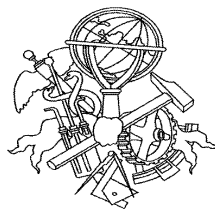


# ESTUDO DE TECNOLOGIAS DOMÓTICAS E A SUA APLICAÇÃO EM PROJECTOS

José Luís Almeida Marques de Faria



Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
Área de Especialização de Sistemas e Planeamento Industrial

Departamento de Engenharia Electrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

2009

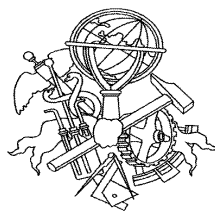


Candidato: José Luís Almeida Marques de Faria, 1030925@isep.ipp.pt

Orientação científica: Mário Alves, MJF@isep.ipp.pt

Supervisão: Domingos Santos, DSS@isep.ipp.pt

Intelbus, Soluções para Edifícios Lda.



Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
Área de Especialização de Sistemas e Planeamento Industrial

Departamento de Engenharia Electrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

11 de Dezembro de 2009



## *Agradecimentos*

“Simplicidade é a última sofisticação”. (*Leonardo Da Vinci*)

Infelizmente, esta página não é o suficiente para referir e agradecer a todas as pessoas dignas do meu reconhecimento que, conscientemente ou não, ofereceram preciosa ajuda na realização da dissertação. Contudo, certas pessoas merecem manifestamente o meu público agradecimento.

Primeiro de tudo, eu gostaria de expressar a minha gratidão a:

- Mário Alves, que, na qualidade de orientador, aceitou colaborar nesta dissertação, proposta pelo autor, supervisionando-a, revelando sistemática paciência e disponibilidade, positiva intransigência no estabelecimento de prazos a serem cumpridos e dando inestimáveis conselhos. Também porque acreditou constantemente nas minhas capacidades;
- Domingos Santos, que, na qualidade de co-orientador, me apoiou e deu o seu contributo teórico, cedeu equipamentos e facultou liberdade horária profissional, tão essenciais à concretização desta dissertação.

Gostaria também de agradecer aos meus pais, irmão e à Fátima o amor e apoio constantes e o incentivo ao permanente aperfeiçoamento pessoal. À minha família, em especial ao tio Rui e à tia Graça, também merecem uma palavra especial pelo seu apoio: Obrigado!

Quero deixar uma palavra de agradecimento ao meu colega André Barros, pelas inúmeras noites que tornou essa dissertação mais divertida, agradável e estimulante.

A todos os meus amigos e amigas que, directamente ou não, contribuíram para a formalização desse árduo projecto.

Por fim, quero agradecer ao Instituto Superior de Engenharia do Porto, a oferta de condições físicas e humanas que possibilitaram a realização do curso e a concretização de um sonho.



## *Resumo*

Actualmente a área da domótica (automação de casas e edifícios) encontra-se em franca expansão, com principal relevância nos países mais desenvolvidos, com um crescimento de mercado de mais de 10% ao ano.

Existem inúmeras razões para a crescente implantação da domótica em edifícios, entre as quais a maior eficiência energética, o aumento da segurança e a redução do custo de aquisição das tecnologias. No que diz respeito às habitações particulares, acrescenta-se essencialmente o aumento do conforto devido ao grau de automação trazido pela domótica.

Apesar da domótica não ser uma área científico-tecnológica recente, a rápida evolução das tecnologias associadas, nomeadamente a nível das redes de comunicação com e sem fios, foi uma das razões fundamentais para a elaboração desta Tese. Acresce o facto de o candidato estar actualmente envolvido profissionalmente na área, pelo qual esta Tese assume uma particular importância.

Realizou-se um estudo comparativo das tecnologias de domótica mais relevantes, escolhidas quer pelas suas características técnicas quer pela sua implantação de mercado e potencial futuro - KNX/EIB, LonWorks, HomePlug, ZigBee e Z-Wave. Destas, comprovou-se que as duas primeiras são aquelas que, actualmente, têm maior adequabilidade para serem aplicadas em projectos de domótica.

Foi por isso efectuado um estudo mais elaborado das tecnologias LonWorks e KNX/EIB, incluindo a forma prática de instalação/programação, a elaboração de dois demonstradores e de dois projectos (de acordo com um caderno de encargos real), usando as duas tecnologias.

Concluiu-se que a tecnologia LonWorks apresenta vantagens no que respeita à escalabilidade (dimensão) dos sistemas. Em termos futuros, prevê-se a necessidade da interoperabilidade entre os nós/redes cablados (tradicionais) com nós/redes sem fio, seguindo a tendência para os ambientes inteligentes (“ambient intelligence/assisted living”, “smart spaces”, “ubiquitous computing”).

### ***Palavras-Chave***

Domótica, automação de edifícios, LonWorks, KNX/EIB, redes e protocolos de comunicação



## *Abstract*

Nowadays, the Domotics area (residence and building automation) is in large expansion, mainly in the most developed countries, with a market growth of over 10% a year.

There are several reasons to justify the growing of the use of domotics in buildings, such as the improvement of energy's efficiency, the increase of safety and the decrease of technology's costs. Concerning family homes, we may add to these aspects the augment of confort, due to the automation's level achieved with domotics.

Although domotics is not a recent scientific-technological area, the fast evolution of conjoint technologies, such as wire or wireless communication nets, was one of the main reasons for the elaboration of this thesis. The fact that the candidate is at the present time professionally connected to the area is also a reason for this dissertation's subject, which grants it a major relevance.

One focus was a comparative research of the most important domotics technologies, chosen according to their technical characteristics and their implementation on present and future's market – KNX/EIB, Lonworks, HomePlug, ZigBee and Z-Wave. Among these, the first two are the ones that proved themselves to be more suitable for domotics project application.

This is why a deeply elaborated research was made, focusing on Lonworks and KNX/EIB technologies, including the practicability of installation and programming, the built of two demonstrators and two projects (in compliance with a real working order), using both technologies.

We came to the conclusion that Lonworks's technology grants more advantages concerning the range and dimension of the systems. In the future, we can predict the need of interaction and operability between us/cabled nets (common) and us/wireless nets, which leads to the “ambient intelligence/assisted living”, the “smart places”, or “ubiquitous computing”.

### ***Key Words***

Domotics, building automation, Lonworks, KNX/EIB, nets and communication protocols



# Índice

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>I</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>III</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>ACRÓNIMOS.....</b>	<b>XIV</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1. ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO .....	1
1.2. OBJECTIVOS .....	2
1.3. METODOLOGIA E ESTRUTURA DA TESE.....	2
<b>2. ESTADO DA TECNOLOGIA EM DOMÓTICA.....</b>	<b>5</b>
2.1. KNX/EIB.....	5
2.2. LONWORKS .....	11
2.3. HOMEPLUG.....	17
2.4. ZIGBEE .....	22
2.5. Z-WAVE.....	27
2.6. CONCLUSÃO.....	31
<b>3. ANÁLISE PRÁTICA DE LONWORKS E KNX/EIB.....</b>	<b>33</b>
3.1. LONWORKS .....	33
3.2. KNX/EIB.....	47
3.3. CONCLUSÕES .....	56
<b>4. CADERNO DE ENCARGOS DO PROJECTO.....</b>	<b>57</b>
4.1. CADERNO DE ENCARGOS .....	57
4.2. ETAPAS A SEGUIR .....	61
<b>5. PROJECTO – LONWORKS.....</b>	<b>65</b>
5.1. ELABORAÇÃO DO PROJECTO.....	65
5.2. TOPOLOGIA DE REDE A OPTAR E COMO IMPLEMENTAR.....	69
5.3. ANÁLISE E ELABORAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO TÉCNICA.....	72
5.4. ANÁLISE FINANCEIRA E DA ENGENHARIA.....	72
<b>6. PROJECTO – KNX/EIB .....</b>	<b>77</b>

6.1.	ELABORAÇÃO DO PROJECTO .....	77
6.2.	TOPOLOGIA DE REDE A OPTAR E COMO IMPLEMENTAR .....	81
6.3.	ANÁLISE E ELABORAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO TÉCNICA .....	84
6.4.	ANÁLISE FINANCEIRA E DA ENGENHARIA .....	84
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÃO GERAL.....</b>	<b>89</b>
	<b>REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS .....</b>	<b>93</b>

## Índice de Figuras

Figura 1	Topologia lógica do EIB/KNX [37] .....	8
Figura 2	Estrutura OSI, em camadas do protocolo KNX/EIB [37]. .....	9
Figura 3	Estrutura de uma frame KNX/EIB [39]. .....	10
Figura 4	Diferentes topologias de rede [10]. .....	13
Figura 5	Pacote típico EIA-709.1 [13]. .....	16
Figura 6	Exemplo de um profile LonWorks – switch [42] .....	17
Figura 7	Frame Longa do HomePlug [31] .....	21
Figura 8	Frame Curta Longa do HomePlug [31]. .....	21
Figura 9	Tipos de topologias de rede para ZigBee [86]. .....	24
Figura 10	Estrutura OSI de IEEE campo aplicacional: 802.15.4 [84]. .....	25
Figura 11	Frame Longa do ZigBee [86] .....	26
Figura 12	Frame longa do ZWave .....	30
Figura 13	Exemplo com vários SNVT's diferentes [44]. .....	34
Figura 14	Outro exemplo da interacção entre dispositivos graças à camada 6. [44] .....	34
Figura 15	Exemplo de um objecto [42]. .....	35
Figura 16	Adição do nó de botões (ref: 131 03 048) .....	37
Figura 17	Aquisição do endereço Neuron ID .....	38
Figura 18	Configuração do botão a utilizar. ....	38
Figura 19	Configuração do LED de estado. ....	39
Figura 20	Plugin do AC101 RLF .....	39
Figura 21	Configuração da variável SNVT de entrada .....	40
Figura 22	Configuração da variável SNVT de saída. ....	41
Figura 23	Ligação das diferentes variáveis SNVT. ....	41
Figura 24	Passagem das configurações para os dispositivos. ....	42
Figura 25	Imagem final da demonstração LonWorks, depois de finalizada toda a integração e programação .....	44
Figura 26	Imagem da primeira página do servidor remoto iLon 100 e3 .....	45
Figura 27	Imagem da segunda página do servidor remoto iLon 100 e3 .....	45
Figura 28	Esquemático da instalação LonWorks, utilizado na demonstração. ....	46
Figura 29	Introdução dos dispositivos .....	48
Figura 30	Criação dos endereços de grupo e realização das configurações do dispositivo de botões. 49	
Figura 31	Configurações necessárias para os dois primeiros botões. ....	49
Figura 32	Configurações necessárias para o primeiro <i>output</i> do módulo de iluminação. ....	50

Figura 33	Atribuição dos endereços de grupo ao objecto. ....	50
Figura 34	Atribuição dos endereços de grupo aos objectos de comunicação. ....	51
Figura 35	<i>Download</i> dos dispositivos. ....	51
Figura 36	Imagem final da demonstração KNX/EIB, depois de finalizada toda a integração e programação. ....	53
Figura 37	Imagem da primeira página do servidor remoto EibPort 2. ....	54
Figura 38	Imagem da segunda página do servidor remoto EibPort 2. ....	54
Figura 39	Esquemático da instalação KNX/EIB, utilizado na demonstração. ....	55
Figura 40	Ala do Hospital Distrital de Chaves em estudo. ....	58
Figura 41	Rede LonWorks aplicada na Ala do Hospital Distrital de Chaves. ....	70
Figura 42	Rede DALI aplicada na Ala do Hospital Distrital de Chaves [6]. ....	71
Figura 43	Esquema da rede mista (LonWorks, BACnet e TCP/IP), da ala do hospital em estudo. ....	75
Figura 44	Rede KNX/EIB aplicada na Ala do Hospital Distrital de Chaves. ....	82
Figura 45	Rede DALI aplicada na Ala do Hospital Distrital de Chaves. ....	83
Figura 46	Esquema da rede mista (KNX/EIB, LonWorks e TCP/IP), da ala do hospital em estudo. ....	87

## *Índice de Tabelas*

Tabela 1	Comparativo entre as diferentes tecnologias.....	31
Tabela 2	Orçamento da demonstração para LonWorks.....	43
Tabela 3	Orçamento da demonstração para KNX/EIB.....	52
Tabela 4	Classificação dos sistemas em função do nível de integração.....	63
Tabela 5	Orçamento detalhado para LonWorks.....	68
Tabela 6	Número máximo de pacotes em função do tipo de canal.....	69
Gráfico 1	Ilustra a eficiência energética de que LonWorks é capaz, por categoria.....	73
Tabela 7	Características de cada categoria, em termos de automação.....	73
Tabela 8	Cálculo do retorno financeiro, através da eficiência energética.....	73
Tabela 9	Orçamento detalhado para KNX/EIB.....	80
Gráfico 2	Eficiência energética, por categoria, para KNX/EIB.....	85
Tabela 10	Características de cada categoria, em termos de automação.....	85
Tabela 11	Valores bases para realizar o espaço temporal necessário para o retorno financeiro...	85



## *Índice de Gráficos*

Tabela 1	Comparativo entre as diferentes tecnologias.....	31
Tabela 2	Orçamento da demonstração para LonWorks.....	43
Tabela 3	Orçamento da demonstração para KNX/EIB.....	52
Tabela 4	Classificação dos sistemas em função do nível de integração.....	63
Tabela 5	Orçamento detalhado para LonWorks.....	68
Tabela 6	Número máximo de pacotes em função do tipo de canal.....	69
Gráfico 1	Ilustra a eficiência energética de que LonWorks é capaz, por categoria.....	73
Tabela 7	Características de cada categoria, em termos de automação.....	73
Tabela 8	Cálculo do retorno financeiro, através da eficiência energética.....	73
Tabela 9	Orçamento detalhado para KNX/EIB.....	80
Gráfico 2	Eficiência energética, por categoria, para KNX/EIB.....	85
Tabela 10	Características de cada categoria, em termos de automação.....	85
Tabela 11	Valores bases para realizar o espaço temporal necessário para o retorno financeiro... ..	85

# Acrónimos

ACK	– Acknowledgement
AES	– Advanced Encryption Standard
APCI	– Application Layer Protocol Control Information
APS	– Application Support Sublayer
ARIB	– Association of Radio Industries and Businesses
ARQ	– Automatic Repeat reQuest
BCU	– Bus Coupling Unit
BPL	– Broadband over Power Lines
CENELEC	– Comité Europeu de Normalização Electrotécnica
CENELEC A	– Standard EN 50065 de classe A (para utilitários)
CENELEC B	– Standard EN 50065 de classe B (para uso geral, por exemplo, utilizadores)
CER	– Communication Error Rate
CRC	– Cyclic Redundancy Check
CSMA/CA	– Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
CSMA/CD	– Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
DALI	– Digital Addressable Lighting Interface
DCSK	– Differential Code Shift Keying
ECC	– Error Correction Code
ED	– End Device
EHS	– European Home System
EIB	– European Intelligent Bus
EoF	– End of Frame
EoF	– End of Frame
ETS	– Engineering Tool Software
FCC	– Federal Communications Commission
FCS	– Frame Check Sequence

FTT	– Free Topology Transceiver
GFSK	– Gaussian Frequency-Shift Keying
HDTV	– High Definition Television
HPCC	– HomePlug Command & Control
HVAC	– Heating Ventilating Air Conditioning
I/O	– Input/Output
ID	– Identified Device
IEEE	– Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISO/IEC	– International Organization for Standardization / International Electrotechnical
LNS	– LonWorks Network Services
LPT	– Link Power Transceiver
LR-WPAN	– Low Rate – Wireless Personal Area Network
MDU	– MultiDwelling Units
MTU	– MultiTenant Units
NACK	– Negative Acknowledgement
NPCI	– Network Protocol Control Information
OFDM	– Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OS	– Operating System
PLC	– Power Line Communication
RF	– Radio frequency
SCADA	– Supervisory Control And Data Acquisition
SCPT	– Standard Configuration Parameter Types
SNVT	– Standard Network Variable Types
SoF	– Start of Frame
TCP/IP	– Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TP - UART	– Twisted Pair - Universal Asynchronous Receive Transmit
VoIP	– Voice over Internet Protocol
WLAN	– Wireless Local Area Network
WPAN	– Wireless Personal Area Network
ZDO	– ZigBee Device Object



# 1. INTRODUÇÃO

Este Capítulo faz o enquadramento da dissertação, apresentando a motivação, objectivos e estrutura da mesma.

## 1.1. ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO

As tecnologias de domótica (também conhecida como “automação de edifícios”) existem já há algumas décadas. Contudo, essas tecnologias sempre estiveram associadas a habitações particulares de alto nível ou a edifícios e instalações fabris de grandes empresas.

Mas a partir do momento em que ocorreu a actual crise energética (início do séc. XXI), em que o aumento da procura dos combustíveis fósseis não acompanhava a oferta, a domótica ganhou mais relevância, pelas vantagens que apresenta a nível de poupança energética e de gestão. Por isso mesmo, tornou-se mais rentável implementá-la nos edifícios actuais, construídos de raiz ou requalificados.

As vantagens que a domótica apresenta serviram como reforço motivador da elaboração da dissertação:

- Edifícios/empresas: eficiência energética, segurança, etc;
- Habitações particulares: conforto, segurança e incremento do valor das habitações, devido ao luxo e ostentação que exibem.

A inexistência de estudos independentes e imparciais sobre a análise de diferentes tecnologias de domótica, que aponte as vantagens e desvantagens de cada uma delas, quer

a nível teórico, quer a nível prático, constituiu também uma razão para realizar este trabalho.

## **1.2. OBJECTIVOS**

Os objectivos propostos para a dissertação foram:

- Analisar e comparar as diferentes tecnologias actuais e emergentes na área da domótica, quer do ponto de vista técnico, quer do ponto de vista de disponibilidade comercial e maturidade;
- Desenvolver um projecto real usando a tecnologia mais promissora.

## **1.3. METODOLOGIA E ESTRUTURA DA TESE**

Para a elaboração desta dissertação foi necessário adoptar uma estrutura que possibilitasse fornecer um estudo teórico-prático, transversal e equilibrado, das diferentes tecnologias domóticas.

Inicialmente, realizou-se um estudo teórico das 5 tecnologias domóticas mais relevantes, de uma forma transversal e resumida, dando origem a um primeiro resultado, em que se indica a tecnologia mais promissora (Capítulo 2).

