Fig. 93.



Fig. 93 – Navegação entre submenus no SGTC

5.2.3.2. Controlo/Monitorização da iluminação

A iluminação neste edifício é maioritariamente realizada recorrendo a sistemas DALI e como o controlo da iluminação foi feito com sistemas KNX, houve a necessidade de instalar *gateways* KNX-DALI, para conseguir ter o controlo sobre as luminárias DALI existentes no edifício. Na Fig. 94 está representada uma *gateway* KNX-DALI utilizada neste edifício.



Fig. 94 – Gateway KNX-DALI (Zennio DALIBOX Broadcast 6CH) ²⁸

Esta *gateway* é DALI broadcast, ou seja, todos os balastros DALI existentes em cada linha DALI podem ser identificados automaticamente. A *gateway* atribui automaticamente endereços aos balastros das luminárias encontradas, tornando-as controláveis. Estas *gateways* têm a grande vantagem de, se um balastro avariar e for trocado, bastará efetuar uma nova procura de dispositivos na própria *gateway*, que esta atribuirá novamente um endereço de forma ao novo balastro ser novamente controlável.

Para o controlo da sala polivalente/auditório foram também instalados dois painéis táteis de 3,5” (Fig. 95), um no régio e outro no palco. Estes painéis têm o controlo da iluminação do palco e do auditório, controlos gerais, individuais e um conjunto de cenários configuráveis pelo utilizador para de forma rápida e prática, este possa mudar o nível de luminosidade existente no auditório e no palco consoante as necessidades do evento que estiver a decorrer na sala. Nestes painéis também existe o controlo da cortina do palco e de uma tela para projeções de conteúdos multimédia.



Fig. 95 – Controlo da iluminação da sala polivalente/auditório com o painel tátil 3,5” (Zennio Z35) ²⁹

²⁸ Obtido de: <https://www.zennio.com/products/lighting/dalibox-broadcast-6ch> - Acedido em abril, 2020

²⁹ Obtido de: <https://www.zennio.com/products/touch-panels-room-controllers/z35> - Acedido em abril, 2020

No SGTC, o menu de iluminação integra a visualização efetuada no equipamento LogicMachine (Fig. 96), que ficou disponível no EBO, *software* do SGTC utilizado no edifício, através do recurso de apresentação da visualização por *web browser* HTTP (*Hipertext Transfer Protocol*).



Fig. 96 – Servidor/Gateway KNX, ModBus, BACnet/IP, etc (LogicMachine 5 LITE) ³⁰

Este equipamento além de servidor de visualização, também é uma gateway KNX, ModBus, BACnet/IP, entre outros protocolos, o que permitiu que com este equipamento o controlo da iluminação via KNX, pudesse ser efetuado na visualização disponibilizada para o utilizador e que as falhas DALI reportadas pela gateway KNX-DALI, fossem disponibilizadas por BACnet/IP no SGTC, gerando alarmes para o utilizador, ficando este a saber se existem problemas com as luminárias DALI.

Os menus de iluminação foram criados no equipamento LogicMachine através da ferramenta de programação que este disponibiliza no seu *web browser*. Esta ferramenta permite a criação de menus com interface gráfica de ícones, que comunicam com os diversos protocolos que este possui suporte. Os ícones presentes no menu de iluminação da interface de visualização do SGTC comunicam no protocolo KNX, com os respetivos módulos de saídas que atuam os circuitos de iluminação, com as *gateways* KNX-DALI que controlam os balastros DALI e que reportam as falhas dos balastros e luminárias e com os detetores de movimento que efetuam o controlo inteligente dos circuitos de iluminação.

Na Fig. 97 está representado o menu de iluminação, onde é possível, ligar/desligar cada circuito de iluminação clicando sobre o seu ícone, controlar a percentagem de iluminação nos casos aplicáveis clicando sobre a percentagem que se encontra abaixo do ícone, assim como verificar os estados de toda a iluminação do edifício. Também é possível ligar/desligar toda a iluminação do auditório e palco através dos seus respetivos botões de controlo geral.

³⁰ Obtido de: <https://openrb.com/logicmachine-5-lite/> - Acedido em abril, 2020

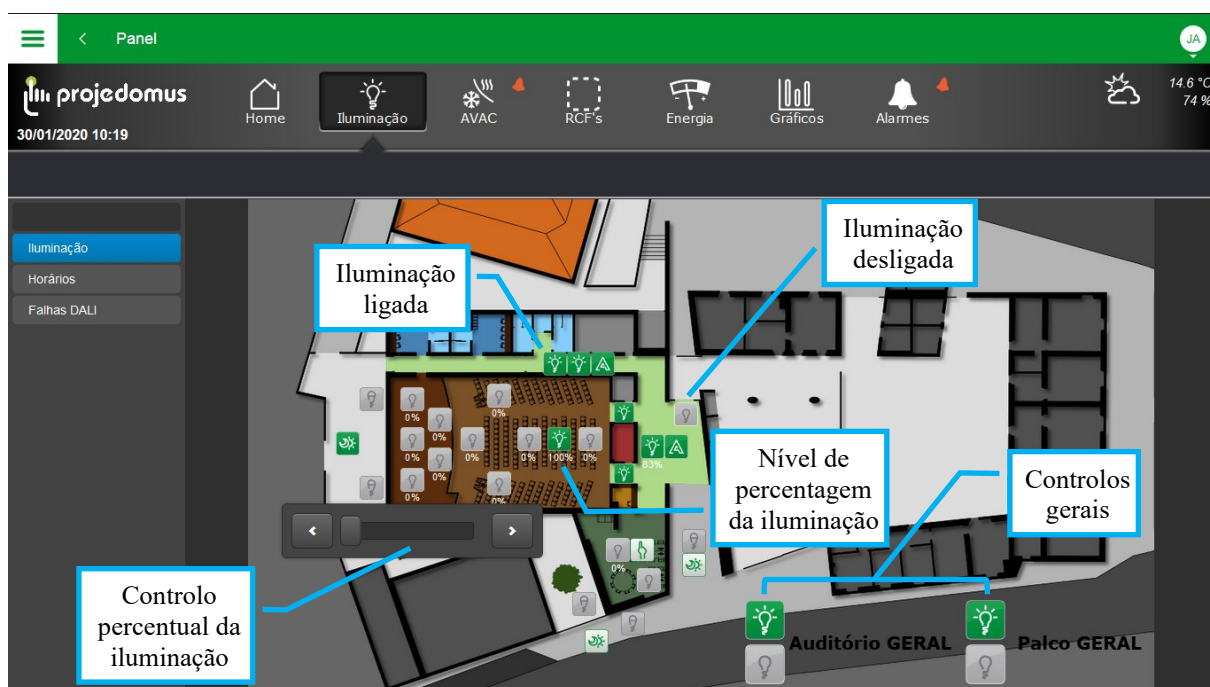


Fig. 97 – Controlo/Monitorização da iluminação

Algumas zonas do edifício possuem detetores de movimento e estes podem ser configurados pelo utilizador clicando sobre o seu ícone. Os detetores possuem o seguinte modo de funcionamento:

- **Detetor em modo manual** – O detetor não atua sobre os circuitos de iluminação, estes têm de ser ligados/desligados manualmente.
- **Detetor em modo automático** – O detetor liga os circuitos de iluminação quando existe movimento e o nível de luminosidade não satisfaça o ponto de funcionamento definido pelo utilizador (nos casos em que exista iluminação DALI, o detetor controla o fluxo luminoso das luminárias de forma a satisfazer o ponto de funcionamento definido pelo utilizador). O detetor desliga os circuitos de iluminação quando não existe movimento e passe um tempo definido pelo utilizador.

A iluminação exterior é representada por um ícone distinto e possui uma função de controlo crepuscular que pode ser habilitada ou desabilitada clicando sobre o seu ícone. O funcionamento crepuscular possui o seguinte modo de funcionamento:

- **Crepuscular ligado** – O circuito de iluminação exterior correspondente irá ligar quando anoitecer e desligar quando amanhecer.
- **Crepuscular desligado** – O circuito de iluminação exterior apenas é controlado através do comando manual ou por horário predefinido.

Na Fig. 98 está representado a forma de configurar os detetores de movimento e sensor crepuscular no menu de iluminação.

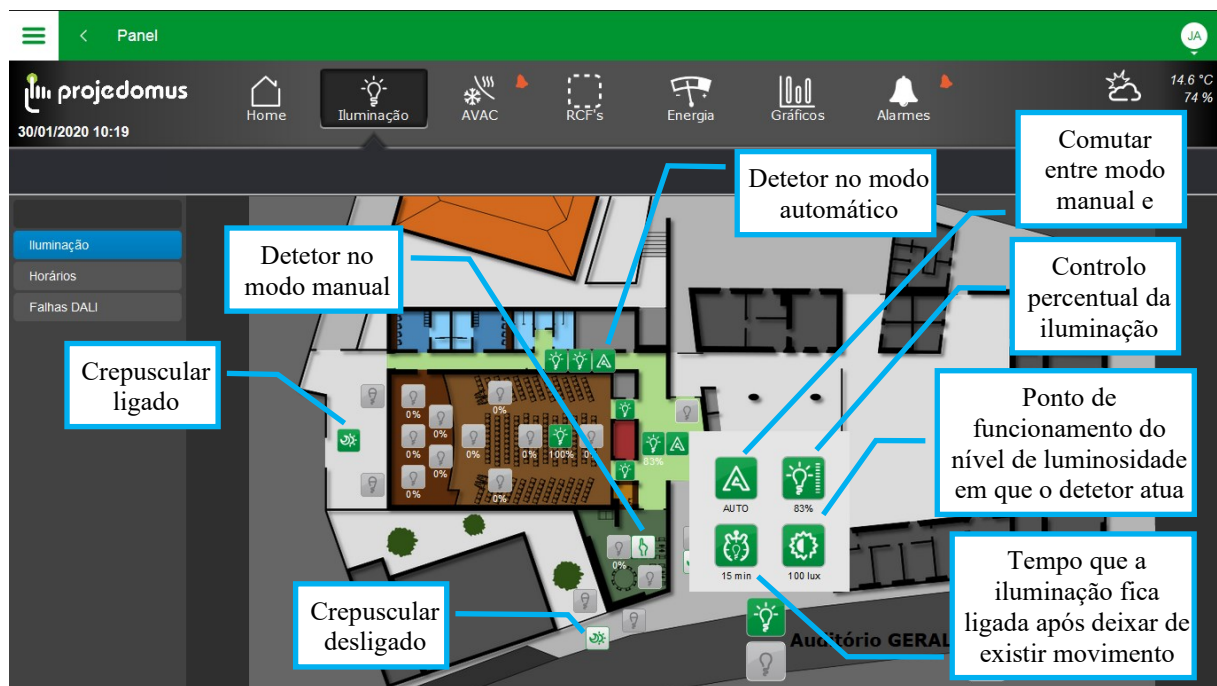


Fig. 98 – Configuração dos detetores de presença e do crepuscular

Os circuitos de iluminação exterior e do painel luminoso da entrada podem ser atuados através de horários predefinidos. Estes horários podem ser alterados pelo utilizador conforme as necessidades para o edifício. A função de horário pode ser habilitada em conjunto com o modo crepuscular ligado, de forma a este desligar o circuito de iluminação a uma determinada hora, em vez de só quando amanhecer.