Em função dos resultados obtidos anteriormente, realizou-se, no Capítulo 3, uma análise mais prática (métodos de programação) das tecnologias escolhidas, apresentando um exemplo de programação e de seguida o seu demonstrador (oferece maior sensibilidade real do seu funcionamento).

Depois da demonstração, afigurou-se necessário estudar um projecto real, para o qual se elaborou o respectivo caderno de encargos (Capítulo 4).

Nos Capítulos 5 e 6, com base no caderno de encargos, realizou-se a integração das tecnologias LonWorks e KNX/EIB.

Por fim, são tecidas as conclusões e considerações finais da dissertação (capítulo 7).

Essa tese foi elaborada sob o ponto de vista de integrador. Por outras palavras, toda a análise teórico-prática que é demonstrada ao longo da tese consiste em implementar

soluções de domótica com produtos existentes no mercado, sem nunca entrar no patamar de desenvolvimento de novos produtos/conceitos de domótica (perspectiva de engenharia).

Por outro lado não se abordou as duas áreas totalmente distintas, por ser praticamente inconcebível num mesmo trabalho abordá-las, de forma consistente.



## 2. ESTADO DA TECNOLOGIA EM DOMÓTICA

Nesse capítulo iremos analisar 5 tecnologias domóticas existentes no mercado (KNX/EIB, LonWorks, HomePlug, Z-Wave e ZigBee). Apesar de existirem inúmeras tecnologias domóticas (X10, Cardio, EnOcean, etc), estas tecnologias foram as escolhidas, por serem as mais promissoras, quer presentemente, quer futuramente.

### 2.1. KNX/EIB

A tecnologia KNX/EIB ou ISO/IEC 14543 (International Organization for Standardization / International Electrotechnical), desenvolvida na Europa pela associação Konnex, tem como principal mercado a habitação particular e pequenos/médios edifícios. Actualmente é representada por mais de 300 fabricantes [5][38].

#### 2.1.1. SEGURANÇA A NÍVEL DE INTRUSÃO

Não se encontra integrado um mecanismo de autenticação na tecnologia KNX/EIB. Esse facto é realçado pelos investigadores da Universidade Técnica de Munique (*Technical University of Munich* – TUM), envolvidos num projecto de investigação chamado “Telehaus”, em que se salientou a ausência geral de segurança. Por outras palavras, nas

instalações KNX/EIB são extremamente fáceis de realizar escutas e alteração dos telegramas da rede, por parte de um potencial invasor (esse tipo de invasor, têm que ser especializados na tecnologias KNX/EIB, sendo as instalações imunes à maioria dos utilizadores comuns) [81][38][58].

Por outro lado, todos os meios de transmissão/comunicação do protocolo KNX/EIB (TP - *Twisted Pair*, PL – *Power Line* e por RF – *Radio Frequency*) apresentam falhas de segurança, sendo mais grave a falha de segurança em RF, dado que não requer que o intruso esteja nas instalações, onde se encontra presente a rede KNX/EIB [37] [81].

### 2.1.2. ANÁLISE DAS CAMADAS

A capacidade limitada de memória do microcontrolador, obrigou a que a programação ou elaboração do protocolo de comunicação fosse extremamente leve, sendo este mais simples, do que os outros protocolos de domótica. Por isso, o protocolo KNX/EIB usa apenas 5 das 7 camadas do modelo ISO. As duas camadas que não estão presentes são a camada de sessão e de apresentação [38][37][39].

#### **Camada 1 – Camada Física**

Esta camada é responsável pela interface entre o Bus EIB (European Intelligent Buildings) e o dispositivo KNX/EIB.

As principais características que apresentam são [37][39]:

- Par trançado: o meio é o duplo par J-Y(St)Y 2x2x0,8, cuja velocidade de transmissão atinge os 9,6 kbits/s (meio de transmissão mais utilizado);
- Para RF (Radio Frequency) existem várias frequências de trabalho: 2.4 GHz (16 canais de funcionamento) e 868 MHz a 870 MHz (um canal);
- Taxas de transmissão: 250 kbits/s e 20 kbits/s;
- Existe também para power line (PL), em que ao utilizar a rede eléctrica 230/400 V opera em frequências de funcionamento de 105,6 kHz e 115,2 kHz, sendo 1200 bits/s a taxa máxima de transferência;

- Topologias de rede: qualquer tipo de topologia, desde que não seja circuito fechado;
- Endereçamento MAC: MAC de 16 bits e estendido (64 bits);
- Tipos de acesso aos canais: CSMA-CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance);
- O consumo médio de cada dispositivo KNX/EIB ronda nos 240mW.

Relativamente às topologias de rede, a tecnologia KNX/EIB permite qualquer tipo de topologia, desde que não exista circuito fechado entre dois segmentos ou com a própria rede [37] [38].

A nível da topologia lógica (método de organização dos dispositivos numa rede KNX/EIB, tanto a nível físico e tanto a nível de programação), é realizada da seguinte forma (ver Figura 1):

- Área (máx: 15);
- Linha (máx: 15 por área);
- Dispositivo (por linha suporta 64 dispositivos, podendo ir até 256, com o recurso a acopladores de linha ou acopladores/routers TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol).

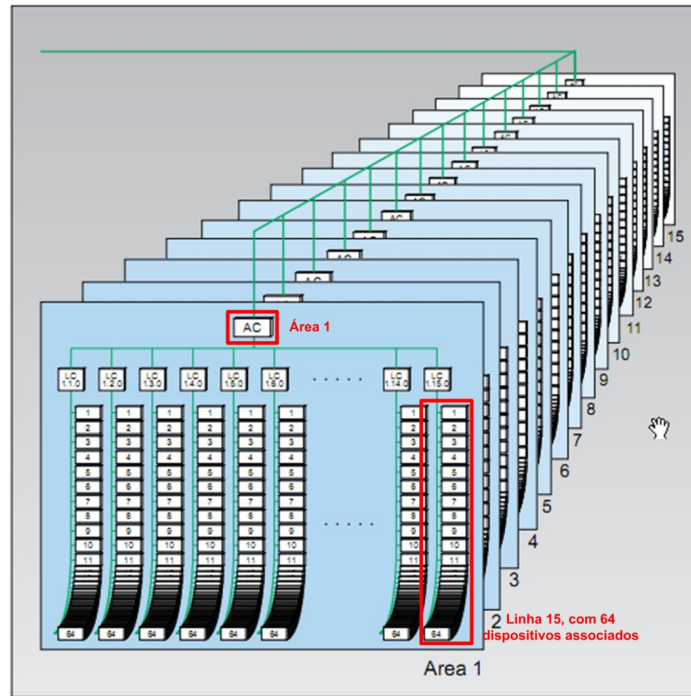


Figura 1 Topologia lógica do EIB/KNX [37]

### Camada 2 – Camada DLL

A camada 2 efectua a interligação entre o TP-UART (Twisted Pair - Universal Asynchronous Receive Transmit, sendo mais conhecido por *Transceiver*) e o KNX LI (módulo do *firmware*), tendo como tarefa prioritária executar as tarefas em tempo real [37].

Essa camada inclui as tramas de controlo de informação no telegrama que se deseja enviar para o bus. Depois de ser elaborado o telegrama final, é enviado para o TP-UART, ficando alocado na memória RAM. A partir do momento em que o bus se encontra livre, esse telegrama é enviado [37].

Se caso receber correctamente todo o seu conteúdo, envia um *acknowledge* (ACK), processando e descodificando a sua mensagem. Caso contrário, envia um *negative acknowledgement* (NACK) [37][38].

### Camada 3 – Camada de rede

Esta camada verifica o endereço físico de destino do telegrama (no caso de recepção de uma mensagem), o tipo de endereço e verifica qual o tipo de código de serviço (por exemplo, o código de serviço de um *switch* é diferente de um *dimming*) [37].

## Camada 4 – Camada de Transporte

O facto mais importante da camada de transporte é realizar uma comunicação orientada à conexão, vocacionada à gestão da rede. Esta funcionalidade está implementada de acordo com o *standard* KNX/EIB [37].

## Camada 7 – Camada de Aplicação

Esta camada gere e diagnostica constantemente a comunicação em grupo (com outros dispositivos), durante o funcionamento normal do dispositivo [38][37].

Aos *data points* presentes nessa camada, dá-se o nome de objectos de comunicação. Por exemplo, representa o valor de um sensor, estado de um *switch*, etc.

É utilizada a comunicação *broadcast* para ser atribuído um endereço físico único a cada dispositivo KNX/EIB. Para aceder a qualquer informação alojada na memória do dispositivo, essa camada controla e monitoriza a memória RAM do dispositivo KNX/EIB.

Por fim, é graças a essa camada que é possível realizar a programação e parametrização de um ou vários dispositivos KNX/EIB, com a ferramenta ETS (Engineering Tool Software), que se executa num PC [37].

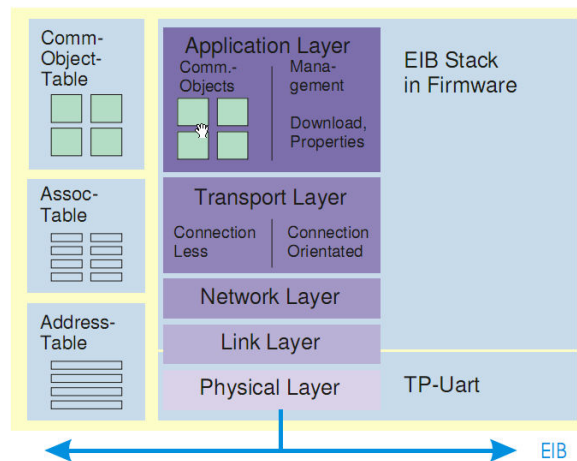


Figura 2 Estrutura OSI, em camadas do protocolo KNX/EIB [37].

### 2.1.3. ESTRUTURA DA MENSAGEM

A *frame* seguidamente visualizada (ver Figura 3) é criada na segunda camada do modelo OSI. Apesar de em cada tipo de meio de comunicação KNX/EIB, mudar o tipo de

modulação, o controlo de colisões, etc., iremos ignorar esses factos, passando-se a analisar os detalhes técnicos mais generalistas/importantes.

Para além dos *control field, source address, destination address*, está presente na frame:

- N\_PDU: indica que tipo de endereçamento está a ser utilizado (físico ou lógico) e o tamanho do *payload* ou informação:
  - ✓ T\_PDU: tipo de comunicação a utilizar;
  - ✓ A\_PDU: dependendo do tipo de comunicação utilizado (indicada pela T\_PDU), realiza a sua transmissão/recepção da informação;
  - ✓ Informação: contém os serviços e outras informações.
- *Check field*: é um método conhecido como cruzamento dos diferentes bits desse campo, resultantes da sequência de *frames*, como forma de verificar a sua paridade.

O tamanho da frame pode ir de 64 bits até 40 bytes. A parte da frame denominada informação (*payload*) pode ir de 1 bit até 16 bytes de tamanho [38][37][62].

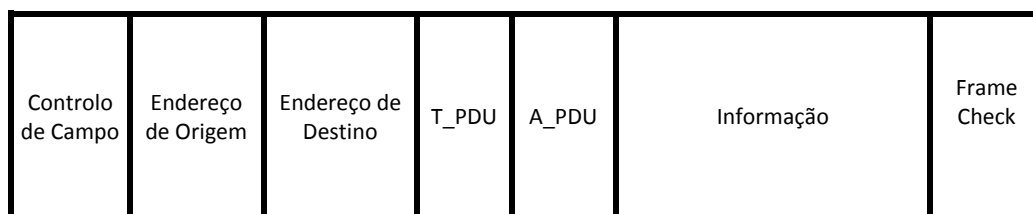


Figura 3 Estrutura de uma frame KNX/EIB [39].

#### 2.1.4. PROFILES

No KNX/EIB, os *profiles* diferem no seu modo de programação, consequentemente na sua capacidade de personalização [37]:

- Modo sistema ou *S-Mode* (permite a programação total);
- Modo fácil ou *E-Mode* (programações muito limitativas);
- Modo A ou *A-Mode* (configuração automática);

- Modo de gestão de clientes/dispositivos (gestão automática dos recursos da rede).

#### 2.1.5. POTENCIALIDADES NA SUA APLICAÇÃO

A nível do KNX/EIB, sendo uma tecnologia mais orientada para vivendas e pequenos edifícios, apesar de conseguir satisfazer a maioria ou até mesmo a totalidade das exigências dos utilizadores dos mesmos, a nível aplicacional encontra-se limitada. Existindo mais de 300 fabricantes afiliados, estes não possuem uma vasta gama de aplicações. Isso torna-se um sério problema quando se pretende integrar num edifício de grandes dimensões um grande leque de funcionalidades [38][37].

Por fim, o seu desenho teve em conta o seu baixo custo de produção que, por um lado, trouxe muito sucesso à tecnologia KNX/EIB, mas por outro não satisfaz as exigências da próxima geração de aplicações de novos dispositivos (devido à baixa taxa de transferência do meio mais utilizado, TP) [37].

## 2.2. LONWORKS

Esta tecnologia desenvolvida pelos norte-americanos, no início da década de 90, tem como principais aplicações a automação de edifícios e de fábricas. Tendo como afiliados mais de 4200 fabricantes, isto mostra confiança e solidez na mesma e a existência de um grande leque de aplicações. Esta tecnologia é capaz de operar sobre par entrançado, *Power Line*, RF, fibra óptica e por TCP/IP (por RJ45 ou Wi-Fi) [9][10].

#### 2.2.1. SEGURANÇA A NÍVEL DE INTRUSÃO

No LonWorks sendo a sua referência ISO/IEC 14908, possui implementada um mecanismo de autenticação, em que por definição está accionado para todos os dispositivos. Se em algum caso se pretender desactivar essa funcionalidade, só será possível realizar durante a fase de programação (por exemplo, com o *software* LonMaker Tool 3.1) [9][10].

Essa autenticação utiliza um algoritmo de encriptação AES (Advanced Encryption Standard) de 128 bits para as mensagens. Por isso, um potencial intruso pode escutar a rede, desde que não consiga violar a chave AES das mensagens.

## 2.2.2. ANÁLISE DAS CAMADAS

A tecnologia LonWorks, baseada nos chips Neuron, que podem atingir frequências de 50 MHz, apresenta suporte total às 7 camadas OSI, permitindo operar em diversos meios de comunicação.

### **Camada 1 – Camada Física**

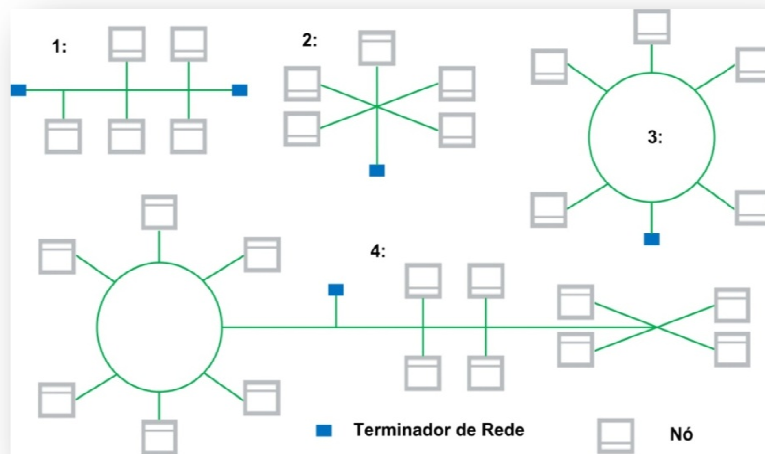
Esta camada é vista como uma camada muito versátil, em que além de suportar diferentes meios, oferece várias taxas de transferência. Os meios de transmissão em que é capaz de operar são:

- Par trançado (JY(St) 2x2x0.8): funciona a 78 kbits/s (o meio e taxa de transmissão mais utilizado) ou a 1,25 Mbits/s (menos utilizado, dentro do meio TP, devido ao seu elevado preço e restrições);
- Power Line: funciona com uma modulação do sinal situado nos 132 kHz, tendo como taxa máxima 5,4 kbits/s;
- Fibra óptica: atinge a distância máxima de 25 Km, cuja taxa de transferência pode variar (de 500 Mbits/s até 1000 Mbits/s), em função dos conversores ópticos para sinal analógico;
- Rádio Frequência: é a topologia de rede que oferece maior versatilidade, podendo atingir a taxa de 39 kbits/s;
- IP-852: opera sob a rede TCP/IP, que permite controlar qualquer rede LonWorks, quer localmente, quer remotamente (via internet), podendo atingir os 100 Mbps.
- Cabo coaxial: encontra-se actualmente em deduzo.

A nível de topologia de rede, existem quatro tipos para o meio TP (mais utilizado):

- Topologia em linha (Figura 4 – Ponto 1);
- Topologia de estrela (Figura 4 – Ponto 2);
- Topologia em anel (Figura 4 – Ponto 3);

- Topologia mista, sendo a mais utilizada em edifícios, porque é a que apresenta menos obstáculos para expansões futuras da rede (Figura 4 – Ponto 4).



**Figura 4** Diferentes topologias de rede [10].

Todas as topologias necessitam de uma resistência num dos seus terminais (com o valor de  $55 \Omega$  em que tem o nome de *bus terminator*), para eliminar as eventuais ressonâncias do sinal de transmissão [44][45][41].

### **Camada 2 – Camada DLL**

Esta camada procede à transmissão de pacotes de mensagens de um nó de origem para um nó de destino baseando-se no endereço do nó de destino. Por outro lado, gere o acesso ao meio e determina o tempo permitido de transmissão de uma dada mensagem.

Por isso oferece os seguintes serviços:

- Detecção de erros (CRC - Cyclic Redundancy Check) de colisões;
- Adaptação da largura de banda;
- Mecanismos de definição de prioridades;
- Suporte do mecanismo CSMA;
- Detecção de colisões de mensagens;

### Camada 3 – Camada de rede

Esta camada gere as mensagens a partir do nó de origem até ao nó de destino ou grupo de nós de destino correctos, através da utilização de endereços lógicos. Estes utilizam-se para uma melhor eficiência das comunicações da rede e organização dos nós nela presentes.

A estrutura de um endereço lógico apresenta-se sob a seguinte forma:

	Domínio ID	→	Sub rede ID	→	Nó ID
Alcance	1...2 <sup>48</sup>		1...255		1...127

Cada domínio ID (Identification Device) suporta até 32.385 nós (255 sub redes ID × 127 Nós ID = 32.385 nós). Isso indica que um dado domínio ID, para ter 256 nós atribuídos, necessita de ter pelo menos duas sub redes ID [11][8].

### Camada 4 – Camada de Transporte

Esta camada assegura o envio das mensagens na sua íntegra. Enquanto a camada de ligação é responsável pelo envio dos pacotes individuais, esta camada garante a entrega fiável através de 3 tipos de serviços:

- *Unacknowledge*: apenas é enviada uma vez a mensagem, em modo *unicast* ou modo *multicast*.;
- *Acknowledged*: o nó de envio requer um ACK do nó de recepção (*unicast*) ou de múltiplos nós (*multicast*), sendo as confirmações do tipo *end-to-end*.;
- *Repeated*: Tanto por *unicast* ou *multicast* é definido pelo utilizador ou através de um valor predefinido do OS LonTalk de envios consecutivos da mensagem. Esse serviço permite uma probabilidade > 99.999% de envio correcto [44][45].

### Camada 5 – Camada de Sessão

Esta camada apresenta o controlo da informação trocada pelas camadas mais baixas, usufruindo do serviço *request/response*, e por outro lado verifica a autenticação do emissor da mensagem. Para o protocolo LonTalk, está implementado um mecanismo de

autenticação, que, por definição, está accionado para todos os dispositivos. O algoritmo de encriptação tem o nome de AES, com o tamanho de 128 bits [44].

A nível de controlo da informação, essa camada é responsável pela gestão de mensagens da rede durante a instalação, diagnóstico, monitorização e manutenção de uma dada rede LonWorks, garantindo a interoperabilidade entre fabricantes [44].

### **Camada 6 – Camada de Apresentação**

Esta camada negocia e gere modos de representação e codificação de dados, principalmente útil quando a informação ou dados são transmitidos entre diferentes tipos de dispositivos [11].

Por outro lado, possui regras *standards* para que todas as representações dos diferentes dados sejam compreendidas por todos os nós [10][11].

### **Camada 7 – Camada de Aplicação**

Define a linguagem e sintaxe para que as aplicações possam comunicar em diferentes nós. Ao prover compatibilidade das variáveis de rede (SNVT - Standard Network Variable Types), permite definir um modelo de objecto comum. Um objecto é basicamente um bloco lógico, em que estão incluídas as variáveis de rede e de configuração (SCTP - Standard Configuration Parameter Types).

Todos esses objectos são apresentados e manipulados, com a ajuda de ferramentas de programação existentes no mercado:

- LonMaker, da Echelon;
- *LonWatcher LNS Turbo*, da Distech Controls;
- NL220, da Newron System [7][57][11].

#### 2.2.3. ESTRUTURA DA MENSAGEM

A estrutura de *frame* (ver Figura 6) é constituída pelas seguintes partes [9][11][13][44]:

- *Backlog priority alt path (header)*: define o número máximo de atrasos que a mensagem pode ter (no máximo são 63);

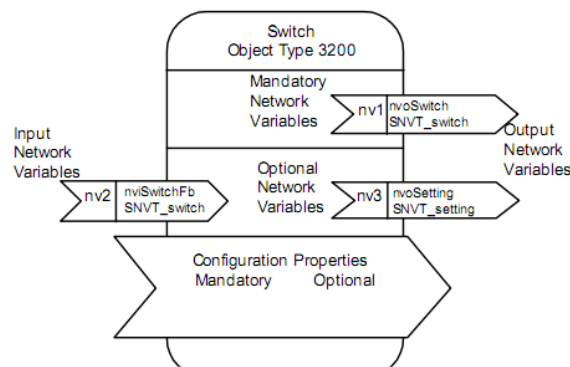
- *Address information:*
  - ✓ *Domain ID:* é uma identificação única de um dado domínio. Todos os nós de um dado domínio possuem o mesmo ID;
  - ✓ *Destination address:* possui o endereço de destino do nó que irá receber uma dada instrução, difundida a partir do endereço de grupo.
  - ✓ *Source address:* indica o endereço físico de um dado nó;
  - ✓ *Address format, domain length:* define o formato de endereçamento e tamanho do respectivo domínio.
- *Service type ID:* permite a implementação de 4 tipos de serviços (crítico, de confiança, padrão e de autenticação);
- *Network variable selector:* é o que permite a identificação e selecção de uma dada variável de rede;
- *Data:* é onde vai conter a informação a ser transmitida de um nó para outro;
- *Cyclic redundancy check:* é para detecção da ocorrência de possíveis erros, devido a colisões e/ou ruído da rede.



**Figura 5** Pacote típico EIA-709.1 [13].

#### 2.2.4. PROFILES

De acordo com a entidade Echelon Corporation, existem cerca de 350 *profiles* diferentes que vão desde um simples *switch* até ao controlo completo de um sistema de ar condicionado. Para analisar ou saber mais detalhes sobre um dado *profile*, a Echelon disponibiliza o respectivo ficheiro PDF, em que detalha as suas funcionalidades, e como se situa num dado objecto lógico [42].



**Figura 6 Exemplo de um profile LonWorks – switch [42]**

### 2.2.5. POTENCIALIDADES NA SUA APLICAÇÃO

Esta tecnologia é mais vocacionada para edifícios de média e grande dimensão. Por essa razão, ela possui um protocolo mais versátil que dá origem a um grande número de funcionalidades, a nível de segurança e de topologias de rede.

Por outro lado, o valor financeiro, na aquisição de equipamento para um dado projecto consegue ser mais vantajoso que a tecnologia KNX/EIB (comparou-se com esta tecnologia, dado que também utiliza par entrançado). Contudo, a nível de engenharia de programação, pelo facto de ser muito mais versátil, torna a programação mais onerosa, incrementando o valor financeiro final do projecto.

A nível de oferta de diferentes aplicações, é provavelmente a tecnologia que mais aplicações oferece, e por outro lado, permite realizar comunicação com o protocolo BACnet (procoloto *standard* para controlo de sistemas de climatização, a nível mundial).

## 2.3. HOMEPLUG

Esta tecnologia é resultante de um consórcio de mais de 50 fabricantes (HomePlug – PowerLine Alliance), e que tem como meio de comunicação *power line Communication* [32].

Essa tecnologia pode dividir-se em vários *standards* [31]:

- HomePlug 1.0: orientada para a conexão de dispositivos através da rede eléctrica, cuja velocidade teórica de comunicação ronda os 14 Mbits/s;

- HomePlug 1.0 Turbo: é um protocolo mais rápido que o anterior, mas a sua especificação não é oficial, tendo uma velocidade de transmissão de 85 Mbits/s;
- HomePlug AV: desenhado para transmitir HDTV (High Definition Television) e VoIP (Voice over Internet Protocol) por toda a habitação, tendo uma velocidade de transmissão na ordem dos 189 Mbits/s [31][32];
- HomePlug Command & Control (HPCC): apresenta baixa taxa de transferência e consequentemente baixo custo, para complementar as soluções de comunicação *PowerLine* de maior desempenho.

### 2.3.1. SEGURANÇA A NÍVEL DE INTRUSÃO

A nível de segurança, utiliza encriptação de 128 bits, com autenticação e protecção aos potenciais ataques aos pacotes retransmitidos. Ao utilizar a encriptação, dando alguma segurança à rede, monitoriza-a, de forma a encontrar potenciais dispositivos infiltrados ou intrusos que a escutem ilegalmente [31].

### 2.3.2. ANÁLISE DAS CAMADAS

Sendo uma tecnologia vocacionada para habitações, em que as suas aplicações podem ir desde distribuição de áudio por toda a casa até à troca de dados na rede, exigiu a elaboração mais cuidada de certas camadas, para um funcionamento correcto [32].

## **Camada 1 – Camada Física**

Principais características da camada física do HomePlug [31][32]:

- DCSK - Differential Code Shift Keying (espectro de alto índice de resistência);
- Boa imunidade aos variados ruídos existentes no meio, impedâncias e distorção;
- Configurável de forma a suportar regulamentações mundiais (FCC, ARIB - Association of Radio Industries and Businesses, CENELEC A e CENELEC B);
- Várias taxas de transferência: 2.5Kbits/s, 5Kbits/s, 7.5Kbits/s, 14 Mbits/s, 85 Mbits/s, 189 Mbits/s;
- Possui três canais de recepção, oferecendo uma boa imunidade à interferência;

- Possui o mecanismo ECC (Error Correction Code);
- Alta sensibilidade (<1 mV).

Seguindo para as topologias de rede, dado o HomePlug ser baseada em *power line*, apresenta uma topologia do tipo MTU/MDU (MultiTenant Units/MultiDwelling Units), em que basicamente a rede pode assumir qualquer forma. Os dispositivos realizam uma comunicação do tipo ponto-a-ponto ou do tipo *broadcast*. Este tipo de comunicação teve que ser adoptada, dado que a rede eléctrica pode assumir muitas formas.

### **Camada 2 – Camada DLL**

Esta camada oferece serviços de mecanismos de controlo de acesso, sem criar interferência mútua entre os dispositivos, devido ao facto de partilharem o meio físico como forma de alimentação e comunicação. As suas características são [30]:

- CSMA/CA com acesso aos canais adaptativo;
- Três níveis de prioridade de acesso;
- Endereçamento baseado em ID de rede e ID do nó;
- Permite 1023 redes lógicas e 2047 nós por rede, permitindo comunicação entre diferentes redes;
- Serviços de ACK e NACK;
- Encriptação AES de 128 bits;
- Pacotes fiáveis na recepção e transmissão.

### **Camada 3 – Camada de Rede**

Esta camada, apesar de já possuir uma série de características importantes, ainda se encontra nas etapas finais para a sua certificação [30][31]:

- Serviços de dados entre redes e na própria rede;
- Oferece serviços de gestão tais como redireccionamento e endereçamento automático e soluções de segurança;

- Redireccionamento em forma de árvore e malha adaptativa;
- Essa camada utiliza até 5% da largura de banda disponível.

### **Camada de transporte, camada de sessão, camada de apresentação e camada de aplicação – camadas anfitrião**

Para garantir a interoperabilidade entre os dispositivos HomePlug dos diferentes fabricantes foi necessário definir os diferentes *profiles*, em que se realiza a descrição das propriedades e acções de cada serviço e por dispositivo.

Por outro lado, define as interfaces com as camadas mais baixas, permitindo serviços de comunicações ponto-a-ponto [31]:

- Permite a dado dispositivo descobrir outros dispositivos existentes na rede ou ser ele próprio descoberto;
- Criação de ligações lógicas entre dispositivos, a partir dais quais se executam diferentes serviços entre diferentes dispositivos;
- Permite o comando remoto e controlo de todos os dispositivos e monitorização remota do estado do dispositivo.

#### 2.3.3. ESTRUTURA DA MENSAGEM

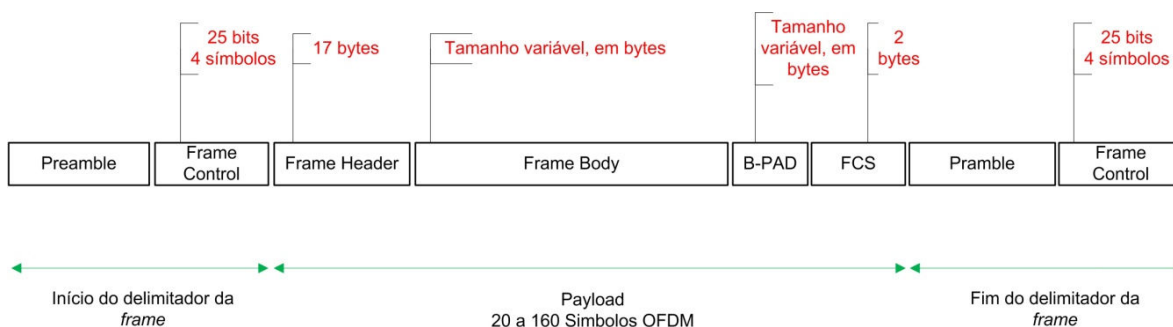
Basicamente, esse protocolo possui dois tipos de frames. A frame longa é constituída por um delimitador SoF (Start of Frame), *payload*, e um delimitador EoF (End of Frame). A frame curta contém um delimitador de reposta e é usado como parte do processo ARQ (Automatic Repeat reQuest) [31].

Todos os delimitadores partilham uma estrutura comum, que é constituída por um *preamble* e uma *frame* de controlo do campo de informação. O *preamble* tem como função iniciar o delimitador, e seguidamente, a frame de controlo de informação, é codificada de forma a que se seja possível interpretá-la, mesmo que o seu sinal sejam alguns dB abaixo do sinal de ruído [32].

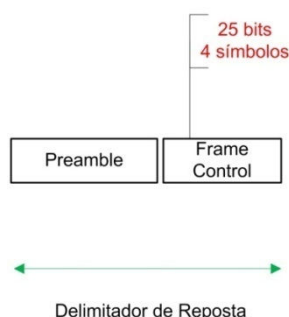
O *payload* é codificado de acordo com a adaptação do dado canal, sendo protegido por uma FCS para detectar erros remediados erradamente.

O *frame header* é que contém o endereço de destino e de origem e a informação segmentada, cabendo ao receptor construí-la de forma correcta [31].

A *frame* longa contém no máximo 160 símbolos OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), equivalente a 1,3 ms, em termos de tempo de transmissão.



**Figura 7 Frame Longa do HomePlug [31]**



**Figura 8 Frame Curta Longa do HomePlug [31].**

#### 2.3.4. PROFILES

Os *profiles* são definidos como a combinação de dadas propriedades e acções para determinado/s serviço/s de um dado dispositivo.

Por exemplo, um dado dispositivo HomePlug, que tem um dado serviço a oferecer, terá um ou vários *profiles* incorporados, como forma a realizar na íntegra a sua função. Mas não terá os restantes *profiles* existentes para HomePlug inseridos no dispositivo.

#### 2.3.5. POTENCIALIDADES NA SUA APLICAÇÃO

Além da *HomePlug* poder aplicar um vasto leque de serviços que vão desde gestão de energia, instrumentação, controlo das funcionalidades da habitação/edifício, aplicações de

automação, controlo de áudio, etc., também permite realizar “pontes” com outras tecnologias, tais como RF, ZigBee, Z-Wave, etc [32].

Apesar do protocolo possuir mecanismos para combater as eventuais dificuldades de comunicação e o respectivo ruído de rede, os mesmos nem sempre facilmente são resolvidos/atenuados [31].

## **2.4. ZIGBEE**

ZigBee é um *standard* de comunicação desenhado pela *ZigBee Alliance*, que assenta em baixo consumo e na possibilidade de permitir elaborar sistemas complexos [83].

Apresenta como principais características:

- Topologias de rede: rede em estrela, *cluster tree* e *mesh*;
- Tipos de acesso aos canais: CSMA-CA;
- Grande densidade de nós.

### 2.4.1. SEGURANÇA A NÍVEL DE INTRUSÃO

A nível de segurança, o ZigBee utiliza um algoritmo de encriptação denominado por AES de 128 bits, dado que a sua comunicação é realizada através de RF. Por outro lado apresenta mecanismos de protecção contra a integridade das mensagens (evita modificações da mesma em plena transmissão) e verifica a sua autenticação. Por fim, graças aos routers e coordenadores, é possível realizar técnicas de redireccionamento seguras [83][84].

### 2.4.2. ANÁLISE DAS CAMADAS

Essa tecnologia, permite redes WPAN's (Wireless Personal Area Network) com uma baixa taxa de transferência, mas igualmente um bom raio de funcionamento, sem descurar o seu consumo de energia. Foi necessária uma elaboração mais cuidada nas camadas físicas e DLL [85], sendo as camadas baseada no protocolo IEEE 802.15.4 (ver Figura 10).

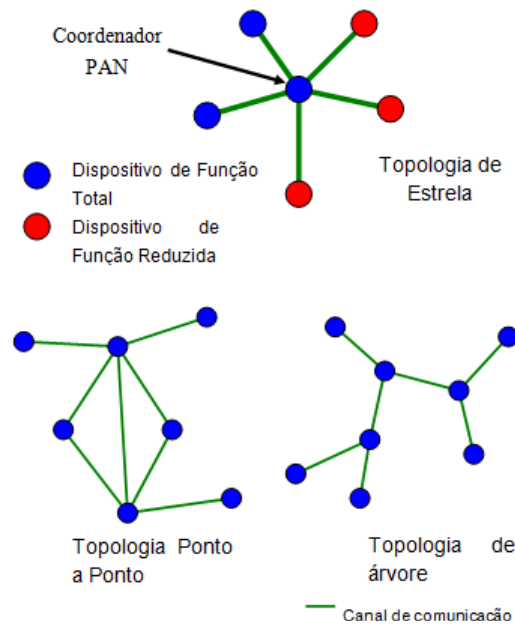
## Camada 1 – Camada Física

A nível de requisitos de *hardware*, o ZigBee não requer sistemas muito complexos. Mas a sua constituição depende da/s funcionalidade/s para a qual/as quais um dado dispositivo ZigBee vai estar destinado. Por outro lado, depende se o dispositivo equipado com ZigBee tem como categoria de “nó” ou “*node*” (menos exigente a nível de hardware), ou se o dispositivo ZigBee está na categoria de “coordenador” ou “*router*”, mais exigente devido às tabelas de filtragem dos dispositivos/nós existentes na rede [60][83].

Essa camada permite trabalhar com as frequências de 2.4 GHz (16 canais de funcionamento), 915 MHz (10 canais) e 868 MHz (um canal), em que é possível realizar taxas de transmissão na ordem dos 250 kbits/s, 40 kbits/s ou 20 kbits/s, respectivamente [60][86].