Na Fig. 99 está representado o submenu onde é possível configurar os horários para os diversos circuitos de iluminação.

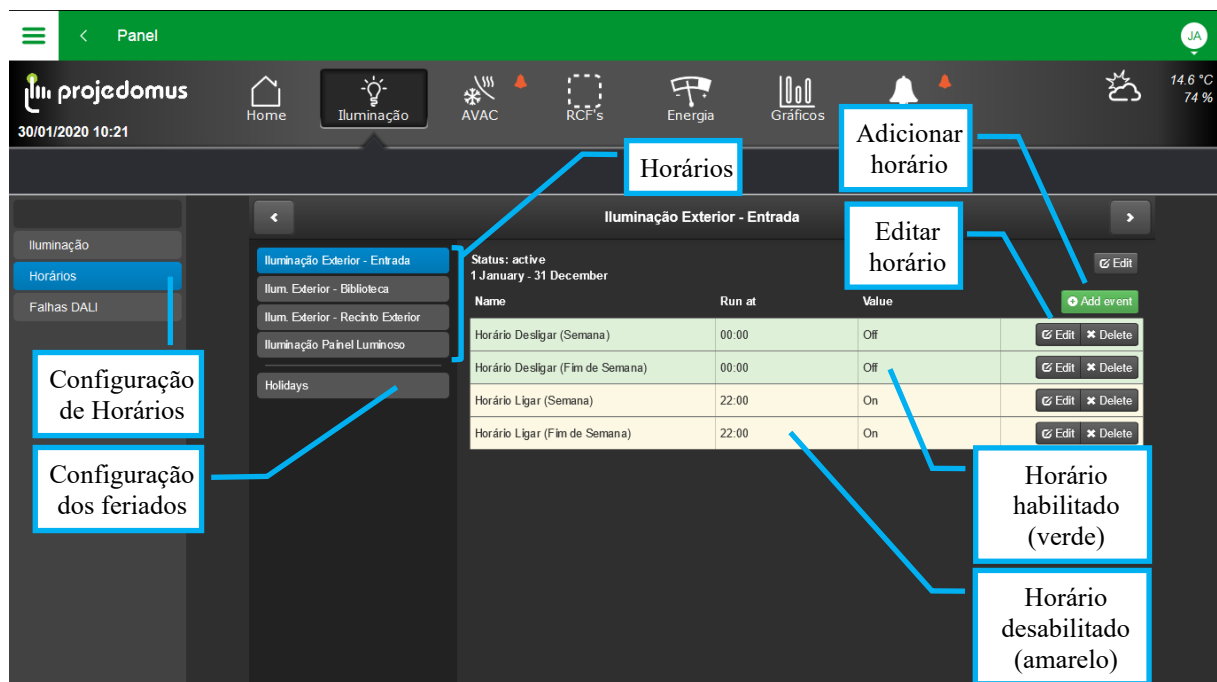


Fig. 99 – Configuração dos horários

Por exemplo o circuito de iluminação exterior da entrada está configurado como apresentado na Tabela 14.

Tabela 14 – Exemplo de horário para o circuito de iluminação exterior da entrada

Iluminação Exterior – Entrada

Durante a semana	Fim de semana
Liga às 22:00 (desabilitado)	Liga às 22:00 (desabilitado)
Desliga às 00:00 (habilitado)	Desliga às 00:00 (habilitado)

Caso exista um alarme de iluminação, este pode ser consultado no submenu “Falhas DALI”. Como se pode observar na Fig. 100, clicando sobre o ícone de alarme este mostra com maior detalhe o tipo de falha existente na iluminação.

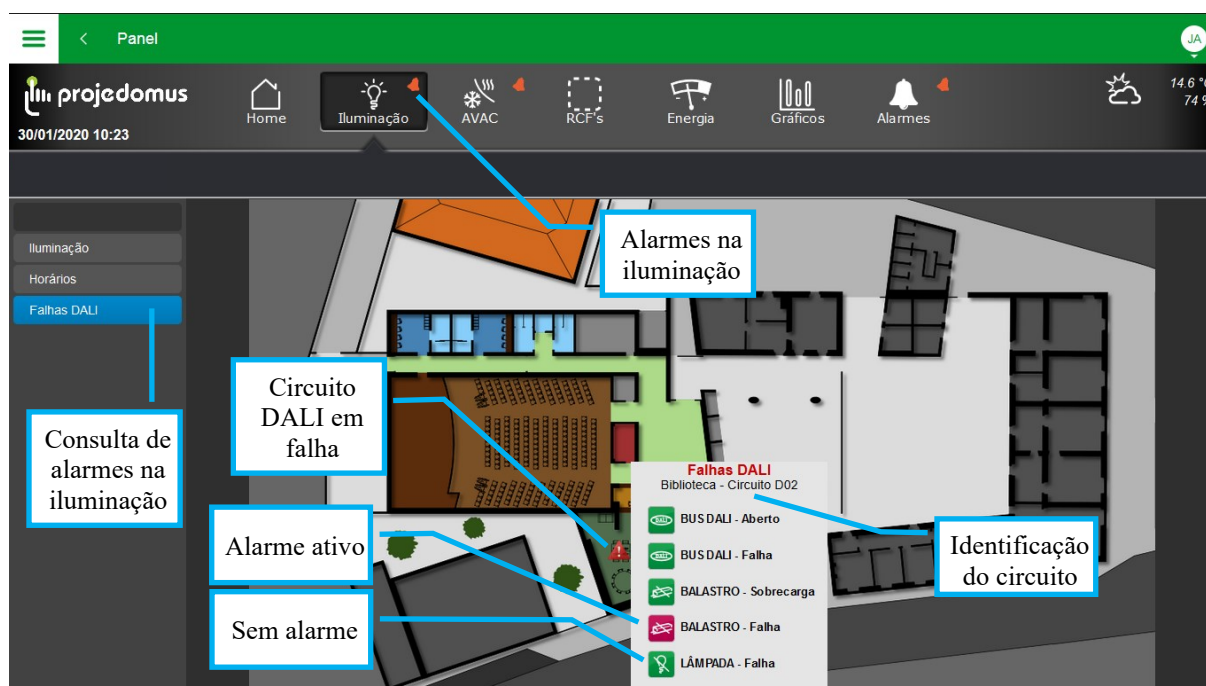


Fig. 100 – Alarme de iluminação (Falhas DALI)

5.2.3.3. Controlo/Monitorização dos sistemas de AVAC

Todos os equipamentos de AVAC do edifício foram controlados através de um autómato (Fig. 101). Este equipamento além de autómato também é um servidor onde está alojado todo o SGTC, disponibilizando a visualização para o utilizador via *web browser*. Alguns sinais de controlo, como comandos On/Off, sinais de avaria, sondas de temperatura e estados dos RCFs (registos corta-fogo), são recebidos pelos módulos de IOs acoplados ao autómato, outros sinais indicadores dos diversos estados de todos os componentes constituintes das UTAs e ventiladores, são recebidos pelo autómato por Modbus RTU. A comunicação Modbus efetuada com as UTAs foi efetuada com os seguintes parâmetros:

- **Velocidade de comunicação (baudrate):** 19200
- **Paridade:** Sem paridade
- **Bits de paragem:** 1

Fig. 101 – Autômato (Schneider SmartX Controller AS-P)³¹

Como se pode observar na Fig. 102, no menu de AVAC do SGTC é possível monitorizar todos os equipamentos de ventilação/climatização existentes no edifício. Os equipamentos estão identificados na planta no seu local de instalação e é possível verificar os seus estados de funcionamento e se estão em estado de avaria. Colocando o rato sobre o equipamento o utilizador pode saber o seu nome/tipo e ao clicar sobre este, acede-se ao equipamento de forma a poder controlá-lo e visualizar o seu estado com maior detalhe. Os equipamentos também podem ser verificados navegando através do submenu, onde estes podem ser ligados/desligados ou controlados por um horário.

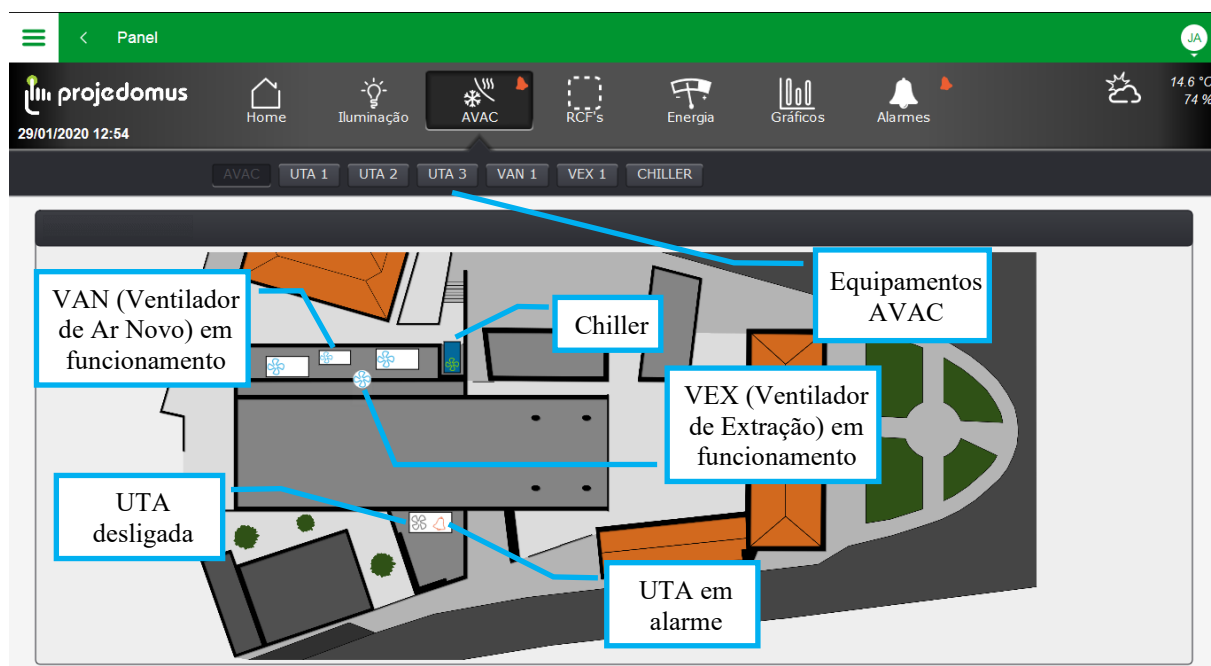


Fig. 102 – Controlo/Monitorização dos sistemas de AVAC

Por exemplo, acedendo ao ventilador de extração, como se pode observar na Fig. 103, este pode ser ligado/desligado ou ser gerido pelo seu próprio horário. É ainda possível verificar o estado do ventilador e se este está em avaria.