O ZigBee é capaz de ter quatro tipos de topologia de rede [60][83][85] (ver Figura 9):

- Topologia estrela: os dispositivos routers/coordenadores são responsáveis pela gestão da rede e realizam comunicação ponto-a-ponto com os dispositivos finais (ver Figura 9);
- Topologia *peer-to-peer*: os dispositivos routers/coordenadores trocam informação entre si, utilizando todos os caminhos possíveis, de forma a manterem sempre actualizadas as tabelas dos caminhos de menor custo, realizando comunicação ponto-a-ponto com dispositivos finais (ver Figura 9);
- Topologia do tipo *cluster tree*: os dispositivos routers/coordenadores apenas utilizam o único caminho de menor custo para comunicar entre eles, sem renovarem as tabelas de reencaminhamento;
- Topologia *mesh*: os dispositivos routers/coordenadores são responsáveis pela gestão da rede, mas esta pode ser expandida até atingir o limite dos dispositivos routers/coordenadores. Em optimização constante das suas tabelas, usam a técnica *request-response*, para evitar repetições. Nesta topologia, a comunicação pode ser *multicast*, ao contrário da topologia *peer-to-peer*, que é *unicast*.



**Figura 9** Tipos de topologias de rede para ZigBee [86]

### **Camada 2 – Camada DLL**

Esta camada é usada para sincronizar os dispositivos da rede e identificar o PAN. Por outro lado, realiza sincronização da rede, que pode variar de 15 ms até 4 minutos. A sincronização da rede funciona de forma bidireccional, em que cada dispositivo é independente, permitindo o controlo do consumo de energia [86][85].

Mas por outro lado, pode ser configurada como modo de “não-sincronização”, denominado como “*non-beacon mode*”, em que pode iniciar uma ligação com outro dispositivo, causando uma provável interferência na rede, de forma não intencional, quando o canal já está a ser utilizado por outro dispositivo. Os dispositivos desta categoria são utilizados para sistemas de segurança (ex: detectores de movimento, de intrusão, etc.) [84].

### **Camada 3 – Camada de Rede**

A nível da camada de rede, é feita a sua gestão e a manutenção dos seus nós. Esta camada monitoriza o uso correcto da camada DLL e ao mesmo tempo oferece uma interface para a camada superior (camada de aplicação) [85].

Por um lado cria e gere a informação, que provém da camada de aplicação e realiza o encaminhamento, de acordo com a topologia da rede. Por outro lado, realiza a configuração dos novos dispositivos aí existentes e define novas redes [83][85].

O encaminhamento é realizado através de um algoritmo, que tenta, sempre que possível, encontrar os melhores caminhos possíveis para cada dispositivo, ao interagir e determinar as posições dos dispositivos existentes na rede.

### Camada 7 – Camada de Aplicação

Essa aplicação, sendo a camada mais alta, oferece uma interface entre o sistema ZigBee e os utilizadores finais. Está incluída nessa camada os ZDO's (ZigBee Device Object) e as ferramentas de gestão. As ZDO's têm como funcionalidade definir a utilidade do dispositivo como dispositivo final ou como coordenador. Por outro lado, tenta descobrir novos dispositivos existentes na rede e identifica/transmite os seus serviços [35].

As APS's (Application Support Sublayer) oferecem interfaces e serviços de controlo, que funcionam como uma ponte entre a camada de rede e a camada da aplicação. Por isso, pode dizer-se que os *profiles* do ZigBee são oferecidos pela APS, supervisionadas pelas interfaces ZDO [35][85][84].

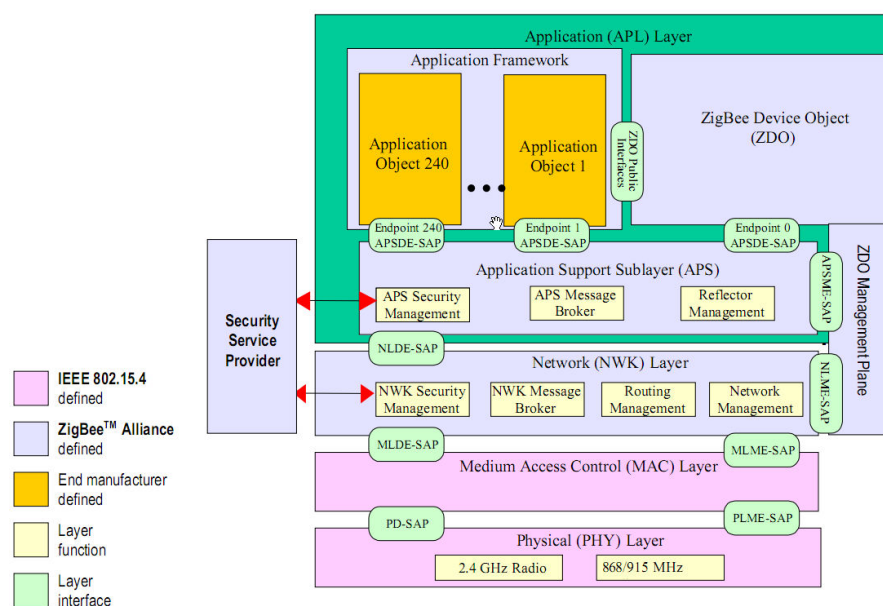


Figura 10 Estrutura OSI de IEEE campo aplicacional: 802.15.4 [84].

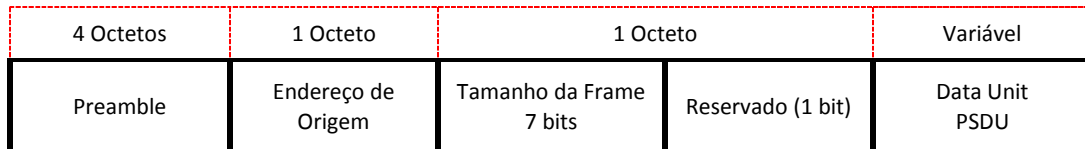
#### 2.4.3. ESTRUTURA DA MENSAGEM

Esse protocolo utiliza um método de transmissão da informação, previamente fraccionada e de forma intermitente. As *frames* podem ter tamanhos e tipos variados, sendo comum a existência da *beacon frame*, *acknowledge frame*, *data frame* etc (ver Figura 11).

A *beacon frame* é transmitida por dispositivos coordenadores, que controlam o modo *sleep* dos diferentes clientes, para transmitir/receber as suas respectivas informações [86].

A *acknowledge frame* é usada para confirmar a recepção correcta da *frame*, fornecendo o *feedback* para o dispositivo de origem [86].

O tamanho da frame é definido nos seus primeiros bits, sendo a restante informação agrupada em octetos [86].



**Figura 11 Frame Longa do ZigBee [86]**

#### 2.4.4. PROFILES

O ZigBee possui vários *profiles* que permitem a comunicação entre os seus dispositivos, em que estão definidos os métodos de comunicação, os tipos de mensagem a utilizar, os comandos disponíveis, etc. Por outras palavras, uma dada rede ZigBee para estar em pleno funcionamento, pelo menos o dispositivo router ZigBee necessita de suportar todos os *profiles* nela existentes, para realizar uma gestão eficiente da mesma.

Apesar de existirem *profiles* definidos pelo consórcio de fabricantes que deram origem à *ZigBee Alliance*, para a área da domótica não existe uma grande variedade [83].

#### 2.4.5. POTENCIALIDADES NA SUA APLICAÇÃO

O ZigBee não foi desenhado de raiz para automação de edifícios contudo as suas capacidades possibilitam tal, tendo principal relevância nas situações em que o consumo e os custos de instalação são tidos como factores críticos. Por exemplo, utiliza-se ZigBee quando se pretende expandir uma instalação de domótica num edifício já existente, sem necessitar de se alterar a respectiva cablagem.

Por outro lado o ZigBee apresenta algumas limitações sérias. Os nós são projectados para terem um baixo consumo, por serem alimentados por pequenas baterias (por exemplo: CR 123). Mas, inevitavelmente, a sua autonomia apresenta valores baixos, que podem ir até alguns anos. Por outro lado, para realizarem uma boa eficiência energética, é criada latência nas comunicações, devido à utilização do modo *sleep*. Por outras palavras, o

período de latência das comunicações é inversamente proporcional ao consumo dos nós. É por essa razão que os *routers* nunca podem estar em modo *sleep* (geralmente tem alimentação permanente), de forma a estarem a escutar e controlar ininterruptamente toda a rede [1].

Mas ao usar alimentação permanente, o ZigBee perde parte das suas vantagens, dado que LonWorks e KNX/EIB permitem que, num mesmo cabo TP, haja alimentação e bus de comunicação.

## 2.5. Z-WAVE

Este protocolo é considerado de baixa largura de banda, *half-duplex*, desenhado para comunicação sem fios, de baixo custo. O seu principal objectivo é trocar entre os dispositivos curtas mensagens de controlo, de forma fiável, desde que não se troquem dados críticos dentro de intervalos de tempo bem definidos (situações críticas) [88].

O protocolo é constituído por 5 camadas, tornando os dispositivos mais baratos, por requerem menores capacidades técnicas, sendo a sua topologia a forma de malha [88].

### 2.5.1. SEGURANÇA A NÍVEL DE INTRUSÃO

A nível de segurança, Z-Wave não oferece soluções robustas, dado que não possui a capacidade de realizar encriptação a nível de hardware. Por isso, essa tecnologia é mais vulnerável a potenciais ataques [88].

### 2.5.2. ANÁLISE DAS CAMADAS

Dado que essa tecnologia possui baixo nível de segurança, especificou-se mais nas camadas físicas, DLL e de rede. Sendo uma tecnologia sem fios, o princípio de funcionamento e interacção entre participantes é o mesmo que a tecnologia ZigBee [88][5].

#### **Camada 1 – Camada Física**

Esta camada assegura o uso correcto das frequências Z-Wave [88][87]:

- Para os US, usa 908.42MHz;
- Na Europa, usa-se 868.42MHz;

- Em Hong Kong, utiliza-se 919.82MHz;
- Por fim, na Austrália utiliza-se 921.42MHz;
- Opera a 2,4 GHz, mas devido à sua frequência e modulação de funcionamento, é vulnerável a interferências por parte das redes WLAN (Wireless Local Area Network) ou mais conhecida como Wi-Fi.

Assegura que cada dispositivo tenha um raio de alcance na ordem dos 20 metros, num ambiente aberto e desobstruído, com o máximo de 0,01% de CER (Communication Error Rate) [88][87].

A sua largura de banda tanto pode ser 9600 bits/s ou 40Kbit/s, com garantias de interoperabilidade [88].

A nível das topologias de rede Z-Wave, possui dois tipos de topologias de rede:

- Em malha e ponto-a-ponto. Normalmente, a topologia utilizada é em forma de malha, sem possuir nenhum dispositivo mestre, onde é frequente existir obstáculos no meio. Isso quer dizer que essa topologia utiliza os dispositivos vizinhos, quando dois deles não conseguem comunicar directamente (ligação *end-to-end*), devido a obstáculos [88][87].

Mas tal característica pode causar algum atraso na rede, tornando-se grave quando envolve o sistema de segurança, por exemplo.

É obrigatório utilizar dispositivos controladores, para existir uma coesão e controlo dos modos *sleep* dos dispositivos escravos, evitando-se deste modo perda de informação. As redes Z-Wave são capazes de suportar até o máximo de 232 dispositivos [88][87].

## **Camada 2 – Camada DLL**

Esta camada verifica se a ferramenta de gestão de rede se encontra a operar correctamente tal como intervem no processo de criar uma rede com os dispositivos que estão em redor. A gestão da rede pode ser a inclusão, exclusão ou configuração dos dispositivos existente nas redondezas, graças a controladores Z-Wave [88][87].

### **Camada 3 – Camada de Rede**

Esta camada é usada para realizar a identificação de cada dispositivo, como forma de separá-los, em função da rede em que se situam. Essa identificação, de 32 bits, chama-se HomeID, em que cada dispositivo possui um HomeID único [88][5].

Mas existe um outro endereço, de 8 bits, denominado NodeID, que é usado para identificar os dispositivos numa mesma rede, em que cada NodeID é único.

Todos os controladores Z-Wave possuem HomeID e NodeID de todos os dispositivos existentes na rede e permitem realizar ligações entre diferentes redes. Os dispositivos Z-Wave só podem comunicar com dispositivos com o mesmo NodeID [88][5].

Essa camada também é responsável pela recepção/envio, de forma fiável, de toda a informação, através de confirmações de recepção (mais conhecida por ACK) [88][5].

Por fim, é capaz de realizar comunicações *unicast*, *multicast*, *broadcast* e *acknowledge* [88][5].

### **Camada 4 – Camada de Transporte**

Esta camada cria e gere tabelas de redireccionamento das mensagens dos respectivos dispositivos existentes na rede e é responsável pela determinação do seu estado e por outras informações relevantes para a troca eficiente e económica de informação [88][5].

Com base nestas informações das tabelas, ao enviar uma dada informação já envia na frame por que dispositivos a informação terá que passar e qual a sua ordem, até chegar ao seu destino. Esse caminho é sempre o mais curto, eficiente e económico possível, sendo a tabela continuamente actualizada [88][5].

### **Camada 7 – Camada de Aplicação**

Esta camada verifica se as especificações da classe onde o dispositivo se situa são correctamente implementadas e verifica se todas as instruções ou informação estão devidamente formatadas. Por outro lado descodifica e executa os comandos da rede [88][5].

### 2.5.3. ESTRUTURA DA MENSAGEM

A *frame* da Z-Wave (ver Figura 12) tem um tamanho que se situa entre os 20 e os 30 bytes, dividida em blocos de 8 bits.

O telegrama possui a possibilidade de retransmissão e detecção automáticas de colisões e contém um mecanismo que garante a sua integridade (*checksum*).

Pode ser transmitida em *broadcasting* ou *multicasting* [88][87].

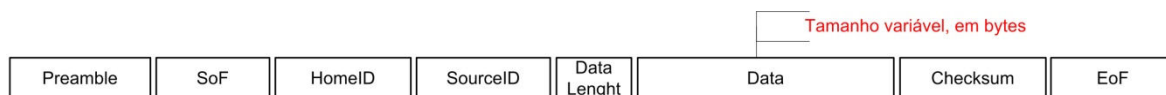


Figura 12 Frame longa do ZWave

### 2.5.4. PROFILES

A Z-Wave Alliance teve que definir dois parâmetros para o correcto funcionamento da tecnologia Z-Wave:

- Nível de comandos: criação de uma lista de comandos válidos e compatíveis;
- Nível do dispositivo: cada dispositivo tem de pertencer a uma classe de dispositivos, cujos comandos são mandatórios, recomendados e opcionais.

Por isso a interoperabilidade é garantida pelo uso apropriado das especificações das classes de dispositivos e por um processo de certificação (feita pela Z-Wave Alliance) [88][87].

### 2.5.5. POTENCIALIDADES NA SUA APLICAÇÃO

Tal como o ZigBee, a Z-Wave possui o mesmo problema a nível de alimentação dos dispositivos, que não poderão ser alimentados a bateria, para que não haja atrasos na comunicação da rede. Para tal ser possível, era necessário que possuíssem alimentação externa, existindo tecnologias mais viáveis tais como KNX/EIB e LonWorks (ao utilizar o cabo TP é possível transmitir dados e obter alimentação entre dispositivos) [88][87].

Por outro lado, apesar da Z-Wave Alliance garantir interoperabilidade (o que é um aspecto bastante positivo, devido ao facto de ter *profiles* bem definidos), existe pouco mais que uma centena de fabricantes de dispositivos Z-Wave, o que acaba por limitar um pouco a escolha de produtos para situações mais específicas [88][87].

## 2.6. CONCLUSÃO

Depois de realizar uma análise superficial e transversal das tecnologias mais relevantes, na área da automação de edifícios, podem ser tiradas algumas conclusões. Com base na Tabela 1, é possível apresentar, de forma resumida e gráfica, um comparativo entre diferentes tecnologias, segundo diversos aspectos:

**Tabela 1 Comparativo entre as diferentes tecnologias.**

	KNX	LonWorks	ZigBe e	Z-Wave	HomePlu g	Classificação
Segurança a nível de intrusão	√√	√√√√	√√√	√	√√√	
<i>Layers</i>	√√√√	√√√√	√√√√	√√√	√√√	√ Mau
Estrutura da Frame	√√√	√√√√	√√√	√√√	√√√	√√ Insuficiente
Topologias de rede	√√√	√√√√	√√√√	√√√√	√√√√	√√ Razoável
<i>Profiles</i>	√√√√	√√√√	√√	√√√	√√√	√√√√ Bom
Potencialidades na sua aplicação	√√√√	√√√√	√√√	√√	√√	√√√√ Muito Bom
Escalabilidade	√√√√	√√√√	√√√	√	√	
<b>Apreciação Global</b>	√√√√	√√√√	√√√	√√	√√	

Com base na análise da tabela anterior, é possível concluir que as tecnologias KNX/EIB e LonWorks apresentam as melhores características para domótica, sem pôr em causa a sua fiabilidade. Essas características sobrepõem-nas às restantes tecnologias e dizem respeito às particularidades das suas camadas, às topologias de rede e aos seus *profiles*. Isso levou a que as tecnologias anteriormente referidas tivessem boas características de aplicabilidade, dado que foram desenvolvidas de forma a corresponder a todas as exigências necessárias para uma boa integração do sistema domótico na habitação/edifício, sem nunca dificultar o funcionamento ou controlo ao utilizador final.

Por isso, iremos aprofundar, no próximo Capítulo, as tecnologias LonWorks e KNX/EIB numa componente mais prática, que servirão de base ao projecto modelo apresentado nos Capítulos 4, 5 e 6.



# 3. ANÁLISE PRÁTICA DE LONWORKS E KNX/EIB

Após a análise comparativa efectuada no Capítulo anterior, iremos agora realizar uma análise das tecnologias LonWorks e KNX/EIB, num contexto mais prático.

Será aprofundada a análise da camada de aplicação (abordando-se muito ligeiramente a camada de rede), com conhecimentos necessários para a sua programação, seguindo-se de um exemplo em que é descrito o seu processo de programação. Depois da elaboração do exemplo, será apresentado o respectivo demonstrador.

## 3.1. LONWORKS

Primeiramente, vamos analisar quais os conceitos teórico práticos que é necessário conhecer para uma primeira programação de um ou mais nós LonWorks.

### 3.1.1. CONCEITOS TEÓRICO-PRÁTICOS

No subcapítulo 2.2.2, onde se procedeu à análise das camadas LonWorks, abordou-se um pouco as variáveis SNVT e SCTP, tão necessárias para a sua programação [44][45].

SNVT_temp	Temperature	Degrees Celsius	-274..6271	0.1 degree
SNVT_angle	Phase/Rotation	Radians	0 - 65	0.001 rads
SNVT_speed	Speed	Meters/Sec	0 - 6553	0.1 m/s
SNVT_elapsed_tm	Elapsed Time	HH:MM:SS	0 - 65535 days	1 msec
SNVT_lev_cont	Continuous Level	Percent	0 - 100%	0.5%
SNVT_ascii	ASCII String	Characters	30 Chars	N/A
SNVT_count	Events	Count	0 - 65535	1 Count

Figura 13 Exemplo com vários SNVT's diferentes [44]

Como a camada 6 é responsável pelas variáveis, garante a sua interoperabilidade entre diferentes dispositivos. Na Figura 14, é possível verificar que a variável “Motion” pode interagir com dois *profiles* diferentes (lâmpada e campainha de alarme), que podem ser dois nós completamente distintos. Por outro lado, sabemos que as variáveis são unidireccionais. Nessa figura mostra, de forma ilustrativa, como se realiza a programação (através de ligações ou *bindings*), sendo os *profiles* previamente definidos pelos fabricantes.

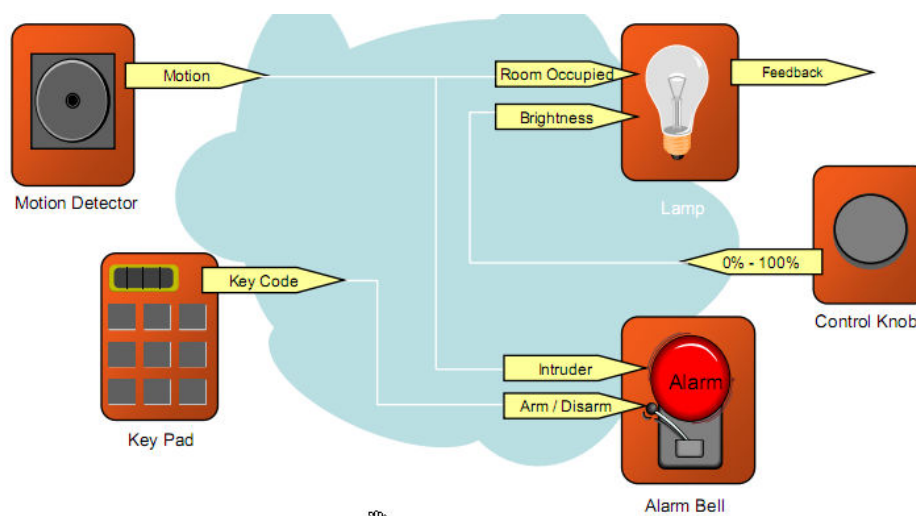


Figura 14 Outro exemplo da interação entre dispositivos graças à camada 6. [44]

Mas na camada 7, são definidas a linguagem e sintaxe para que as aplicações possam comunicar em diferentes nós. Por exemplo, dois nós (cada nó tem a sua variável) necessitam de trocar a informação de temperatura. Então, ambas as variáveis encarregam-se de analisar o valor de temperatura, usando a mesma unidade de medida (por exemplo, temperatura em Kelvin °K) [43].

Contudo, as variáveis costumam estar agrupadas, dando origem a um dado *profile* ou objecto (ver Figura 15), sendo previamente definidas pela LonMark. Por isso, é bastante usual que um dado nó seja constituído por um ou mais *profiles*. Tanto os fabricantes como os próprios nós (ao realizar o upload do seu *firmware* para o software de programação – ver página seguinte) fornecem os respectivos *profiles*.

Cada *profiles* é constituído por dois tipos de variáveis (ver Figura 15) [43]:

- Variáveis mandatórias: essas entradas e saídas definem o número mínimo de variáveis de rede/configuração que devem ser definidas para tornar o dispositivo LonMark operacional/viável;
- Variáveis opcionais: no caso de variáveis de rede serem opcionais, o seu uso depende da descrição do respectivo *profile*.

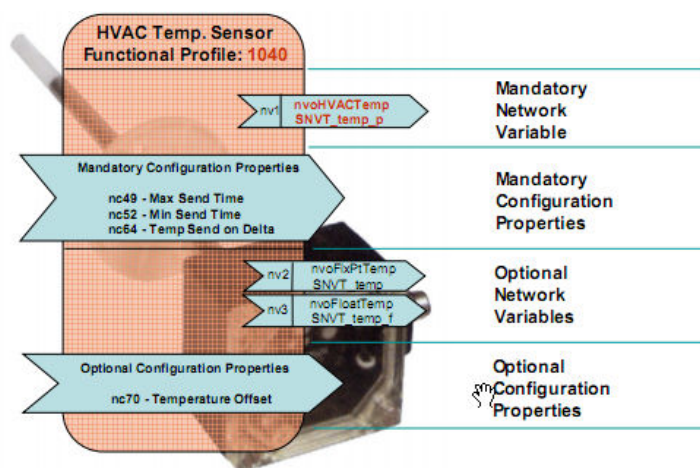


Figura 15 Exemplo de um objecto [42].

Por fim, existem as chamadas variáveis de rede especificadas pelo fabricante, que são declaradas de forma a suportar funções/valores particulares para uma dada aplicação [43].

Todos esses objectos são apresentados e manipulados, com a ajuda de ferramentas de programação existentes no mercado [7][57][11]:

- LonMaker, da Echelon;
- *LonWatcher LNS Turbo*, da Distech Controls;
- NL220, da Newron System.

Programas esses que se podem apresentar em modo gráfico (*LonMaker 3.1 Tools*, da Echelon Corporation, *LonWatcher LNS Turbo*, da Distech Controls, etc) ou em modo de árvore/estrutura (NL220, da Newron System).

Ao programar dispositivos dos diferentes fabricantes, esses fornecem aplicações que facilitam e ajudam a programação, sob a forma de:

- .XIF - ficheiro com um ou mais *profiles* compilados de forma a constituir todo o tipo de funcionalidades a nível de hardware;
- LNS Plugins: são *plugins* fornecidos gratuitamente pelos fabricantes, específicos para um ou mais dispositivos de características diferentes, que têm como função tornar mais simples e intuitiva a programação dos dispositivos;
- Neuron-C program: para elaborar uma solução totalmente personalizada para uma situação (desde que tenha em conta todas as limitações físicas do dispositivo), cuja programação é concebida através de linguagem C [8][9][10].

Por fim, os dispositivos comunicam entre eles ao saberem o endereço lógico de cada um. O endereço lógico é diferente do endereço *Neuron ID* ou do endereço físico de um dado dispositivo, tendo o tamanho de 48 bits único para cada dispositivo. É apenas usado na primeira vez em que o nó é conectado à rede, gestão de rede ou diagnósticos. Através de um *software* de programação, que gera um endereço lógico, previamente livre em relação à rede [41].

### 3.1.2. **EXEMPLO DE PROGRAMAÇÃO**

Vamos descrever de forma pormenorizada, o processo de programação de um dispositivo de controlo de iluminação, que funcione da mesma forma que o controlo de iluminação de uma habitação tradicional. Aproximando à realidade de uma habitação comum, iremos configurar que um dado ponto de luz deve ligar ou desligar (ON/OFF) de acordo com o seu estado actual, através de um botão de pressão existente na divisão.

Os nós a utilizar são o módulo AC101 RLF e os botões cuja referência é 131 03 048, fabricados pela Elka GmbH [15][16].

A programação será realizada com base no software NL220, da Newron System [57]:

- 1) O primeiro passo é adicionar um novo nó ao NL220, ao realizar o upload das definições do dispositivo (Figura 16);

The image shows a 'New node(s)' dialog box with the following details:

- Name:** Botões Elka
- Channel:** Channel\_1 (Auto checkbox is unchecked)
- Subnet:** Subnet\_1\_1 (Auto checkbox is checked)
- Subsystem(s):** Locations (with Add and Remove buttons)
- Creation Method:**  Create node from a device template
- Device template:** ELKA BIQ 40492 (with a 'New template' button)
- Number to create:** 1
- Indent in name begins:** 1
- Fixed number of digits in name:** 1 (checkbox is unchecked)
- Other options:**  Create node from network;  Set all configurations to manufacturer's default
- Buttons:** OK, Cancel, Help, Add, Remove

**Figura 16** Adição do nó de botões (ref: 131 03 048)

- 2) Antes de realizar o upload das definições do dispositivo, é necessário adquirir o endereço Neuron ID (endereço físico), ilustrado na Figura 17;
- 3) De seguida, abrimos o *plugin* fornecido pelo fabricante, que permite definir, de forma muito intuitiva e gráfica, as diferentes configurações do dispositivo (ver Figura 18). Estas serão a escolha do 3º botão do dispositivo, atribuindo a função de *toggle*;

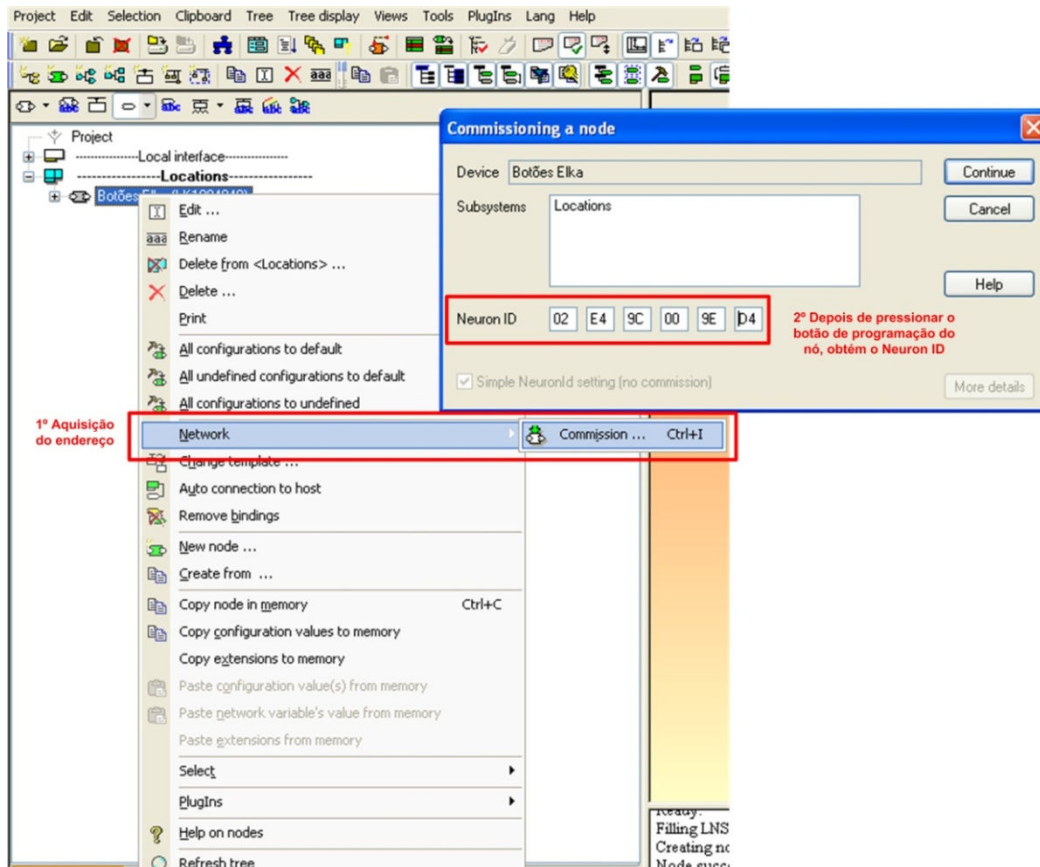


Figura 17 Aquisição do endereço Neuron ID

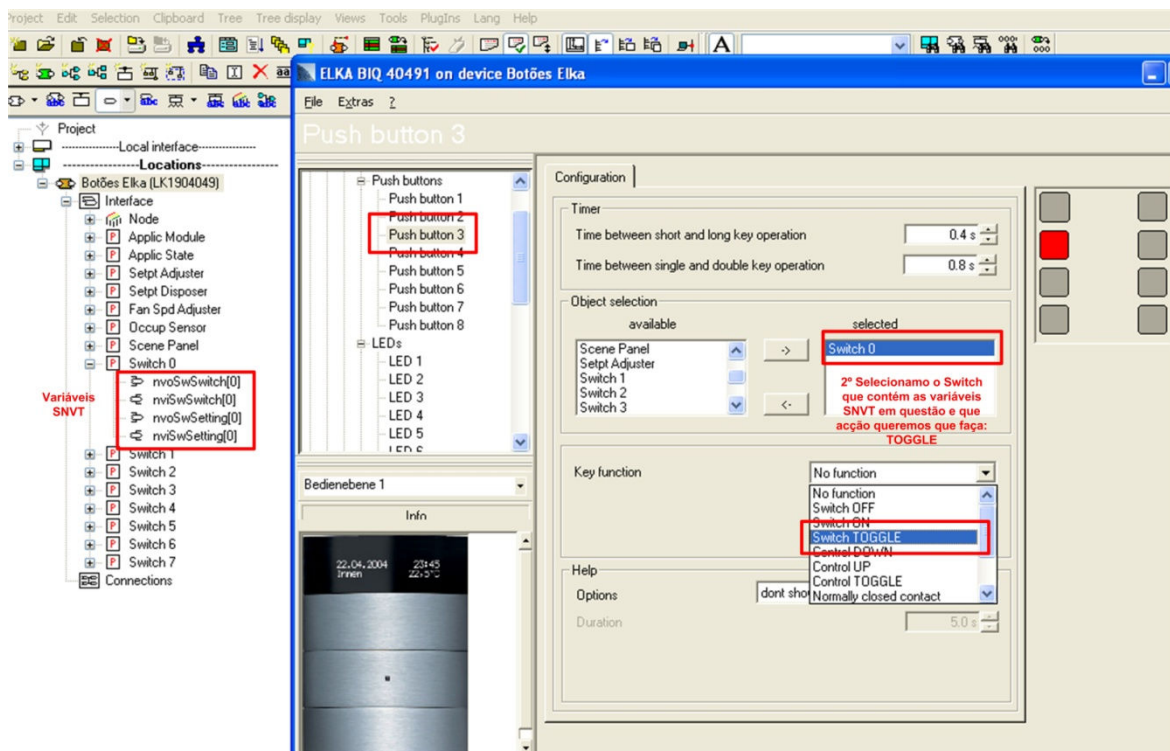


Figura 18 Configuração do botão a utilizar

- 4) Configurar o LED, que irá indicar o estado do ponto de luz (ligado ou desligado) -  
 Figura 19;

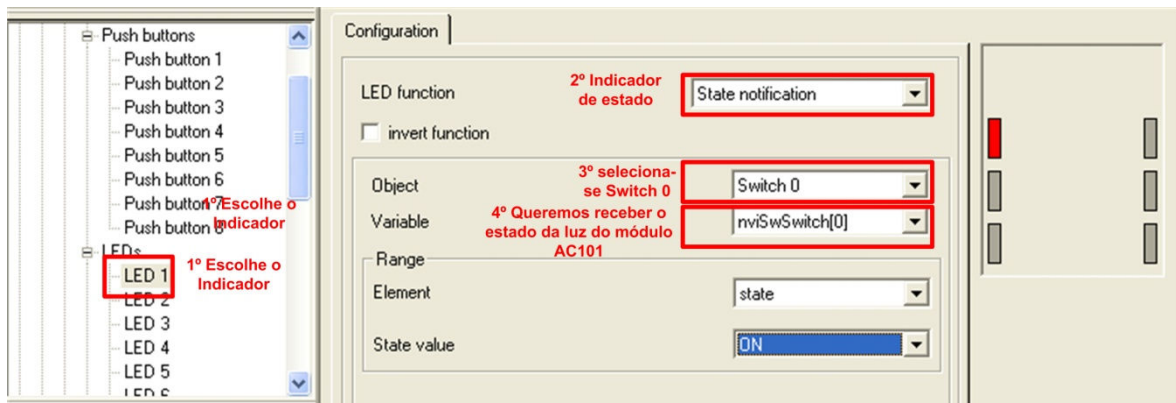


Figura 19 Configuração do LED de estado

- 5) Depois de sairmos do *plugin*, vamos adicionar o módulo AC101 RLF. A sequência a realizar é a mesma que a dos passos 1 e 2;
- 6) Seguidamente iremos abrir o *plugin* para realizar as respectivas configurações. A Figura 20 mostra a selecção do relé que irá controlar o ponto de luz e a activação do *feedback*;

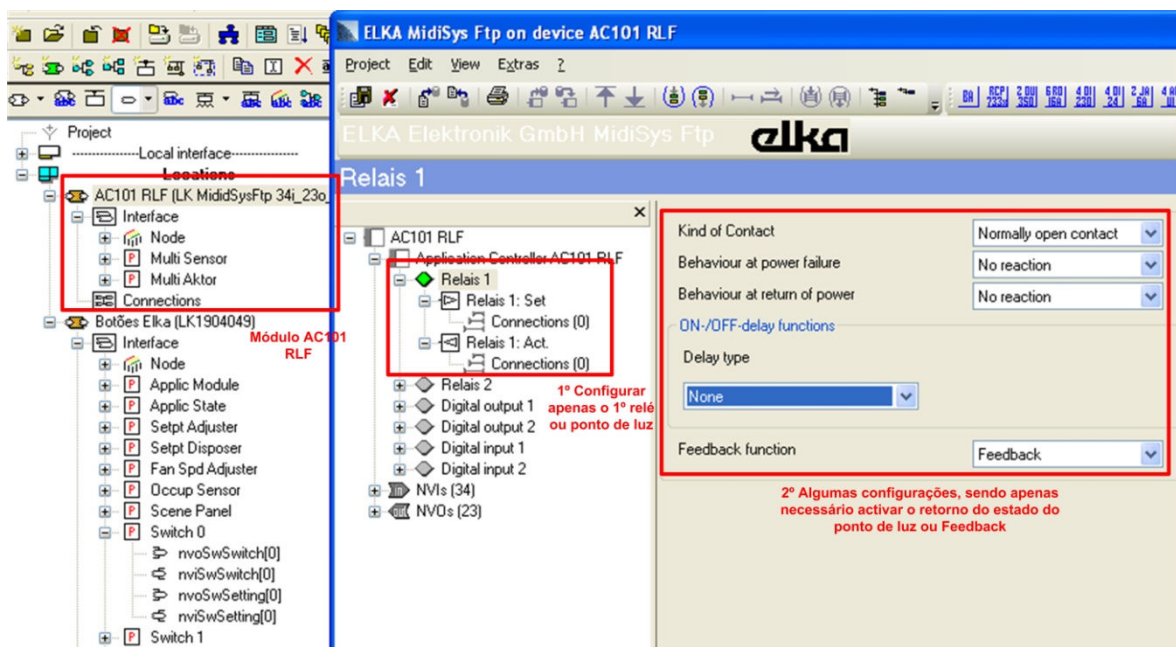


Figura 20 Plugin do AC101 RLF

- 7) Como o módulo permite um dado número de variáveis SNVT, é preciso definir a variável SNVT de entrada (que irá controlar o ponto de luz) como nviSwSwitch[0]. Posteriormente, é necessário definir os valores com que essa variável terá que lidar para um correcto funcionamento (ver Figura 21);