³¹ Obtido de: <https://www.se.com/br/pt/product/SXWASPPXXX10001/smartx-controller-as-p/> - Acedido em abril, 2020

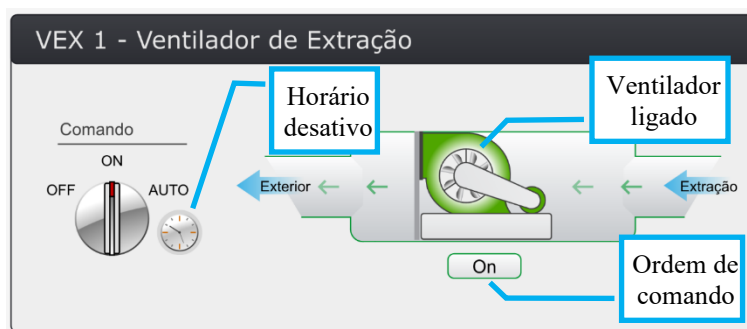


Fig. 103 – Controle do ventilador de extração

Acedendo ao ventilador de ar novo, como se pode observar na Fig. 104, este pode ser controlado de forma idêntica ao ventilador de extração, a diferença passa por este possuir um conjunto de informações sobre o seu funcionamento interno bastante maior, uma vez que este ventilador por ser mais complexo possui um controlador Modbus, que faz interface com o autómato. Neste ventilador é possível definir a temperatura do ponto de funcionamento a que este vai insuflar ar novo para o edifício.

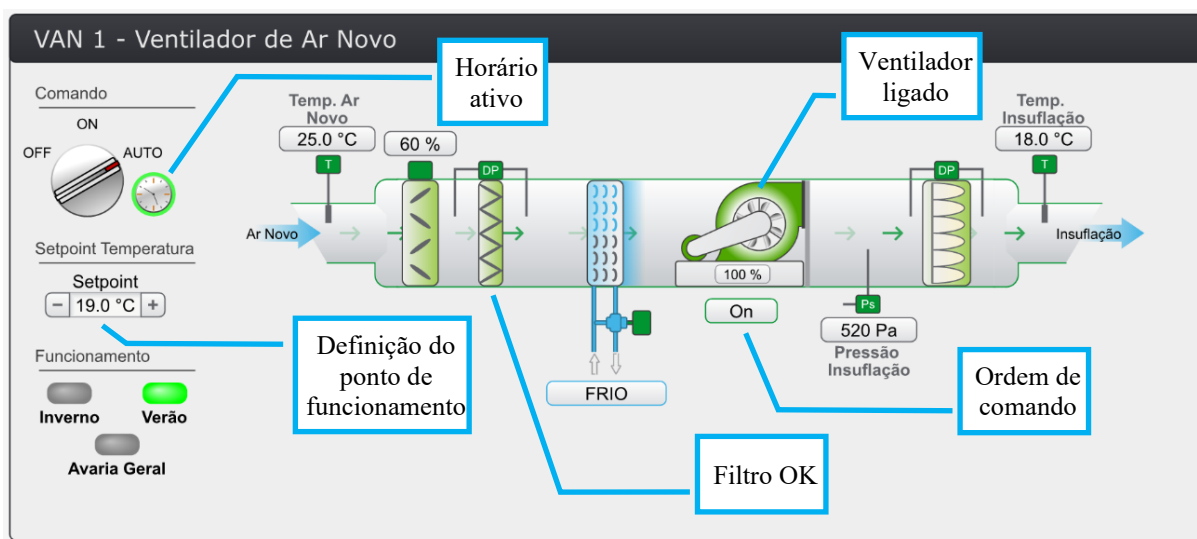


Fig. 104 – Controle do ventilador de ar novo

As UTAs, como se pode observar na Fig. 105, são controladas de forma semelhante ao ventilador de ar novo, a diferença passa por a temperatura do ponto de funcionamento ser definida pelo utilizador em função da temperatura de retorno e não de insuflação, permitindo desta forma às UTAs manterem a temperatura desejada dentro do edifício.

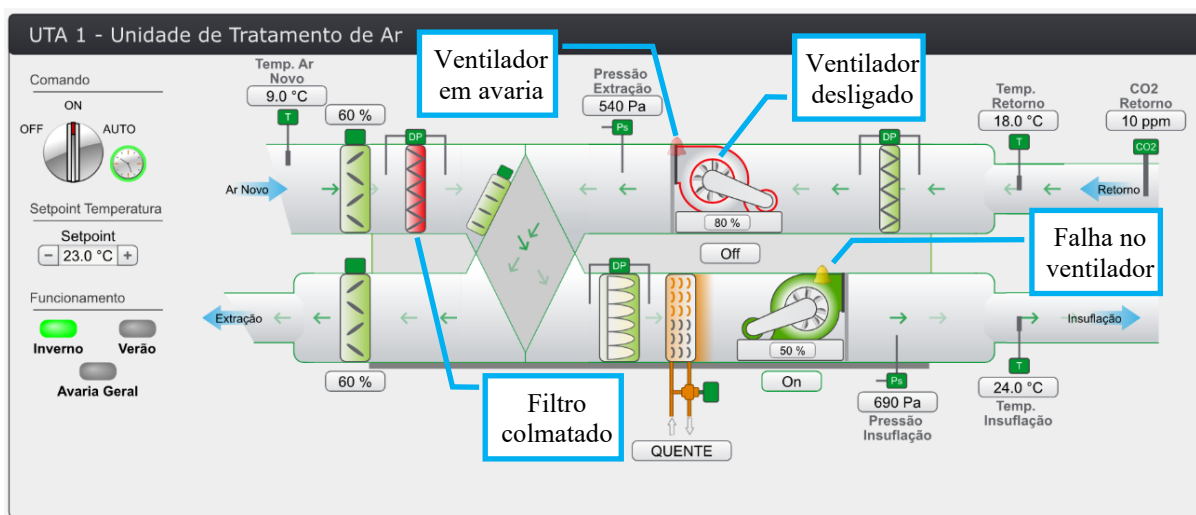


Fig. 105 – Controlo de uma unidade de tratamento de ar

O chiller gere a produção de água quente/fria para alimentação do sistema de climatização do edifício. Este pode ser controlado de forma semelhante aos outros equipamentos de AVAC mencionados anteriormente, excetuando que o ponto de funcionamento deste é fixo e só pode ser alterado pela empresa que instalou o chiller no edifício. Porém é possível ainda definir se este produz água quente ou fria, comutando o seu modo de funcionamento para inverno ou verão tal como pretendido, ou verificar se este está em avaria. Na Fig. 106 está representado o esquema de princípio de funcionamento do chiller e todas as variáveis de controlo necessárias ao seu funcionamento.

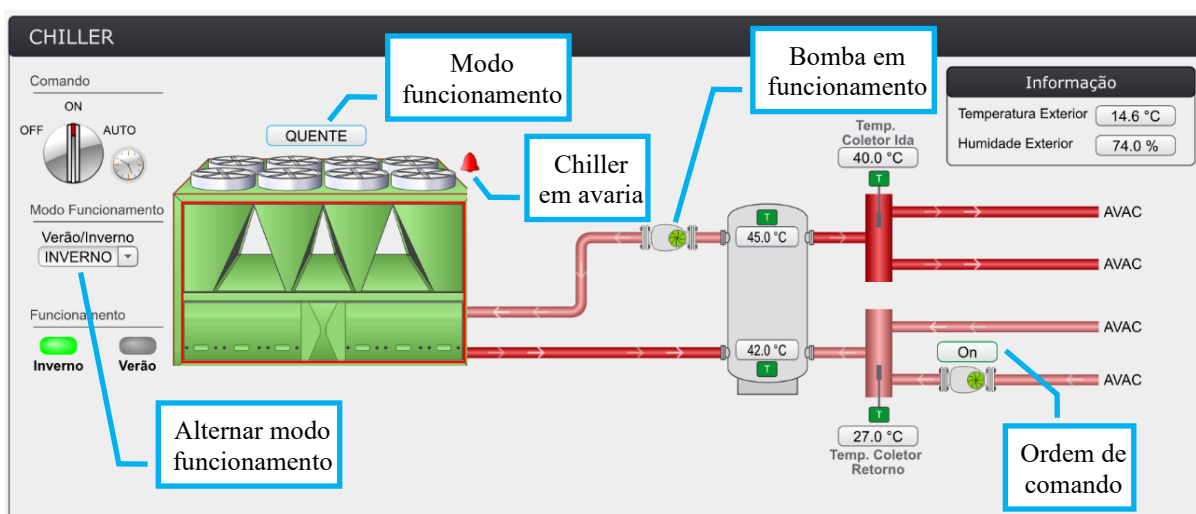


Fig. 106 – Controlo do chiller

Todos os equipamentos de AVAC podem funcionar através de horários definidos previamente estando o comutador em AUTO. Estes horários podem ser alterados pelo utilizador conforme as necessidades do edifício clicando sobre o ícone de horário, como apresentado na Fig. 107.

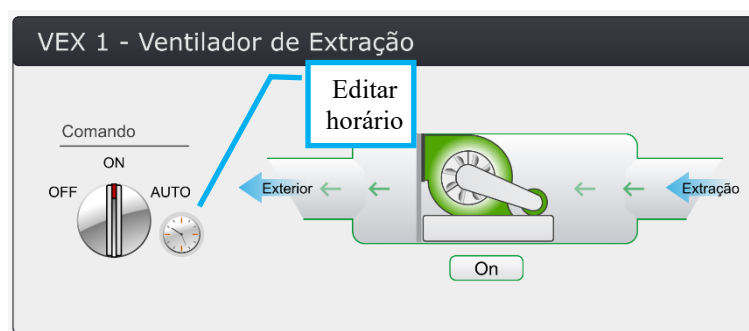


Fig. 107 – Configuração do horário em equipamentos de AVAC

Por exemplo, como se pode observar na Fig. 108, o horário da UTA 1 está configurado como apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 – Exemplo de horário para um equipamento de AVAC

Equipamento AVAC

Durante a semana	Fim de semana
Liga às 09:00 Desliga às 17:00	Liga às 09:00 Desliga às 17:00

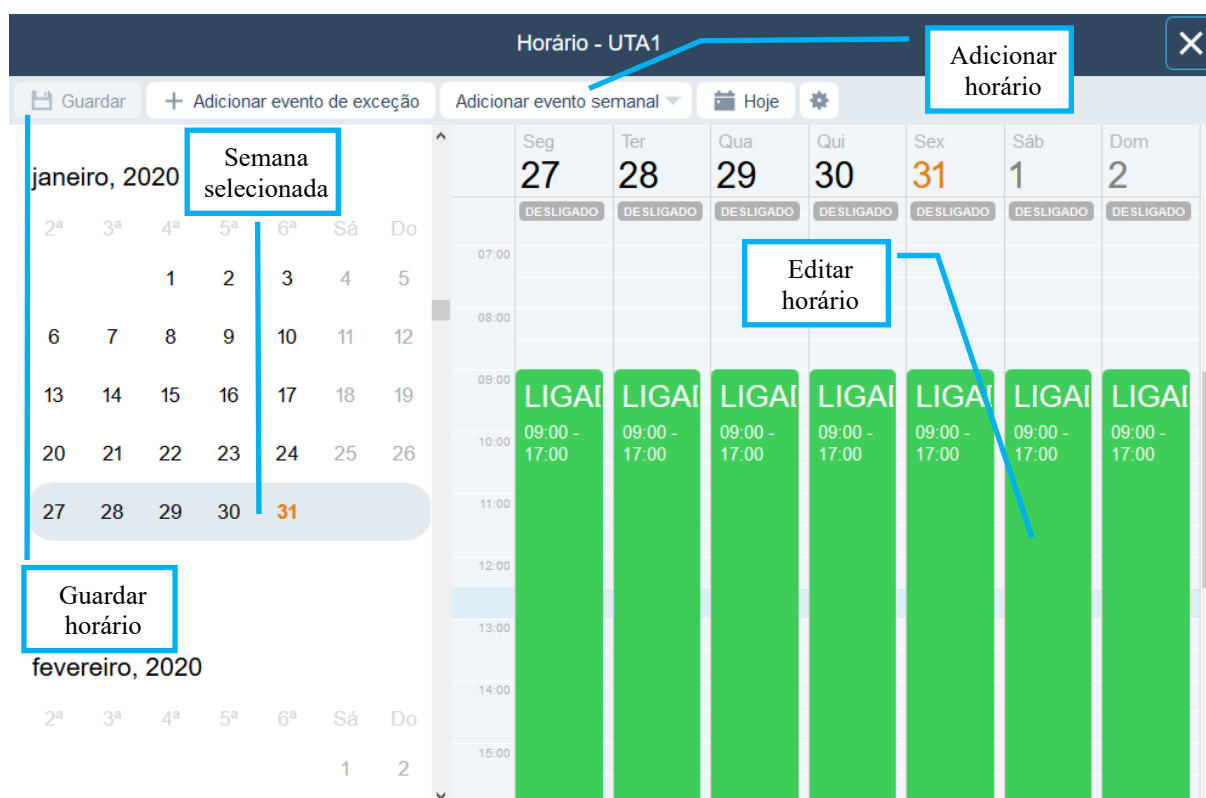


Fig. 108 – Horário de um equipamento de AVAC

Como se pode observar na Fig. 109, clicando sobre o horário a editar é possível eliminá-lo ou alterá-lo.

Fig. 109 – Edição do horário de um equipamento de AVAC

5.2.3.4. Monitorização dos registos corta-fogo

No menu de registos corta-fogo, como se pode observar na Fig. 110 é possível verificar o seu estado, ou seja, se estão abertos, fechados ou em anomalia. Caso estes estejam fechados ou em anomalia, é gerado um alarme que pode ser consultado no menu de alarmes.

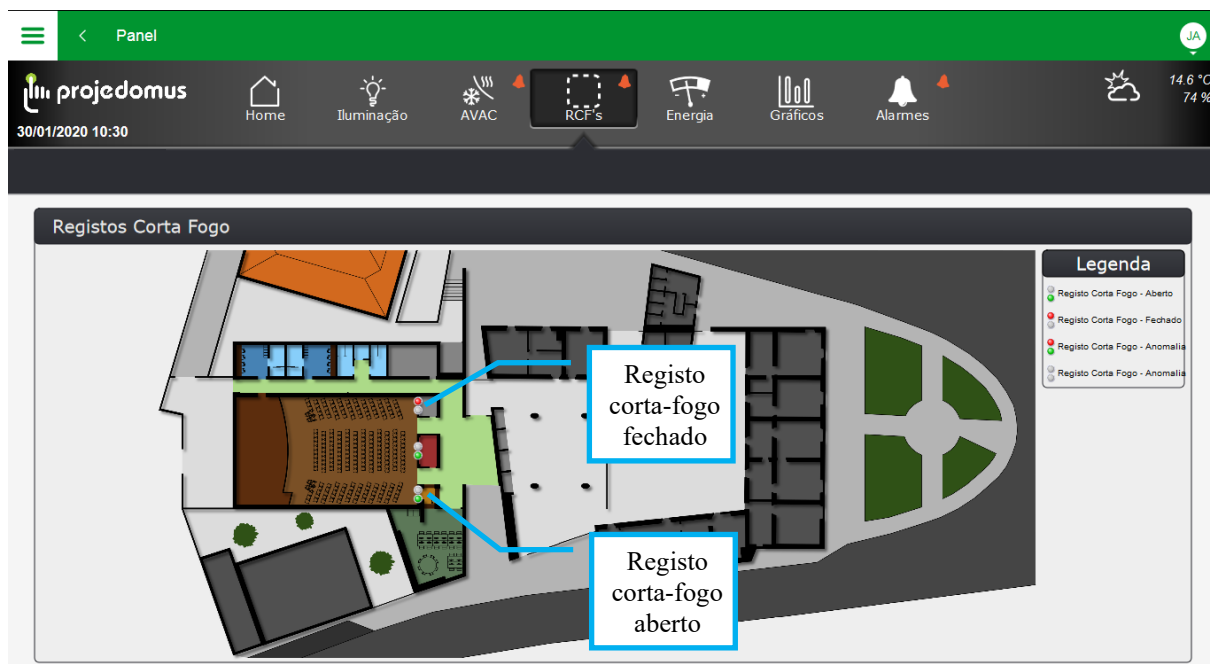


Fig. 110 – Monitorização dos registos corta-fogo

5.2.3.5. Monitorização e gráficos de energia

Neste edifício é monitorizado no Quadro de Entrada, Quadro de AVAC e no chiller a energia consumida, através de contadores de energia (Fig. 111).



Fig. 111 – Contadores de energia: a) Quadro de Entrada (Schneider PM3250)³²; b) Quadro AVAC e Chiller (Schneider IEM3255)³³

Estes equipamentos comunicam por Modbus RTU diretamente com o autómato. Desta forma como se pode observar na Fig. 112, é possível verificar todos os dados medidos. O contador de energia instalado no Quadro de Entrada, é superior aos instalados no outro quadro e chiller, permitindo verificar adicionalmente os valores de THD (Distorção Harmónica Total). Esta informação é bastante importante para saber se a alimentação à entrada do edifício se apresenta dentro dos valores recomendados, reduzindo a probabilidade de alguns equipamentos avariarem ou não funcionarem como deveriam.

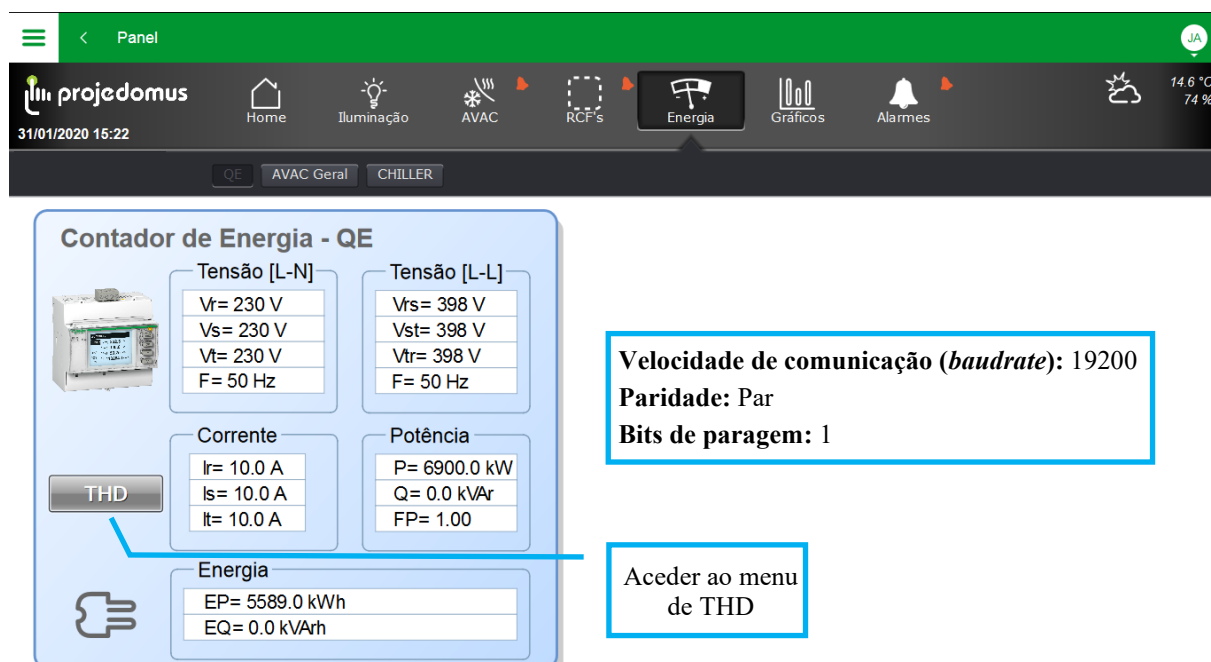


Fig. 112 – Contador de energia

5.2.3.6. Gráficos de consumo energético e registo de temperaturas e humidade

³² Obtido de: <https://www.se.com/pt/pt/product/METSEPM3250/pm3250-power-meter---rs485/> - Acedido em abril, 2020

³³ Obtido de: <https://www.se.com/pt/pt/product/A9MEM3255/iem3255-energy-meter---ct---modbus---l-digital-i---l-digital-o---multi-tariff/> - Acedido em abril, 2020

No SGTC é feito o registo da energia ativa, reativa, temperatura e humidade exterior ao longo do tempo. Estes dados são armazenados e podem ser apresentados em forma de gráfico, de forma ao utilizador poder consultar todos os valores medidos a qualquer momento. Os gráficos possuem opções de filtro, em que se pode ocultar determinadas variáveis para fins comparativos. Como se pode observar na Fig. 113 temos o gráfico da humidade exterior medida ao longo do tempo.