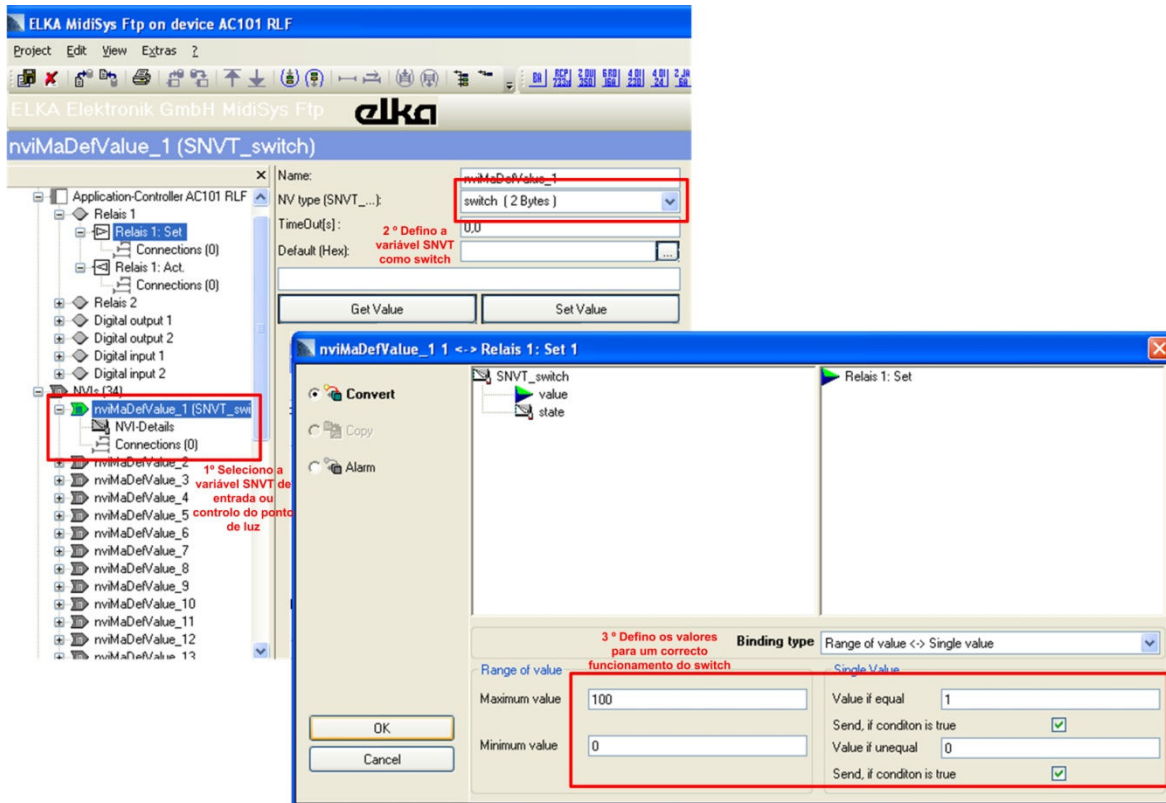


Figura 21 Configuração da variável SNVT de entrada

- 8) Agora realiza-se o mesmo que no passo anterior, mas para a variável de saída, nvoSwSwitch[0], para que o módulo indique o estado do ponto de luz (ver Figura 22);

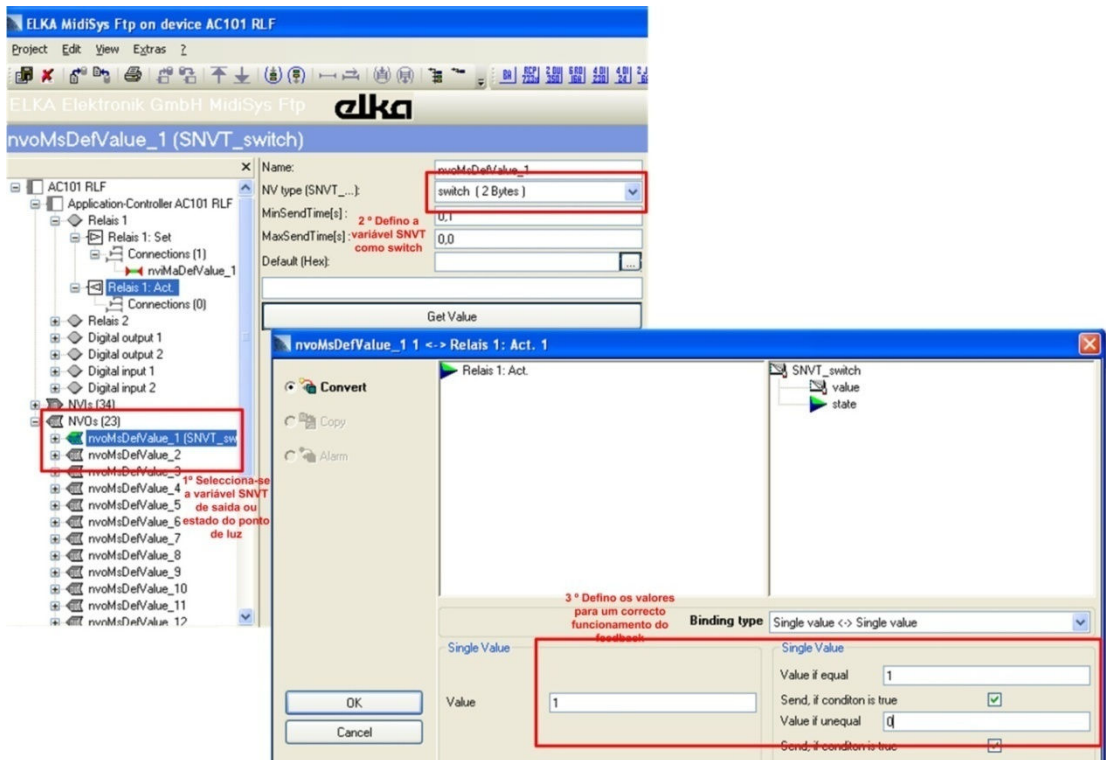


Figura 22 Configuração da variável SNVT de saída

9) Uma vez que as diferentes variáveis já se encontram correctamente configuradas, é necessário ligá-las entre o módulo e o dispositivo dos botões. Como as variáveis SNVT são unidireccionais, uma variável de entrada só pode ligar a uma variável de saída e vice-versa (ver Figura 23).

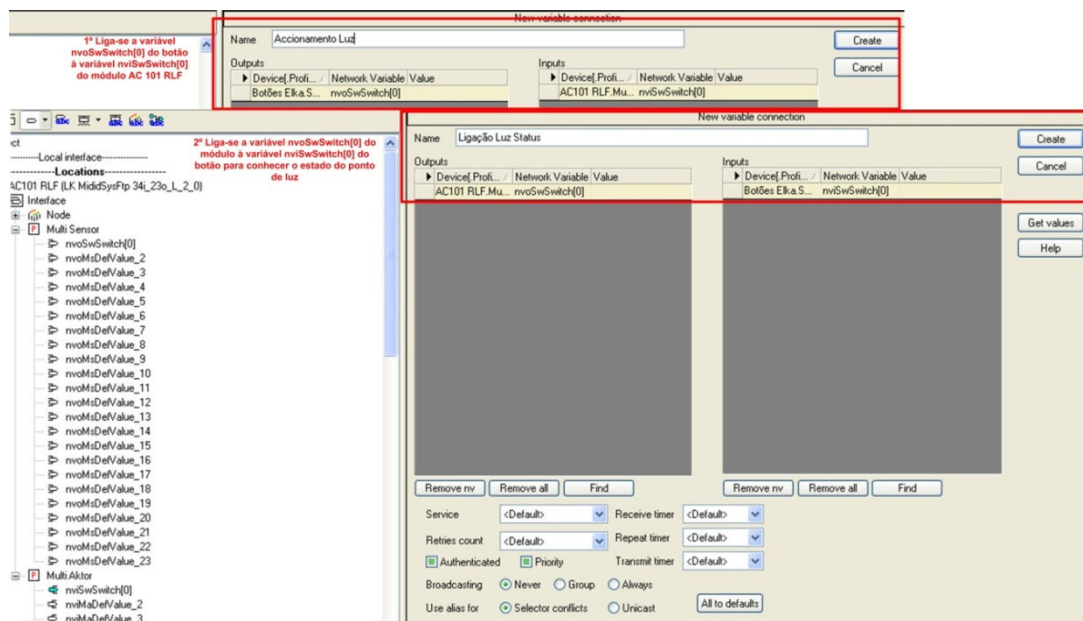


Figura 23 Ligação das diferentes variáveis SNVT.

10) Por fim realiza-se a programação dos dispositivos, em que ao seleccionar-se a rede, faz-se o download integral de todas as configurações concebidas até ao momento (ver Figura 24).

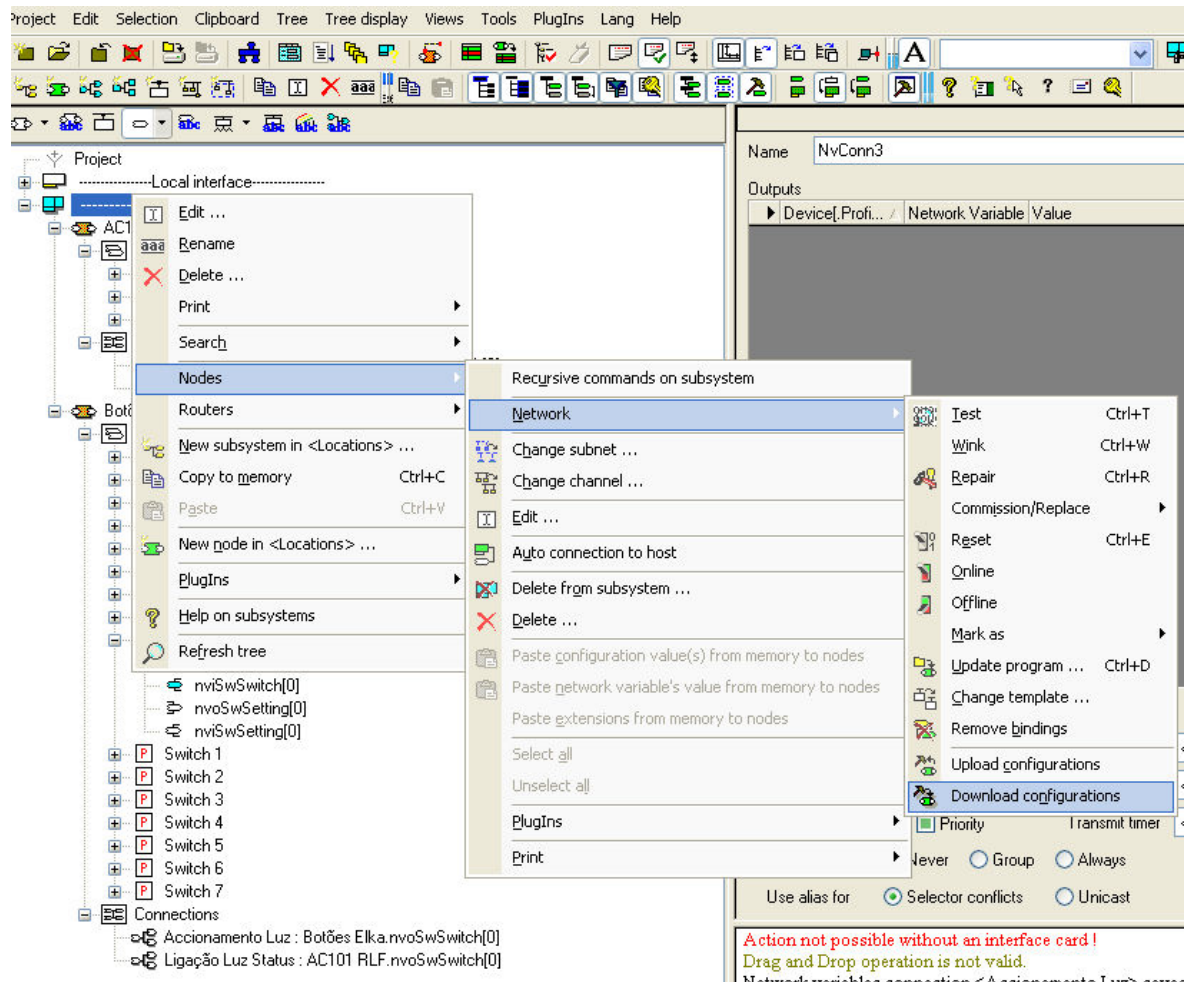


Figura 24 Passagem das configurações para os dispositivos.

Neste exemplo, apesar de se ilustrar a sequência de programação passo-a-passo, para outros tipos de funcionalidade, como controlo de persianas, configuração de sensores, etc, o método pode ou não ser exactamente igual. Para confirmar qual o método mais correcto, é necessário ler os *datasheet* dos fabricantes e os respectivos documentos PDF do *profiles*, disponibilizados pela Echelon [42].

### 3.1.3. DEMONSTRADOR

Para este, iremos apresentar funcionalidades, tais como saídas para iluminação, persiana e regulação de fluxo (*dimmer*). Teremos a ter visualização de temperatura e por fim um servidor de controlo remoto.

Nesse Capítulo iremos apresentar um demonstrador para LonWorks e outro para KNX/EIB, com as funcionalidades anteriormente referidas. Para tal, teve-se o cuidado de ambos os demonstradores terem o mais possível as funcionalidades semelhantes.

Para LonWorks, para ser possível apresentar as funcionalidades referidas anteriormente, foi necessário realizar uma escolha criteriosa de componentes. Essa escolha foi em parte limitada pelo material ao qual se teve acesso, dando origem à seguinte tabela (ver Tabela 2):

Tabela 2 Orçamento da demonstração para LonWorks.

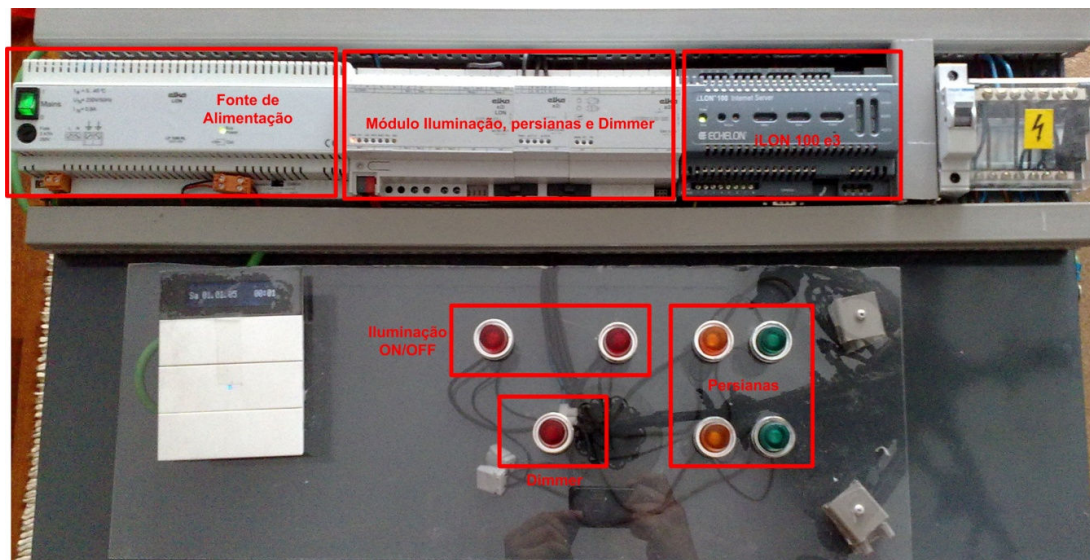
	DESIGNAÇÃO	QTD	FABRICANTE	P. UNITÁRIO	TOT. EURO	REFERÊNCIA
1,1	Fonte de alimentação (1,5 A) [14]	1,00	ELKA	349,00 €	349,00 €	130 01 020
1,2	Módulo e2i AC101 RLF [15]	1,00	ELKA	214,00 €	214,00 €	130 01 601
1,3	Módulo de regulação de Fluxo (Dimming) edu 2.350 [15]	1,00	ELKA	179,00 €	179,00 €	140 01 220
1,4	Módulo Persianas EJA 2.6 AC [15]	1,00	ELKA	74,00 €	74,00 €	140 01 225
1,5	Botão de 8 teclas com termoestáto e LCD [16]	1,00	ELKA	295,50 €	295,50 €	131 03 048
1,6	Servidor Remoto LonWorks [12]	1,00	Echelon	695,00 €	695,00 €	iLON.100 SP3
1,7	Programador USB [48]	1,00	Loytec	295,00 €	295,00 €	130 01 091
1,8	Software de Programação [55]	1,00	Newron System	1.100,00 €	1.100,00 €	NL220
<b>P1</b>	<b>SUBTOTAL (Botões)</b>				<b>3.201,50 €</b>	
	I.V.A. NÃO INCLUÍDO					

A nível de programação dos dispositivos, foi utilizado o software NL220 para [55]:

- Realizar uma primeira programação física, que consiste em receber os endereços físicos de cada nó para uma correcta atribuição das variáveis lógicas.
- Analisar as funções que cada dispositivo irá desempenhar (controlo da iluminação da sala, da persiana da cozinha, etc) e fazer uma atribuição correcta às variáveis SNVT;

- Acertar as configurações e, se necessário, interligar as variáveis SCPT (algo que nesta demonstração não é necessário realizar);
- Interligar correctamente os diferentes variáveis SNVT dos respectivos nós;
- Programar os nós;
- Verificar e acertar eventuais anomalias.