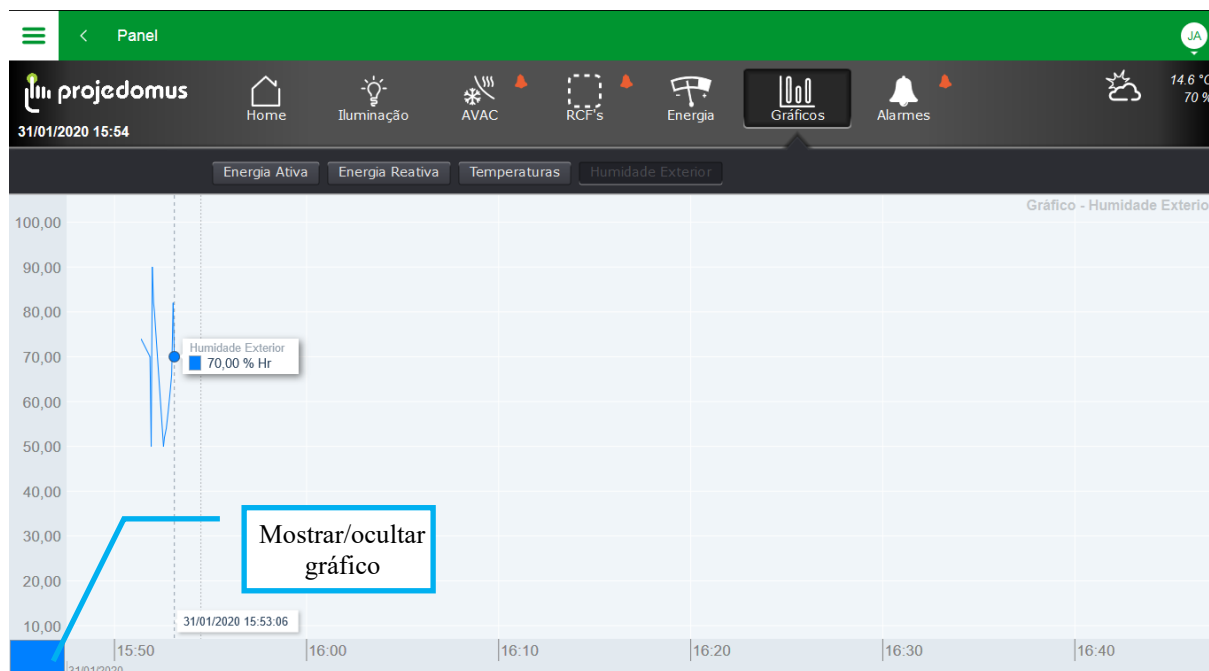


Fig. 113 – Gráfico da humidade exterior

5.2.3.7. Monitorização de alarmes técnicos do edifício

No menu de alarmes é possível verificar com detalhe todas as anomalias e avarias existentes nos equipamentos. Todos os alarmes que ficaram resolvidos e foram reconhecidos pelo utilizador, deixam de aparecer no menu de alarmes. Os alarmes reportados pelos balastros DALI foram integrados com o SGTC por BACnet/IP. Foram atribuídas diferentes prioridades aos tipos de alarme, conforme o seu grau de gravidade. Por exemplo, como se pode observar na Fig. 114, uma avaria numa UTA possui um grau de prioridade superior ao de uma avaria num balastro DALI.

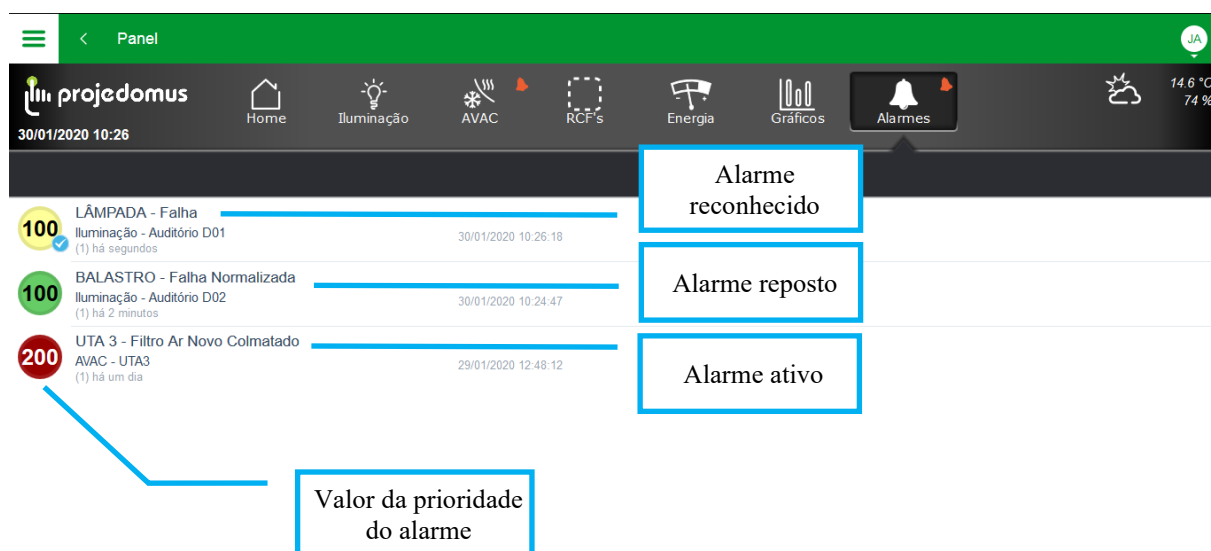


Fig. 114 – Monitorização de alarmes técnicos do edifício

Como se pode observar na Fig. 115, todos os alarmes que surjam devem ser corrigidos e verificados de forma a manter o bom funcionamento dos equipamentos e consequentemente do edifício.

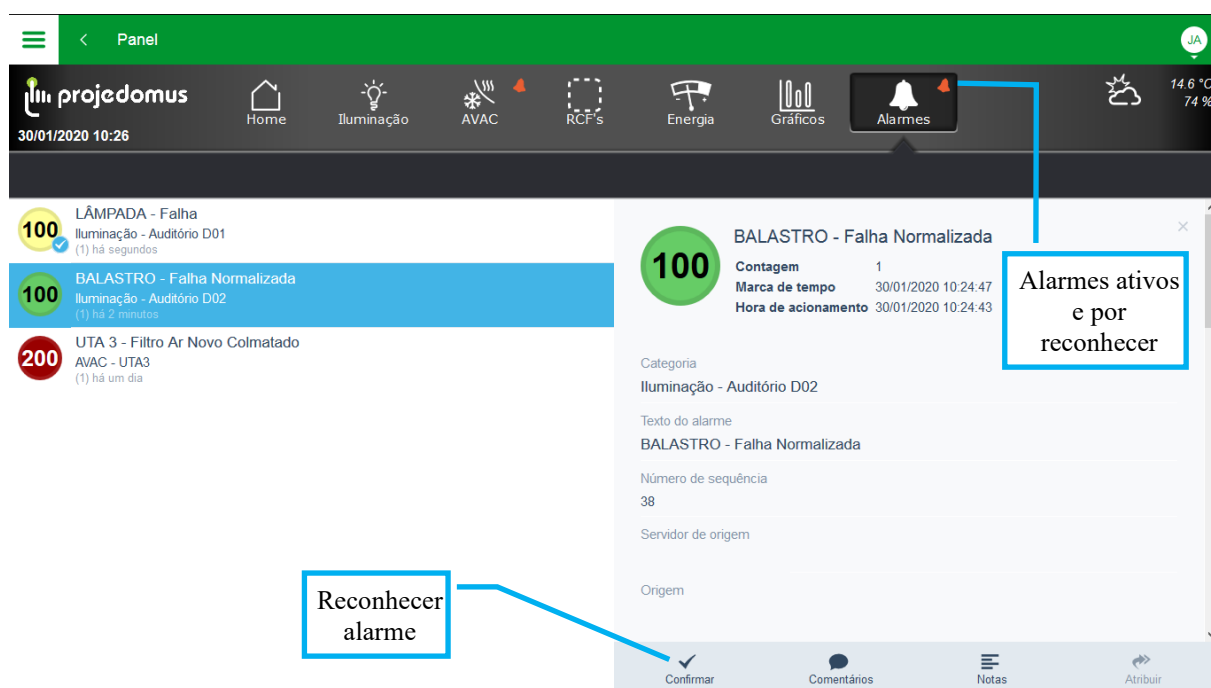


Fig. 115 – Verificação de alarmes técnicos do edifício

5.2.4. Centro escolar

A última obra apresentada neste documento foi realizada num centro escolar, em que o objetivo principal foi efetuar o controlo da iluminação das salas de aula/gabinets através de sistemas de automação em edifícios e elaborar um sistema de chamada de funcionários para as salas de aula/gabinets com controlo centralizado num painel tátil. Na Fig. 116 é apresentado a estrutura de rede do sistema de automação instalado no edifício.

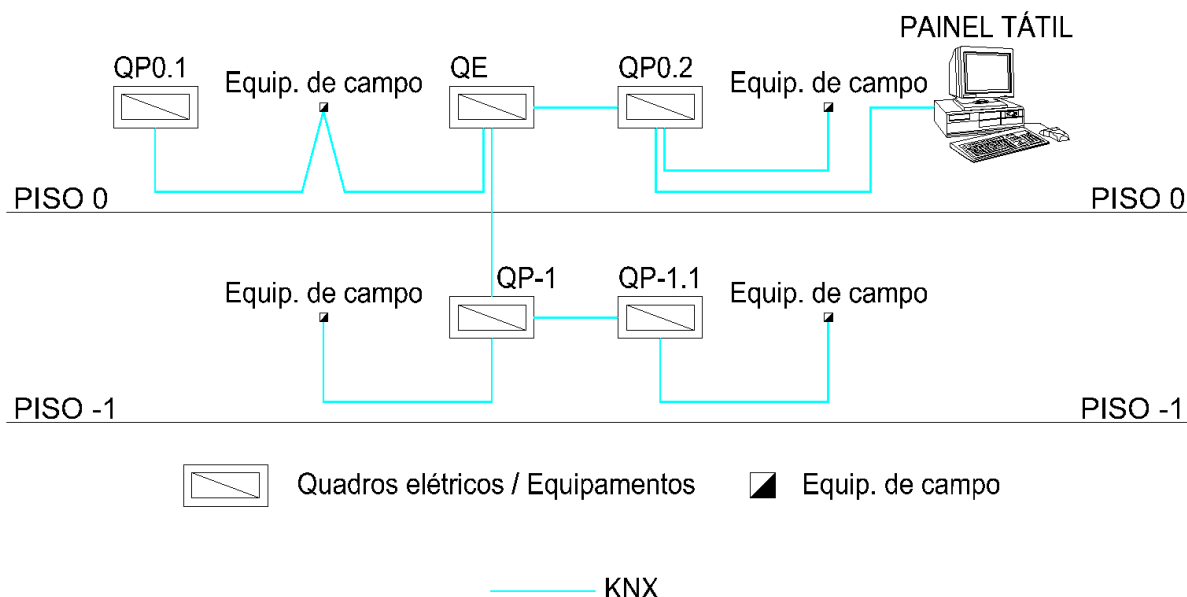


Fig. 116 – Estrutura de rede do sistema de automação do edifício

Foi instalado na portaria do edifício, um painel tátil (Fig. 117), para controlo centralizado da iluminação e monitorização do sistema de chamada de funcionários.

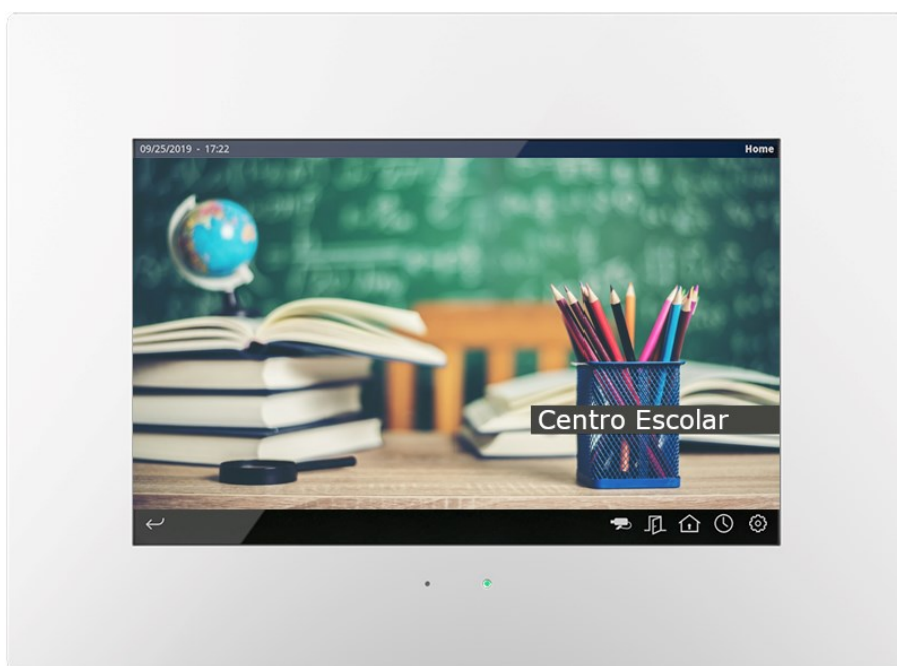


Fig. 117 – Painel tátil 7'' utilizado para controlo centralizado (iddero HC3-KNX) ³⁴

Foi feita a escolha deste equipamento pois foi solicitado pelo cliente um painel tátil que fosse de fácil utilização em que se pudesse efetuar o controlo da iluminação do edifício e que gerenciasse o sistema de chamada de funcionários. Este painel tátil apresenta as características necessárias ao pretendido, aos quais se destacam as seguintes:

- Painel tátil de 7'';
- Integração com o sistema de gestão KNX;

³⁴ Adaptada de: <http://www.iddero.com/en/products/hc3-knx> - Acedido em abril, 2020

- Interface de utilização amigável;
- Horários configuráveis pelo utilizador;
- Monitorização de alarmes com sinal sonoro (utilizado no sistema de chamada de funcionários).

O painel tátil é programado através do *software* iddero-config fornecido pelo próprio fabricante. A programação é efetuada através da criação de menus, com objetos de controlo onde é associado os endereços de grupo KNX a controlar. É também neste *software* que são configurados os alarmes e os horários para que o utilizador os altere conforme as suas necessidades.

Tocando no painel tátil, surge a página principal (Fig. 118) onde é possível aceder a todos os menus de controlo, que são apresentados posteriormente.

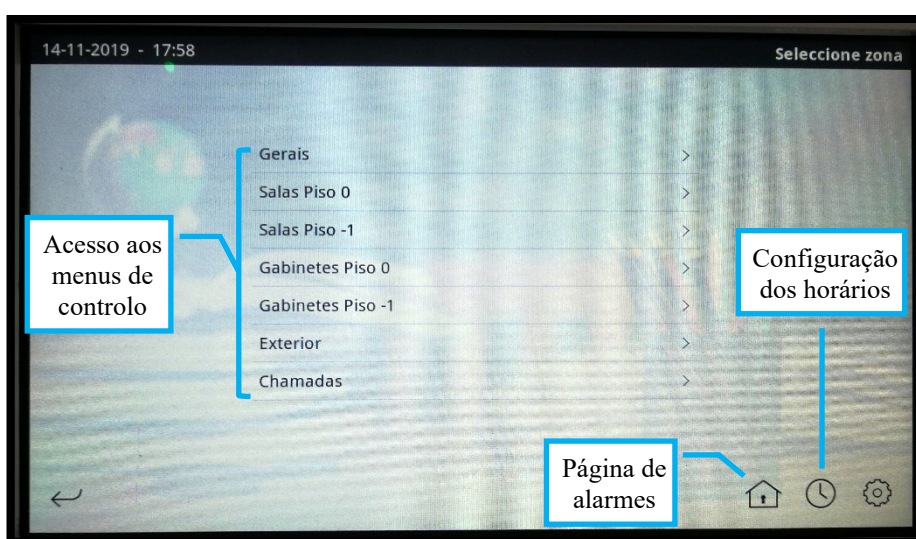


Fig. 118 – Página principal (acesso aos menus)

Neste edifício o controlo de iluminação nas salas de aulas e na iluminação exterior, foi feito recorrendo ao uso de um sistema de automação em edifícios, nomeadamente a dispositivos KNX. Na página Gerais (Fig. 119) é possível desligar toda a iluminação controlada pelo sistema KNX, sendo possível ligar/desligar a iluminação por pisos, e também são disponibilizadas algumas informações do sensor crepuscular instalado no exterior do edifício. Foi criada a função “sair”, que desliga toda a iluminação interior que seja controlada pelo sistema KNX.

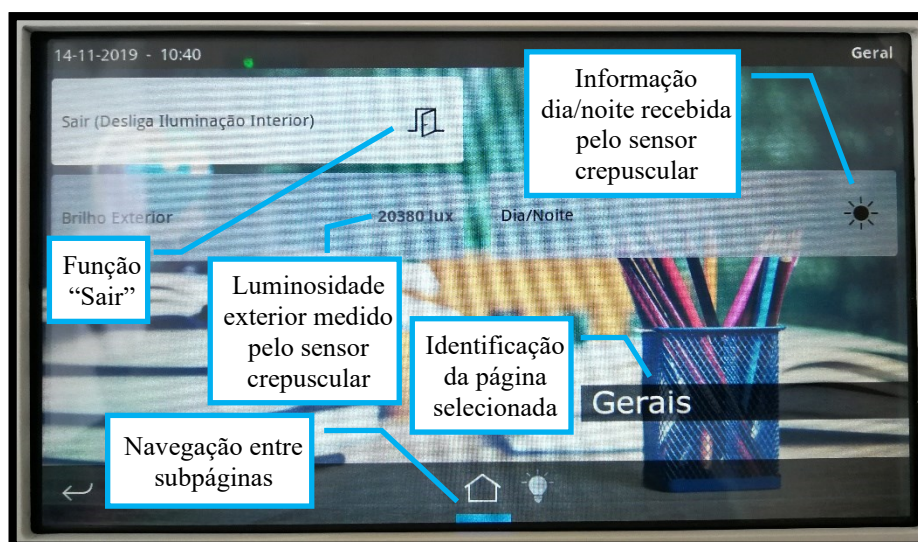


Fig. 119 – Página de controlo Gerais

5.2.4.1. Controlo da iluminação das salas e gabinetes

Junto à entrada de cada sala de aula e gabinete existe um botão de pressão eletrónico quádruplo de MBT (Muito Baixa Tensão) (Fig. 120 a)), com um módulo de embutir em caixa de aparelhagem com 4 entradas e 2 saídas controláveis por KNX (Fig. 120 b)). Com este módulo é possível controlar os dois circuitos de iluminação presentes numa sala de aula e no caso dos gabinetes é possível controlar o único circuito de iluminação existente. Neste botão de pressão eletrónico quádruplo de MBT também é possível efetuar uma chamada de funcionário através do sistema de chamadas implementado no edifício que irá ser explicado posteriormente neste documento.



a)



b)

Fig. 120 – Controlo local da sala de aula: a) Botão de pressão eletrónico quádruplo de MBT de uma sala de aula (Efapel 21164); b) Módulo KNX de 4 entradas e 2 saídas (Zennio inBOX 24 v2) ³⁵

Na Tabela 16 são apresentadas as funções do botão de pressão eletrónico quádruplo de MBT.

³⁵ Obtido de: <https://www.zennio.com/productos/actuadores/inbox-24-v2> - Acedido em abril, 2020

Tabela 16 – Funções das teclas do botão de pressão eletrónico quádruplo de MBT

Funções dos botões

Tecla 1	Ligar/desligar circuito de iluminação 1 (tecla ligada à entrada 1 e o circuito de iluminação à saída 1 do módulo KNX)
Tecla 2	Ligar/desligar circuito de iluminação 2 (tecla ligada à entrada 2 e o circuito de iluminação à saída 2 do módulo KNX)
Tecla 3	Sem função (Reserva)
Tecla 4	Chamada (tecla ligada à entrada 4 do módulo KNX) Toque longo: Efetua chamada de funcionário Toque curto: Anular/reconhecer chamada de funcionário

Na Fig. 121 apresenta-se um pormenor do projeto de execução do sistema de gestão KNX implementado no edifício. Neste pormenor é possível observar as ligações do BUS de comunicação entre os equipamentos KNX, a ligação entre o botão de pressão eletrónico quádruplo de MBT com o módulo KNX de 4 entradas e 2 saídas e as funções das teclas do botão de pressão.

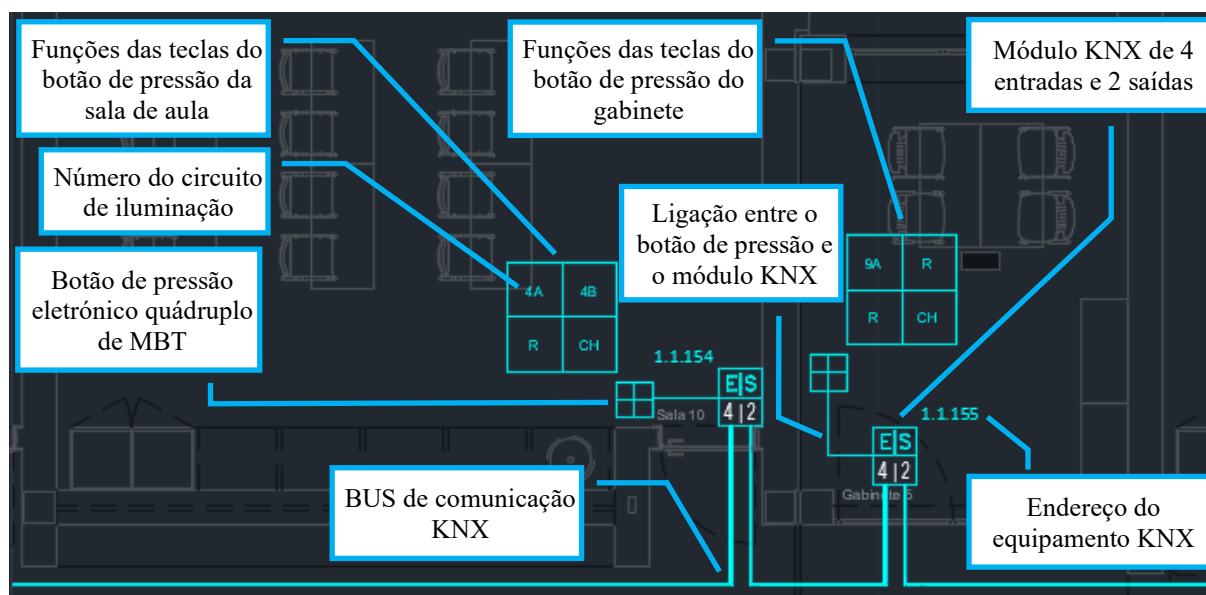


Fig. 121 – Pormenor do projeto de execução do sistema de gestão KNX implementado no edifício

Na Fig. 122 está representado o esquema de ligações do botão de pressão eletrónico quádruplo de MBT ao módulo KNX.