Depois de realizada a programação lógica, foi montada a respectiva demonstração (ver Figura 25), com todos os componentes referidos na Tabela 2, cuja topologia de rede optada é topologia em anel, sendo o meio de transmissão o cabo TP J-Y(*St*) Y 2x2x0,8.



**Figura 25 Imagem final da demonstração LonWorks, depois de finalizada toda a integração e programação**

Por fim, falta analisar-se a utilização do servidor remoto que, além de permitir dar uma percepção mais real do funcionamento e interacção de toda a programação realizada, permite igualmente controlar remotamente a sua gestão (por via Internet ou Ethernet).

O servidor em questão, iLon 100 e3, é fabricado pela Echelon, cuja interface é em HTML/PHP. A sua interface é criada com recurso ao software Macromedia Contribute 3.1 (elaborada pela empresa Adobe), que, ao criar a interface em HTML/PH, interage com o servidor remoto em tempo real, permitindo detectar e corrigir imediatamente eventuais erros (ver Figura 26 e Figura 27). O facto do interface ser baseado em HTML/PHP, não

apresenta limites na concepção do ambiente gráfico, evitando-se que se atinja o limite de armazenamento físico do servidor (128 Mbytes).

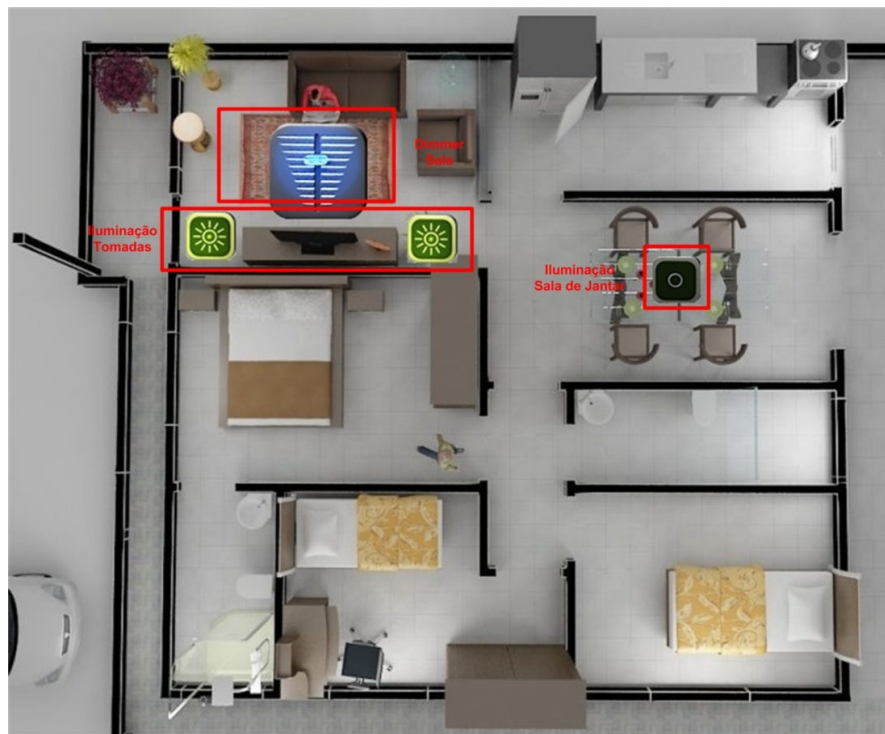
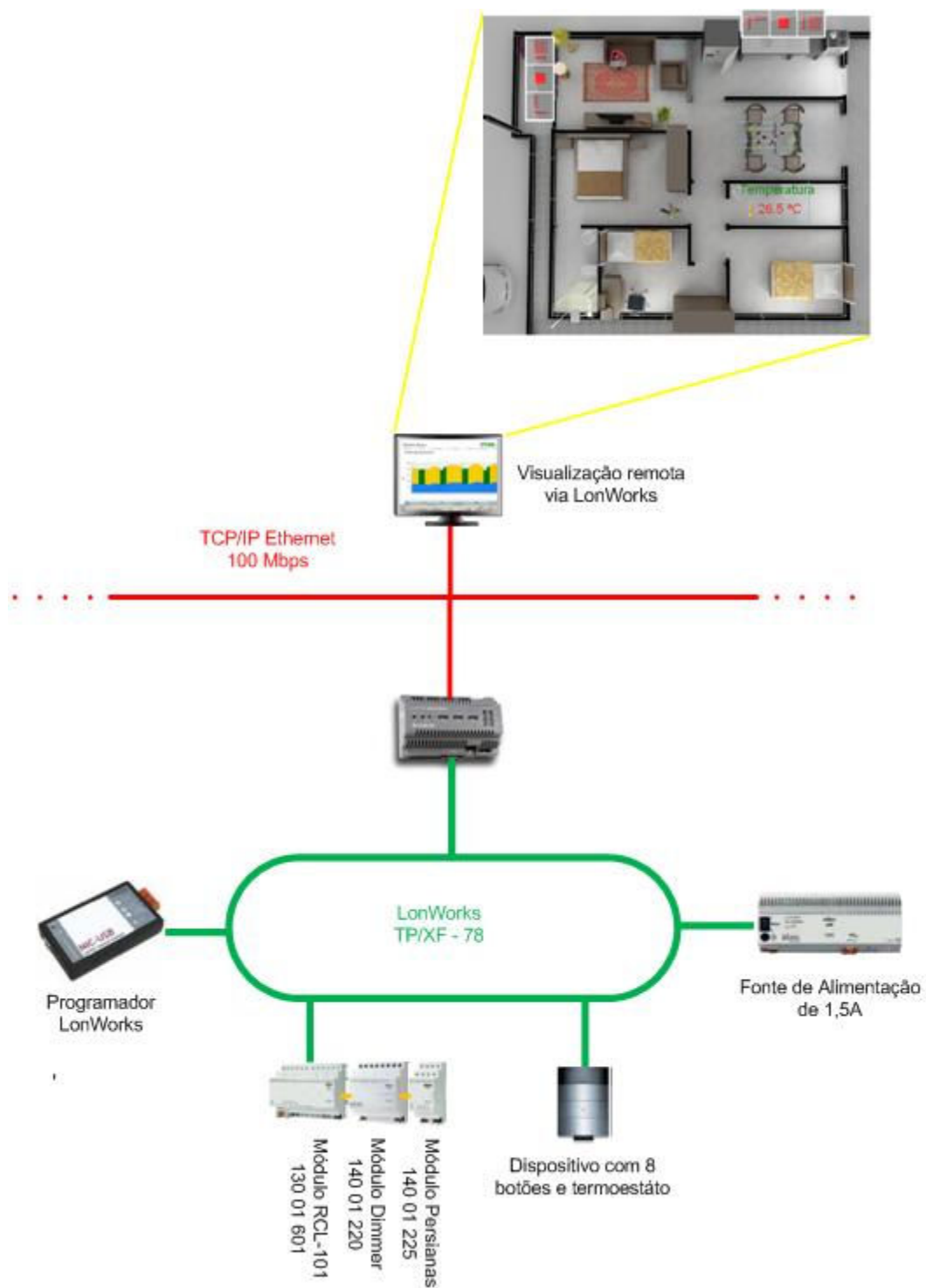


Figura 26 Imagem da primeira página do servidor remoto iLon 100 e3



Figura 27 Imagem da segunda página do servidor remoto iLon 100 e3

Finalmente é apresentado o esquemático da demonstração na figura seguinte (Figura 28).



**Figura 28** Esquemático da instalação LonWorks, utilizado na demonstração.

### 3.2. KNX/EIB

A camada de aplicação, onde se realiza a programação dos dispositivos KNX/EIB, é possível de ser dividida em duas grandes funcionalidades:

- Permite utilizar objectos de comunicação entre diferentes dispositivos (um objecto de grupo pode ser, o controlo duma persiana, temperatura de uma dada divisão, etc), fazendo com que estes de diferentes marcas, recebam os valores dos respectivos objectos de comunicação. Devido às características desta, os objectos de comunicação, ao serem transmitidos/recebidos, não necessitam de estabelecer uma ligação (deve-se às mensagens se transmitirem para toda a rede);
- Ajuda os dispositivos a “compreenderem” as mensagens de configuração (conhecidos como serviços de manutenção). Por outras palavras, durante a programação dos dispositivos, é estabelecida uma comunicação orientada à conexão, para uma actualização correcta do *firmware* dos dispositivos. O programa de programação KNX chama-se ETS, sendo a versão mais recente a 3.0f.

O ETS é o único programa acreditado e certificado para permitir uma programação comum a todos os dispositivos KNX certificados, lançados pelos diversos fabricantes. Além de permitir a programação dos dispositivos, permite fazer diagnóstico da rede (existem outras ferramentas de diagnóstico mais poderosas, mas o ETS para os projectos típicos ou com um grau de dificuldade médio executa a sua tarefa na perfeição).

As bases de dados dos fabricantes (indica ao ETS e ao integrador as funcionalidades dos dispositivos de um dado fabricante), por estes fornecidas, necessitam de ser instaladas no ETS. A extensão dessas bases de dados podem ser .vd1, .vd2, .vd3 e .vd4.

O endereço físico de cada dispositivo é utilizado para a sua individual identificação de cada dispositivo, em que é o próprio ETS a definir o endereço (que anteriormente é definido pelo integrador) e, dependendo da estrutura lógica da rede, a permitir que cada dispositivo fique atribuído a uma dada área e linha.

Existem vários tipos de endereços de grupo, embora iremos indicar os principais (existem num total cerca de 19 tipos de endereço de grupo):

- EIS 1 – 1 bit;

- EIS 2 – 1 byte;
- EIS 5 – 2 bytes;
- EIS 10 – contador de 16 bits;
- EIS 11 – contador de 32 bits.

### 3.2.1. *EXEMPLO DE PROGRAMAÇÃO*

Vamos descrever, de forma pormenorizada, o processo de programação de um dispositivo de controlo de iluminação, que funcione da mesma forma que o controlo de iluminação de uma habitação tradicional (o funcionamento é o mesmo que descrito no subcapítulo 3.2.1).

Os nós a utilizar é o módulo 4910206, da Theben, e os botões cuja referência é 6323, da marca ABB.

A programação será realizada com base no software ETS:

- 1) Ao abrir o ETS, cria-se um projecto novo. Seguidamente, ao assumir que já se possui as bases de dados adiciona-se os dispositivos. Neste exemplo (ver Figura 29), definiu-se como endereços físicos dos dispositivos a área 1, associados à linha 1, com os endereços de 2 e 4 (1.1.2 para o módulo e 1.1.4 para os botões);

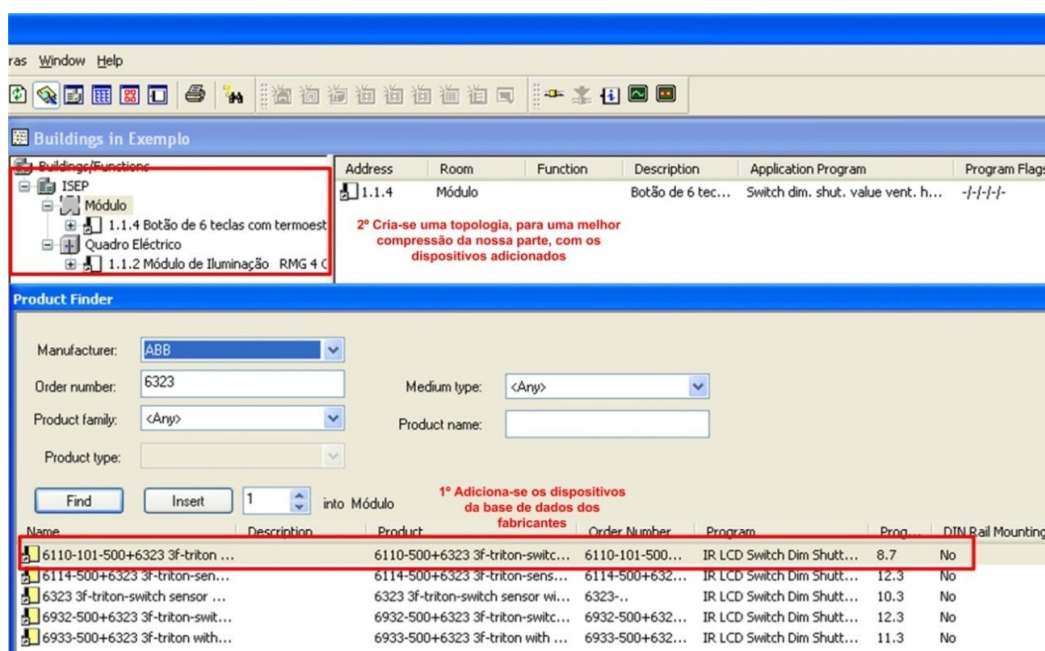


Figura 29 Introdução dos dispositivos

- 2) Criam-se os endereços de grupo necessários para o controlo e determinação do *status* do ponto de luz (ver Figura 30);

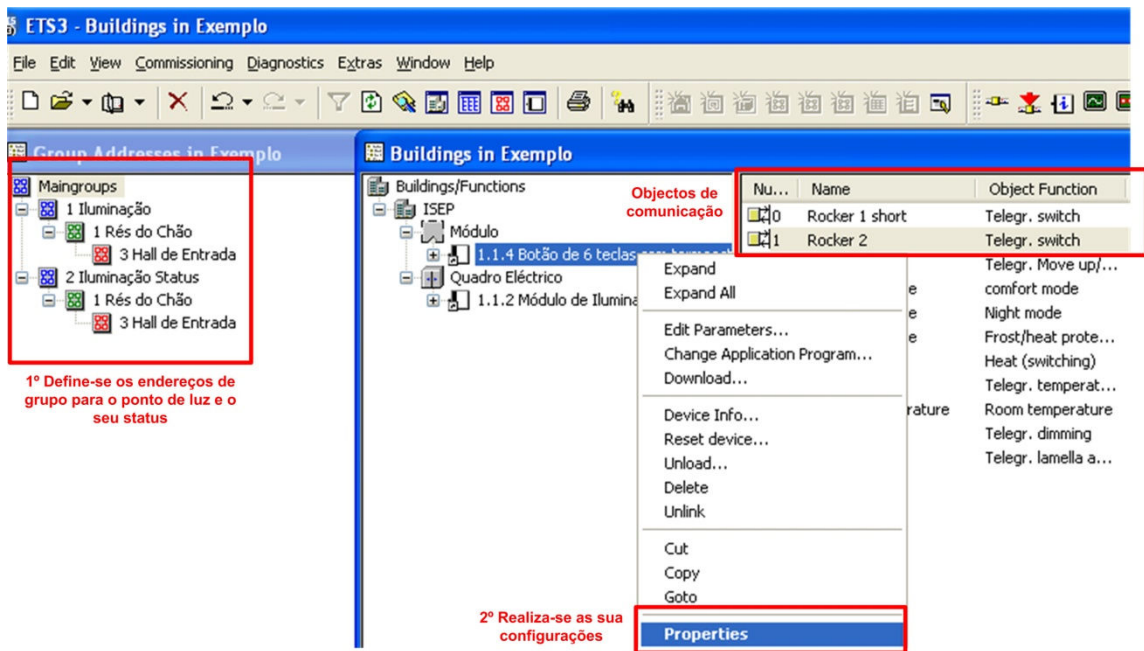


Figura 30 Criação dos endereços de grupo e realização das configurações do dispositivo de botões.

- 3) Realiza-se as configurações necessárias para o botão (ver Figura 31);

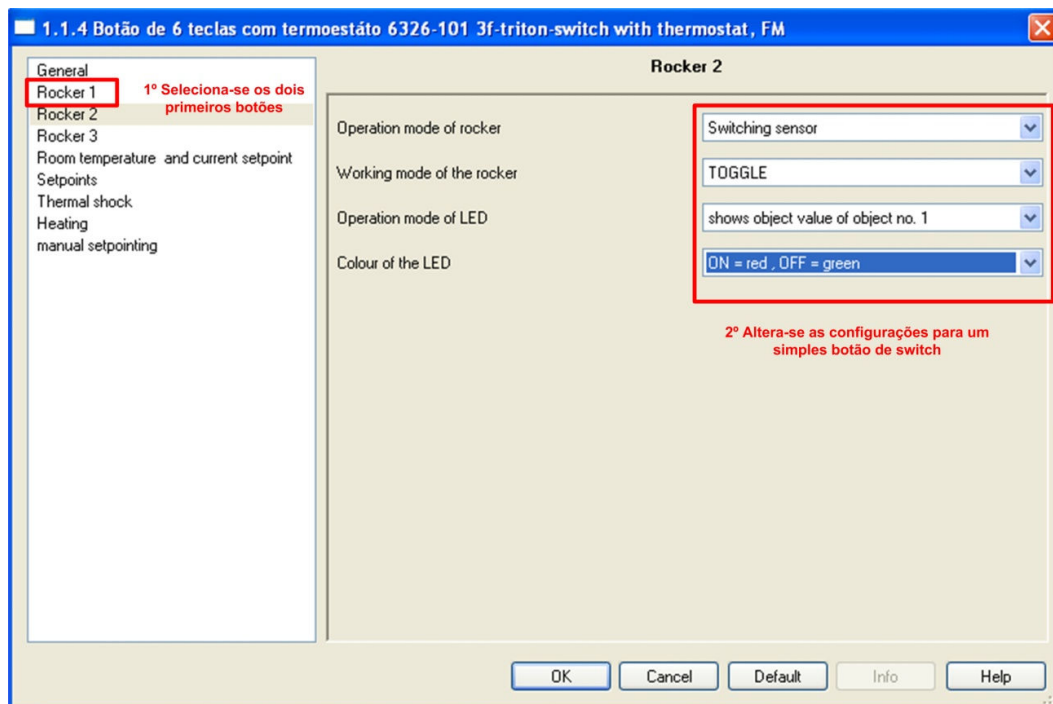


Figura 31 Configurações necessárias para os dois primeiros botões.