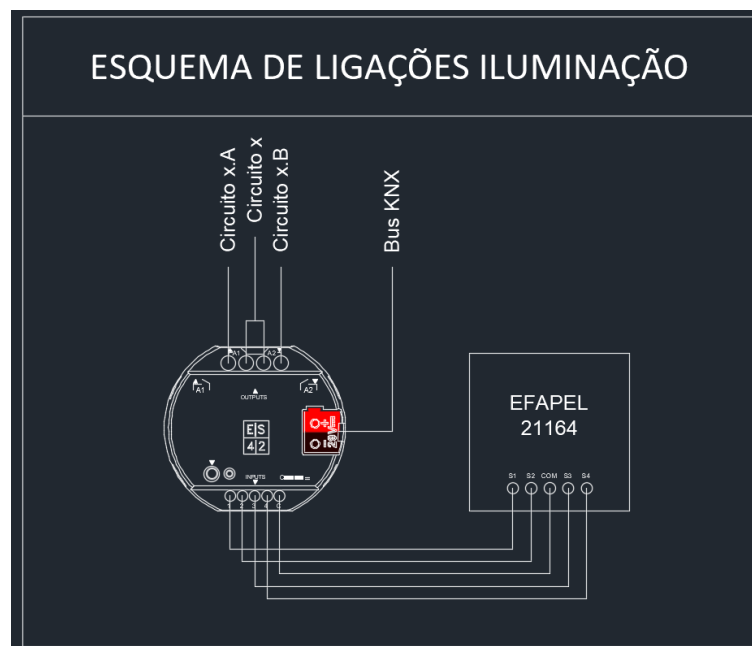


Fig. 122 – Esquema de ligações do botão convencional ao módulo KNX

Na Fig. 123 apresenta-se um pormenor do projeto de execução de iluminação normal implementado no edifício. Neste pormenor é possível observar as ligações das luminárias ao módulo KNX, a identificação dos circuitos de iluminação e a alimentação 230 V proveniente do quadro elétrico.

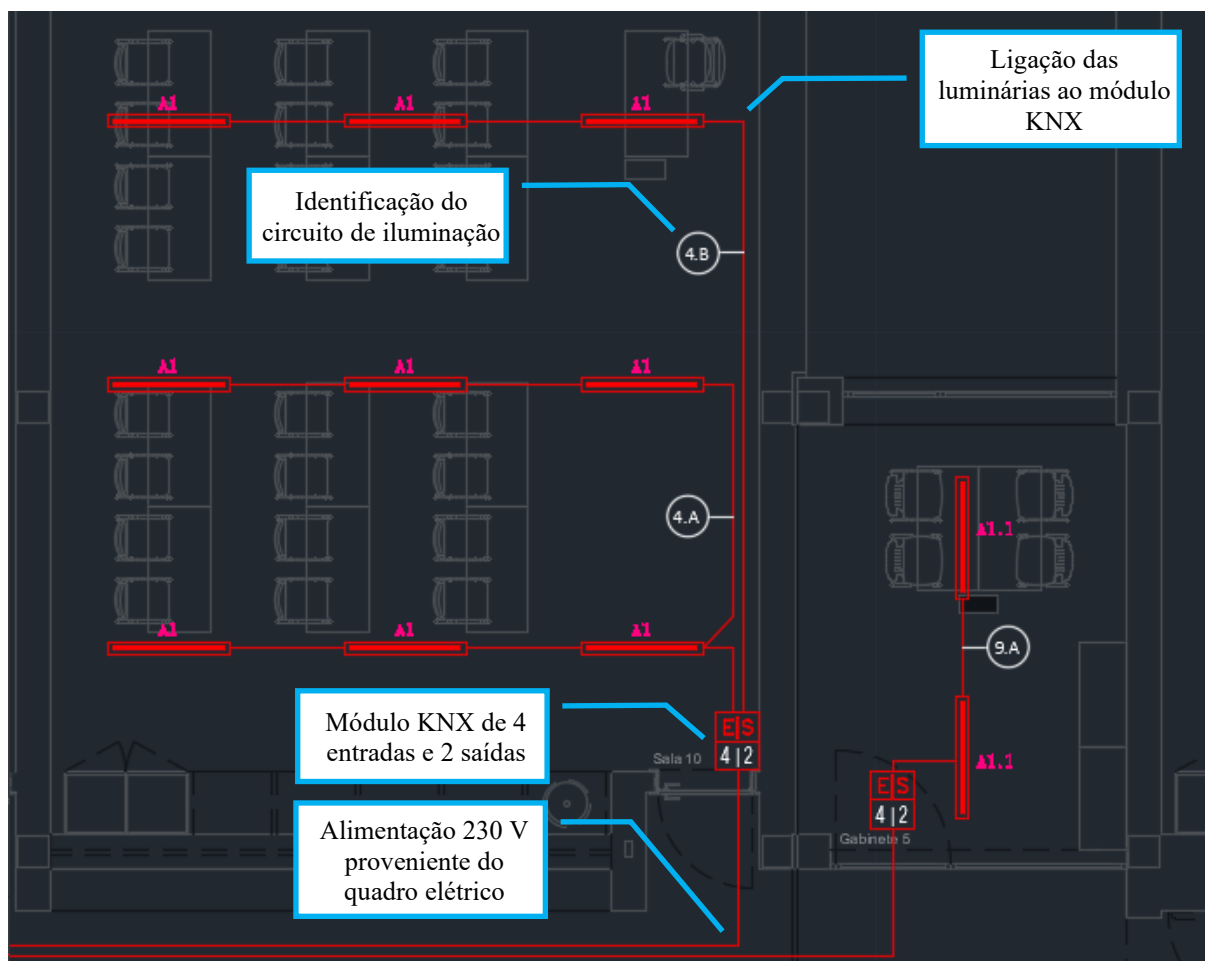


Fig. 123 – Pormenor do projeto de execução de iluminação normal implementado no edifício

Nas páginas Salas Piso 0, Salas Piso -1, Gabinetes Piso 0 e Gabinetes Piso -1 do painel tátil é possível controlar e verificar o estado de todos os circuitos de iluminação por sala/gabinete e verificar a existência de uma chamada ativa em cada sala/gabinete. Na Fig. 124 está representado a página de controlo da sala de aula 6 do piso 0.

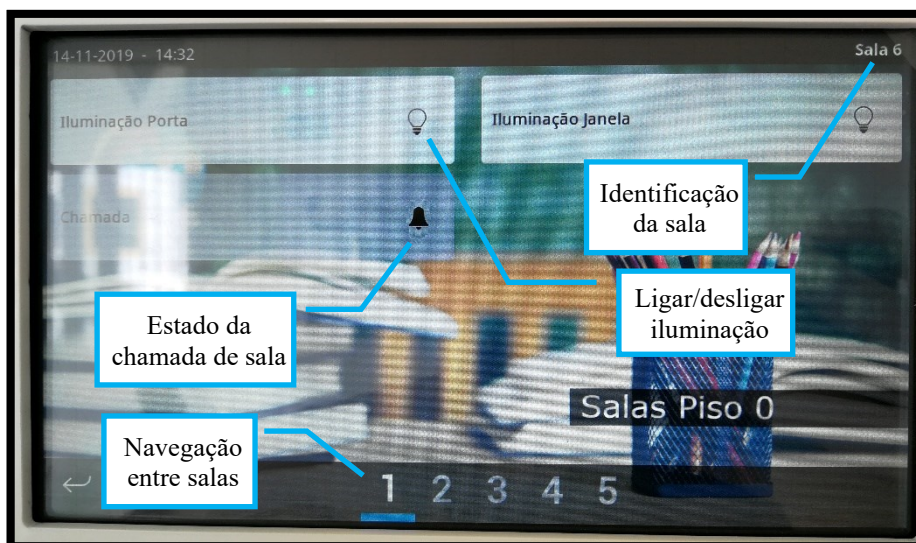


Fig. 124 – Página das salas de piso 0

5.2.4.2. Controlo da iluminação exterior do edifício

Na iluminação exterior foi utilizado um sensor crepuscular, para que a iluminação exterior fosse ligada ao anoitecer, e foram configurados vários horários no painel tátil instalado no edifício para desligar esses circuitos de iluminação a uma determinada hora. Na Fig. 125 está representado o sensor crepuscular KNX utilizado no edifício. Este mede o nível de luminosidade no exterior e quando é atingido determinado nível de luminosidade, este faz atuar os circuitos de iluminação exterior.



Fig. 125 – Sensor crepuscular (elsner KNX L)³⁶

Na página “Exterior” do painel tátil (Fig. 126) é possível controlar e verificar o estado de todos os circuitos de iluminação do exterior. Também é nesta página que se acede às definições do funcionamento do sensor crepuscular.

³⁶ Obtido de: <https://www.elsner-elektronik.de/shop/es/knx-l.html#fancy-zoom-gallery-image-1> - Acedido em abril, 2020



Fig. 126 – Página de iluminação exterior

Na Fig. 127 está representado um dos módulos de saídas que foi utilizado para controlar os circuitos de iluminação exterior.

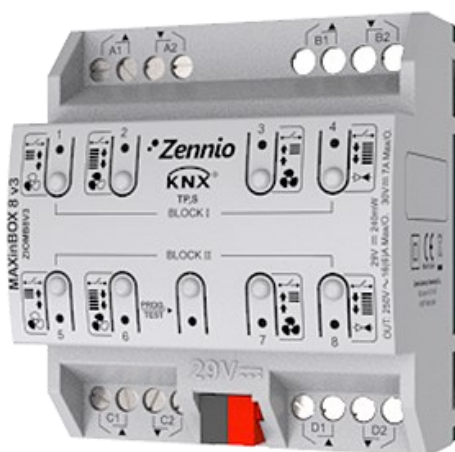


Fig. 127 – Módulo de 8 saídas (Zennio MAXinBOX 8 v3) ³⁷

Foi feita a escolha deste equipamento pois foi solicitado pelo cliente um equipamento que fosse possível controlar os circuitos de iluminação exterior pelo sistema KNX e manualmente no próprio quadro elétrico. Este módulo apresenta as características necessárias ao pretendido, aos quais se destacam as seguintes:

- 8 saídas controladas por relés (16 A máximo por saída a 230 V);
- Controlo das saídas pelo sistema de KNX e manualmente no próprio módulo;
- Indicação luminosa das saídas que estão ativas;
- Em caso de falha na comunicação do sistema KNX, este mantém as saídas no seu último estado sendo possível efetuar o controlo destas manualmente.

Na Fig. 128 está ilustrada a página de configurações do sensor crepuscular no painel tátil. Nesta página é possível desativar a funcionalidade do sensor crepuscular, para ser possível o controlo

³⁷ Obtido de: <https://www.zennio.com/productos/actuadores/maxinbox-8-v3> - Acedido em abril, 2020

apenas no painel tátil ou por horário, definir o nível de luminosidade a que este irá ligar os circuitos de iluminação e verificar um conjunto de informações fornecidas pelo sensor.



Fig. 128 – Definições do funcionamento crepuscular

As configurações para a iluminação exterior são as apresentadas na Tabela 17 e Tabela 18.

Tabela 17 – Configuração do funcionamento crepuscular

Funcionamento crepuscular

Sim	Liga a iluminação exterior quando o nível de luminosidade atingir o ponto de funcionamento definido
Não	O funcionamento crepuscular está desativado

Tabela 18 – Configuração da função de desligar por horário

Função desligar por horário

Sim	Ativa a função de desligar a iluminação exterior por horário
Não	Desativa a função de desligar a iluminação exterior por horário

Na página de Horários no painel tátil (Fig. 129) é possível definir horários para ligar/desligar a iluminação interior e exterior controlada pelo sistema KNX.

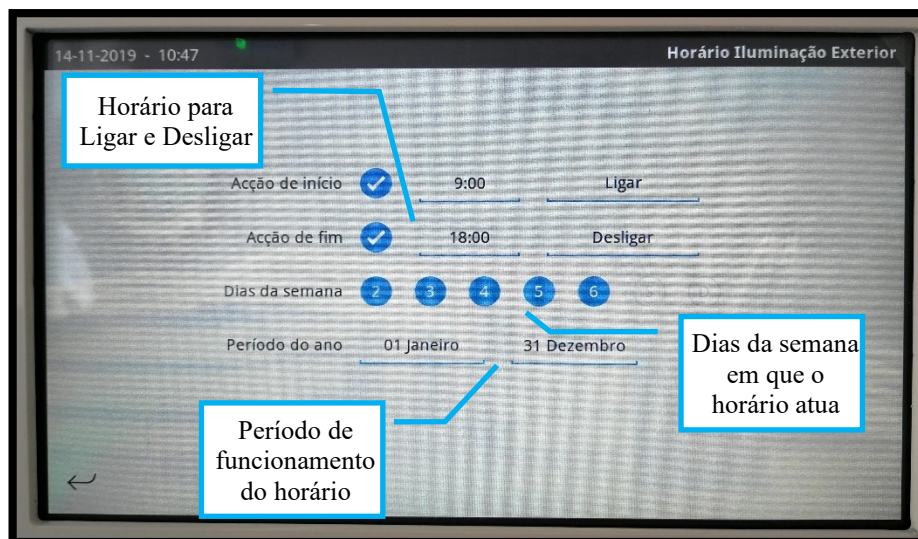


Fig. 129 – Definições dos horários

5.2.4.3. Funcionamento do sistema de chamadas de funcionários

Na página Chamadas do painel tátil (Fig. 130), é possível verificar o estado de todas as chamadas ativas e desativá-las. Esta página foi criada para ser usada no início ou fim do dia, por um responsável que possua o código de acesso específico para esta página, de forma a desativar todas as chamadas ativas.

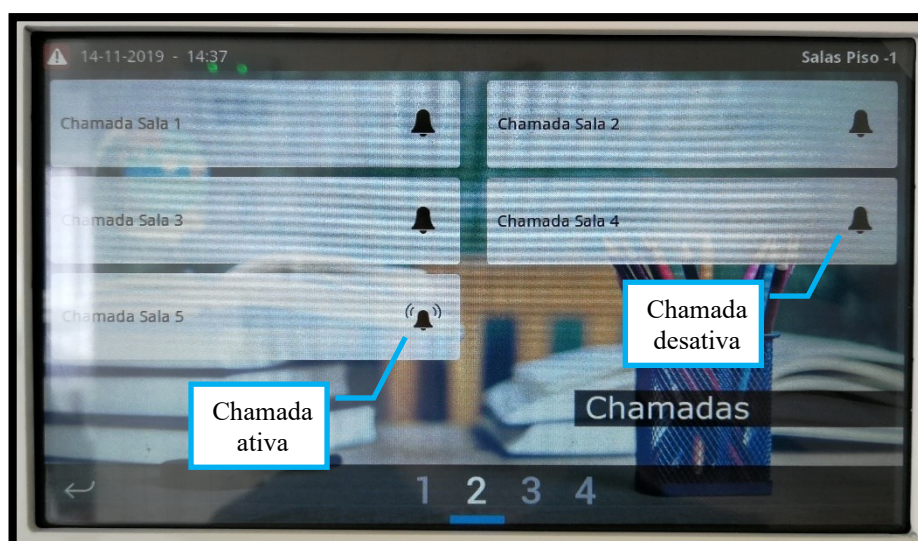


Fig. 130 – Página de chamadas

Para se desativar uma chamada ativa, basta pressionar o botão de chamada que se pretende desativar no painel tátil. Como explicado anteriormente, também é possível desativar uma chamada ativa no botão da respetiva sala/gabinete.

Na página de Alarmes do painel tátil (Fig. 131) é possível consultar todas as chamadas ativas e desativas. Quando existe uma chamada ativa, o painel tátil faz soar um sinal sonoro interno e acende um LED vermelho. Também é ativado um besouro na receção durante 5 segundos.

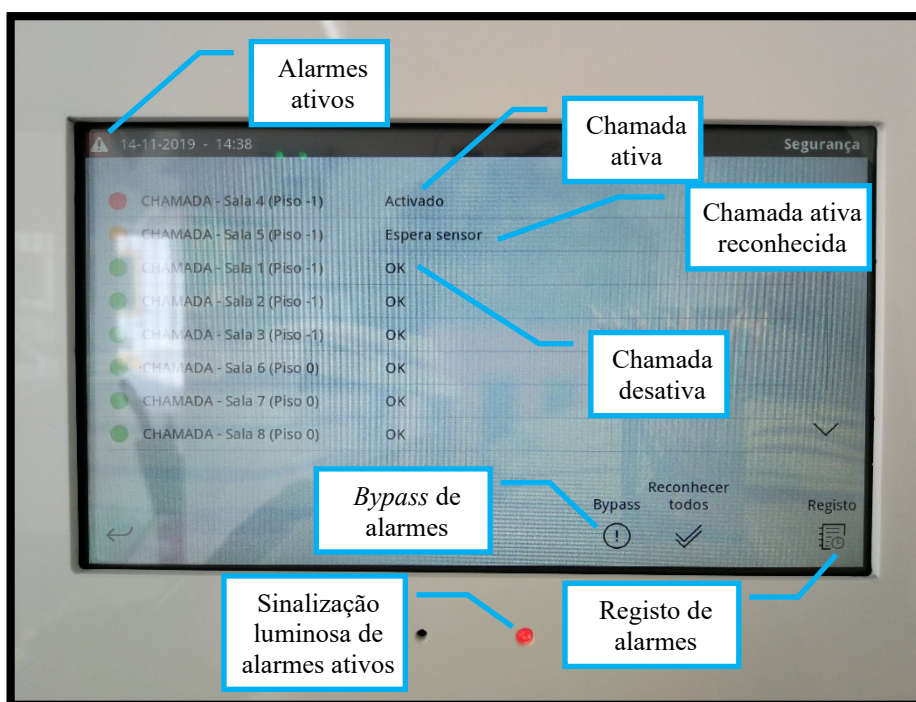


Fig. 131 – Página de alarmes

No próximo capítulo são apresentadas as conclusões relativamente ao trabalho desenvolvido durante o estágio curricular e tema abordado nesta dissertação.

6. CONCLUSÕES

Na realização desta dissertação e no decorrer do estágio curricular desenvolvido na empresa Projedomus é concluído que a gestão técnica de edifícios é um tema importante nos dias de hoje, uma vez que facilita imenso o controlo e monitorização dos edifícios, descomplica procedimentos que antes tinham de ser feitos por várias pessoas e que facilmente eram esquecidos. Esta gestão para além de gerar poupança a longo prazo, contribui para que os edifícios se tornem mais inteligentes e autónomos, o que proporciona uma redução de emissões de poluentes, uma vez que este irá ser controlado de forma inteligente e será monitorizado de forma a detetar facilmente anomalias. Esta monitorização também é benéfica no sentido de aumentar a duração dos equipamentos, uma vez que estes são constantemente monitorizados e emitem alertas quando apresentam problemas, conseguindo-se desta forma proceder à resolução destes, criando um menor impacto para o edifício e tornando o edifício mais imune a falhas. Para o edifício esta gestão permite que este tenha uma maior longevidade e a possibilidade de se manter atualizado mais tempo. Esta longevidade advém do facto que todos os sistemas utilizados na gestão técnica dos edifícios utilizam protocolos abertos e são desenvolvidos por diversos fabricantes mundiais, facilitando desta forma a integração de novos sistemas que sejam necessários implementar. Esta universalidade dos sistemas instalados dedicados à gestão de edifícios permite inclusive no futuro manter parte do sistema enquanto se altera/ajusta o sistema para comportar novas funcionalidade e sistemas de visualização mais recentes com execução de novas versões de software.

REFERÊNCIAS

- Architectural Lighting. (2007). *DALI Basics: A Refresher Course*. 28 março, 2007.
https://www.archlighting.com/products/lighting-controls/dali-basics-a-refresher-course_o
- BACnet International. (2014). *Introduction to BACnet For Building Owners and Engineers*.
- BACnet International. (2018). *BACnet Market Adoption*.
- Carrier Corporation. (2020). BACnet Basics User's Guide. Em 13 maio 2020.
- Conselho Europeu. (2020). *Acordo de Paris sobre as alterações climáticas*.
<https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/climate-change/paris-agreement/>
- Contemporary Control Systems Inc. (2007). *How BACnet® is Changing Building Automation Networking*.
- Digital Illumination Interface Alliance. (2020). *Introducing DALI*.
<https://www.digitalilluminationinterface.org/dali/>
- Domingues, P., Carreira, P., Vieira, R., & Kastner, W. (2016). Building automation systems: Concepts and technology review. Em *Computer Standards & Interfaces* (Vol. 45).
<https://doi.org/10.1016/j.csi.2015.11.005>
- International Organization for Standardization. (2004). *ISO 16484-2 Building automation and control systems (BACS) — Part 2: Hardware*.
- KAPIS, J. O. N., LEWIS, R., & STUDER, C. (2013). Integration: Building automation and fire alarms. Em *Consulting-Specifying Engineer* (Vol. 50, Número 7).
- KNX Association. (sem data-a). *KNX Association KNX System arguments*.
- KNX Association. (sem data-b). *KNX Basics*.
- KNX Association. (sem data-c). *KNX PROJECT PREPARATION*.
- Merz, H., Hansermann, T., & Hübner, C. (2009). *Building Automation: Communication systems with EIB/KNX, LON and BACnet* (2.^a ed.). Springer International Publishing.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-73223-7>
- Modbus Organization. (2006a). MODBUS Application Protocol Specification V1.1b3. Em 26 abril 2012. http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b3.pdf
- Modbus Organization. (2006b). MODBUS Messaging on TCP/IP Implementation Guide V1.0b. Em 24 outubro 2006.
- Modbus Organization. (2006c). MODBUS over serial line specification and implementation guide V1.02. Em 20 dezembro 2006.
- Moore, H. (2006). *Introduction to Fieldbus Introduction to Fieldbus*.
- Motorola. (2002). *Digitally Addressable Lighting Interface (DALI) Unit Using the MC68HC908KX8*. <http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Mc68hc908ap16>
- National Instruments. (2019). *O protocolo Modbus em detalhes*. 17 setembro 2019.
<https://www.ni.com/pt-pt/innovations/white-papers/14/the-modbus-protocol-in-depth.html#section-55787255>
- Pinto, J. F. (2019). *Tecnologias de automação de edifícios para melhoria do conforto e usabilidade de um edifício empresarial*. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.
- República Portuguesa. (2019). *Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050*. 24 setembro 2019, 13:56. <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc21/comunicacao/documento?i=rroteiro-para-a-neutralidade-carbonica-2050->
- Tridonic. (2019). DALI At a glance. Em maio, 2019.