- 4) Para o módulo de iluminação, ao acedermos às suas propriedades, confirma-se se encontra seleccionada a função de *switch* ( Figura 32);

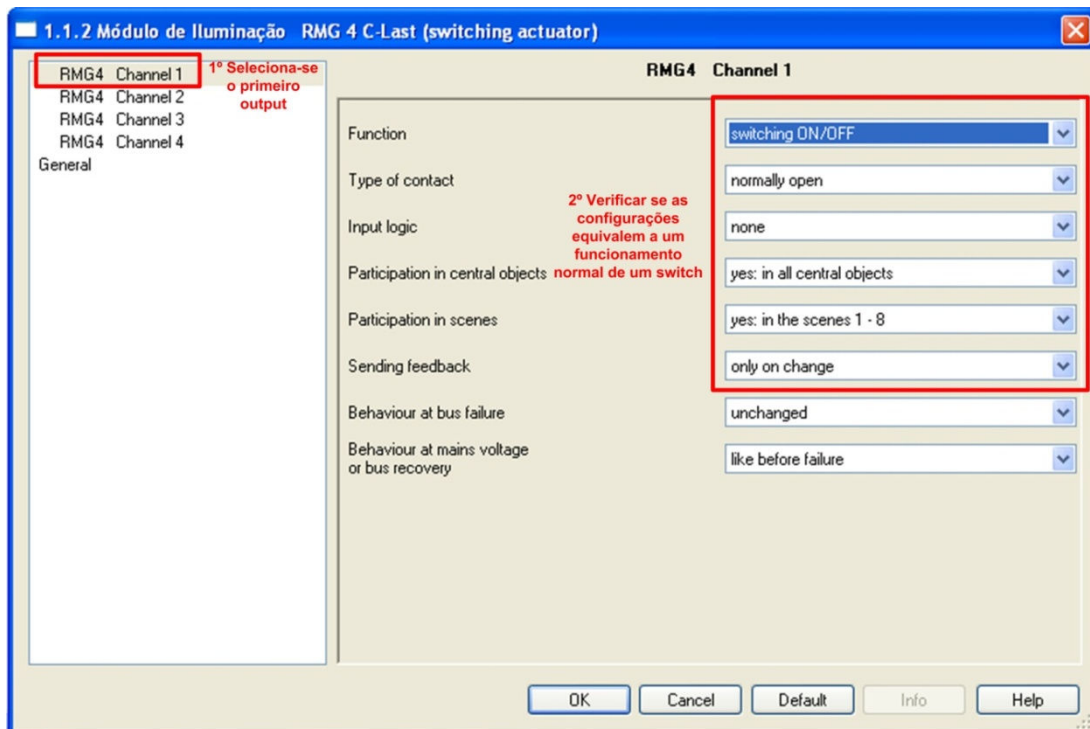


Figura 32 Configurações necessárias para o primeiro *output* do módulo de iluminação.

- 5) Atribuem-se os endereços de grupo ao objecto de comunicação do dispositivo dos botões (ver Figura 33);

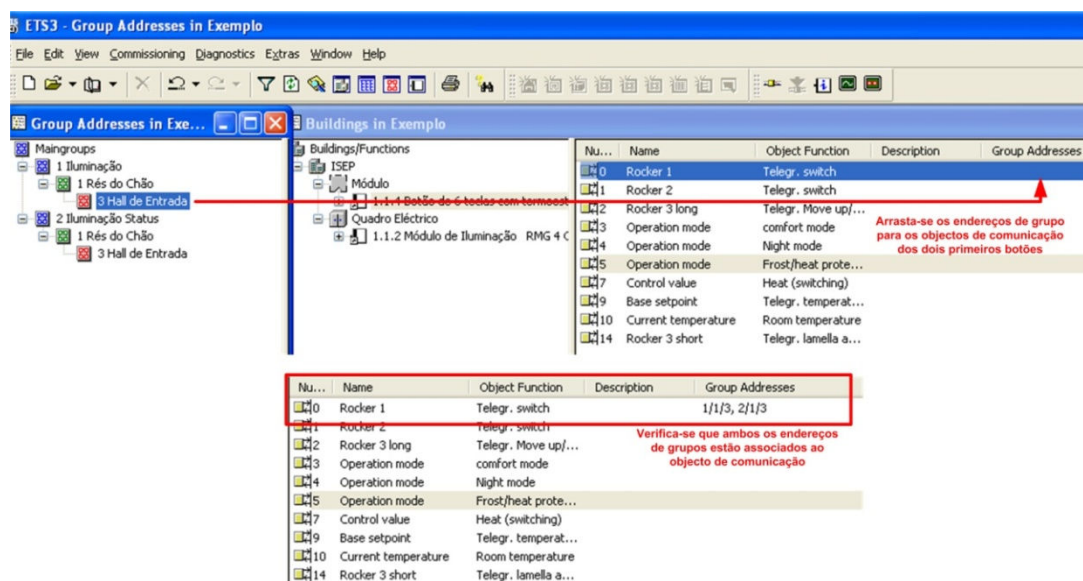


Figura 33 Atribuição dos endereços de grupo ao objecto.

- 6) Para o módulo de iluminação, realizam-se as mesmas operações que no passo anterior (ver Figura 34);

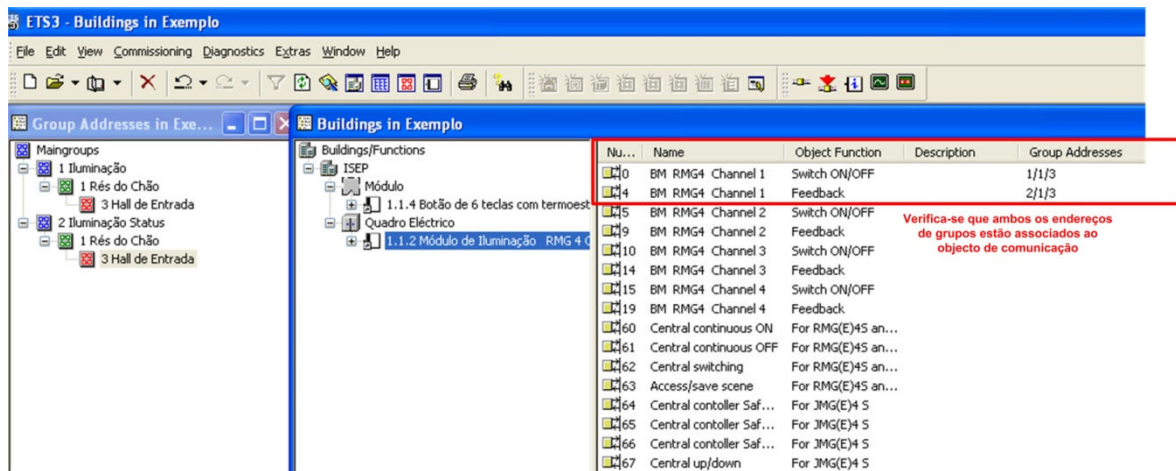


Figura 34 Atribuição dos endereços de grupo aos objectos de comunicação.

- 7) Por fim realiza-se a programação dos dispositivos, seleccionando-se os dispositivos, fazendo-se o download integral de todas as configurações feitas até ao momento (ver Figura 35).

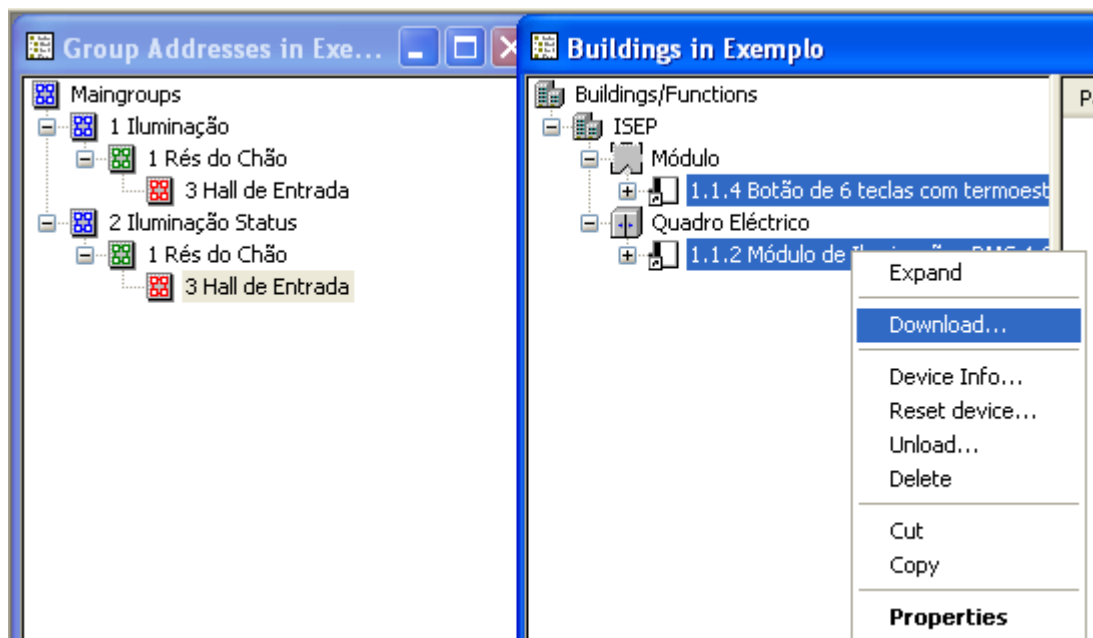


Figura 35 Download dos dispositivos

Tal como foi dito no final do subcapítulo anterior, para cada funcionalidade o método de programação/configuração pode ou não variar, devendo consultar-se os livros oficiais da organização Konnex para não dar origem a erros posteriores [39].

### 3.2.2. DEMONSTRADOR

Tal como o subcapítulo 3.1.3, iremos apresentar para KNX/EIB um demonstrador com as mesmas especificações.

Para apresentar as funcionalidades referidas, relativamente a essa tecnologia, os componentes escolhidos foram (ver Tabela 3):

**Tabela 3 Orçamento da demonstração para KNX/EIB.**

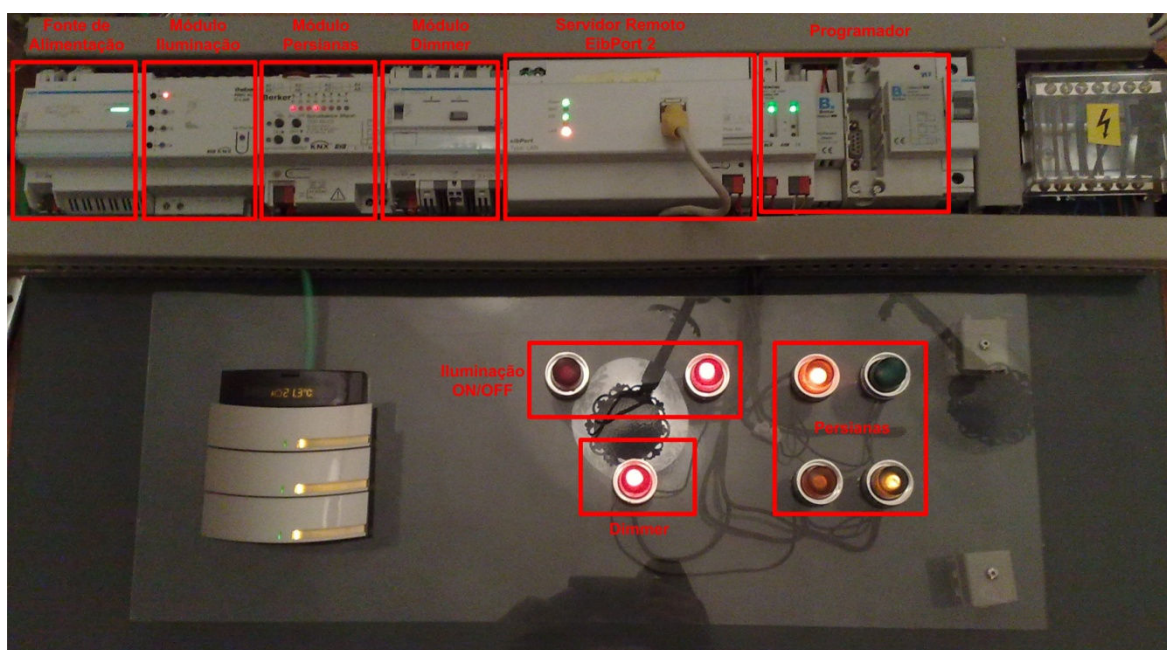
	DESIGNAÇÃO	QTD	FABRICANTE	P. UNITÁRIO	TOT. EURO	REFERÊNCIA
1,1	Fonte de Alimentação [26]	1,00	Hager	321,15 €	321,15 €	TXA111
1,2	Módulo de Persianas [4]	1,00	Berker	395,74 €	395,74 €	7531 80 03
1,3	Módulo de Pontos de Luz [78]	1,00	Theben	365,99 €	365,99 €	4910206
1,4	Módulo de regulação de Fluxo (Dimming) [27]	1,00	Hager	190,93 €	190,93 €	TXA 210A
1,5	Botão de 6 teclas com termostato [34]	1,00	InZennio	190,00 €	190,00 €	Z38 V4.0
1,6	Servidor Remoto KNX/EIB [2]	1,00	Bab-Tec	1.400,00 €	1.400,00 €	EibPort
1,7	Programador KNX/EIB [3]	1,00	Berker	220,47 €	220,47 €	75010012
1,8	ETS [21]	1,00	KONNEX	1.000,00 €	1.000,00 €	ETS 3.0f
<b>P1</b>	<b>SUBTOTAL (Botões)</b>				<b>4.084,28 €</b>	
	<i>I.V.A. NÃO INCLUIDO</i>					

A nível de programação dos dispositivos, foi utilizado o software ETS, considerando-se os seguintes passos:

- Realizar uma primeira programação física, que consiste em receber os endereços físicos de cada nó para uma correcta atribuição dos endereços de grupo;
- Implementar as funções que cada dispositivo irá desempenhar (controlo da iluminação da sala, da persiana da cozinha, etc);
- Interligar os diferentes dispositivos com os respectivos endereços de grupo (elaborados conforme as suas categorias);

- Programar os dispositivos;
- Verificar e acertar eventuais anomalias.

Depois de realizada a programação lógica, foi montada a respectiva demonstração (ver Figura 36), com todos os componentes referidos na Tabela 3, cuja topologia de rede optada é em árvore (circuito aberto), sendo o meio de transmissão o cabo TP J-Y(*St*) Y 2x2x0,8 (essa topologia pode ser vista na Figura 39 da pág. 55).



**Figura 36 Imagem final da demonstração KNX/EIB, depois de finalizada toda a integração e programação**

Iremos analisar, na última parte deste subcapítulo, o servidor remoto que, além de permitir dar uma percepção mais real do funcionamento e interacção de toda a programação realizada, permite igualmente que a sua gestão possa ser realizada remotamente (por via Internet ou Ethernet).

O servidor em questão (EibPort 2) é fabricado pela empresa Bab Tec, cuja interface (ver Figura 37 e Figura 38) é em ambiente Java (sob um browser normalíssimo). Esta é elaborada com recurso ao editor embutido no servidor (que também funciona sob ambiente Java), interagindo com o servidor remoto em tempo real, permitindo detectar e corrigir imediatamente eventuais erros.

O facto de ser o interface Java limita um pouco a concepção do ambiente gráfico, por não existir tanta oferta de interfaces e ícones como para a tecnologia HTML ou PHP.



Figura 37 Imagem da primeira página do servidor remoto EibPort 2

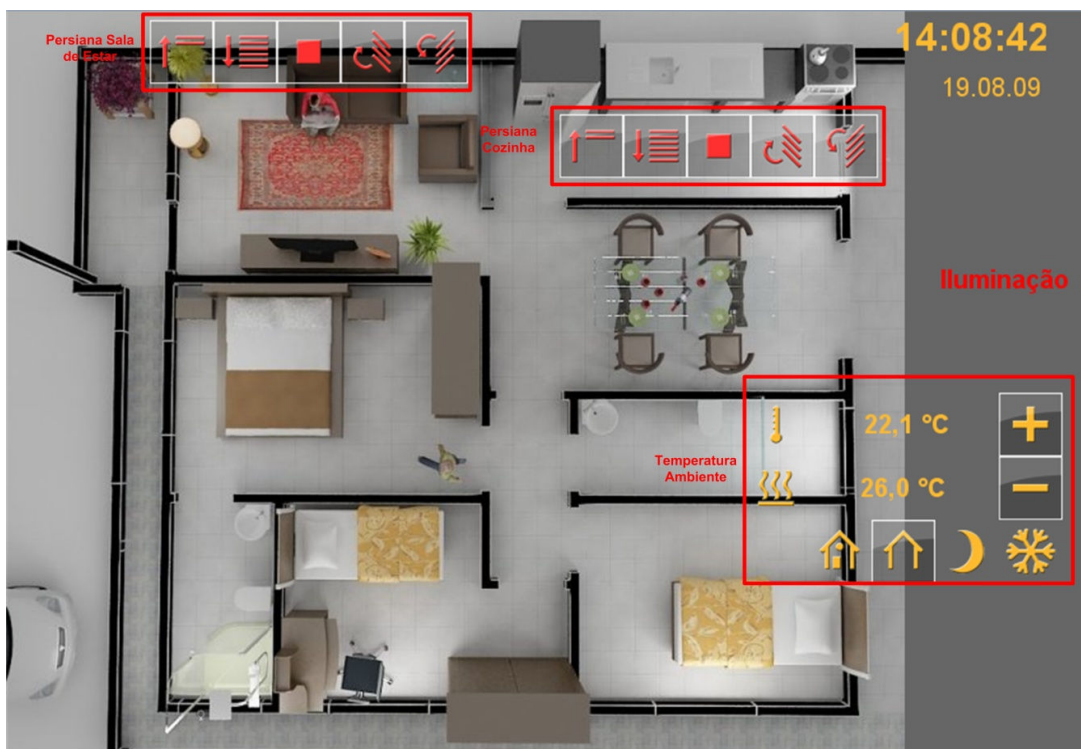
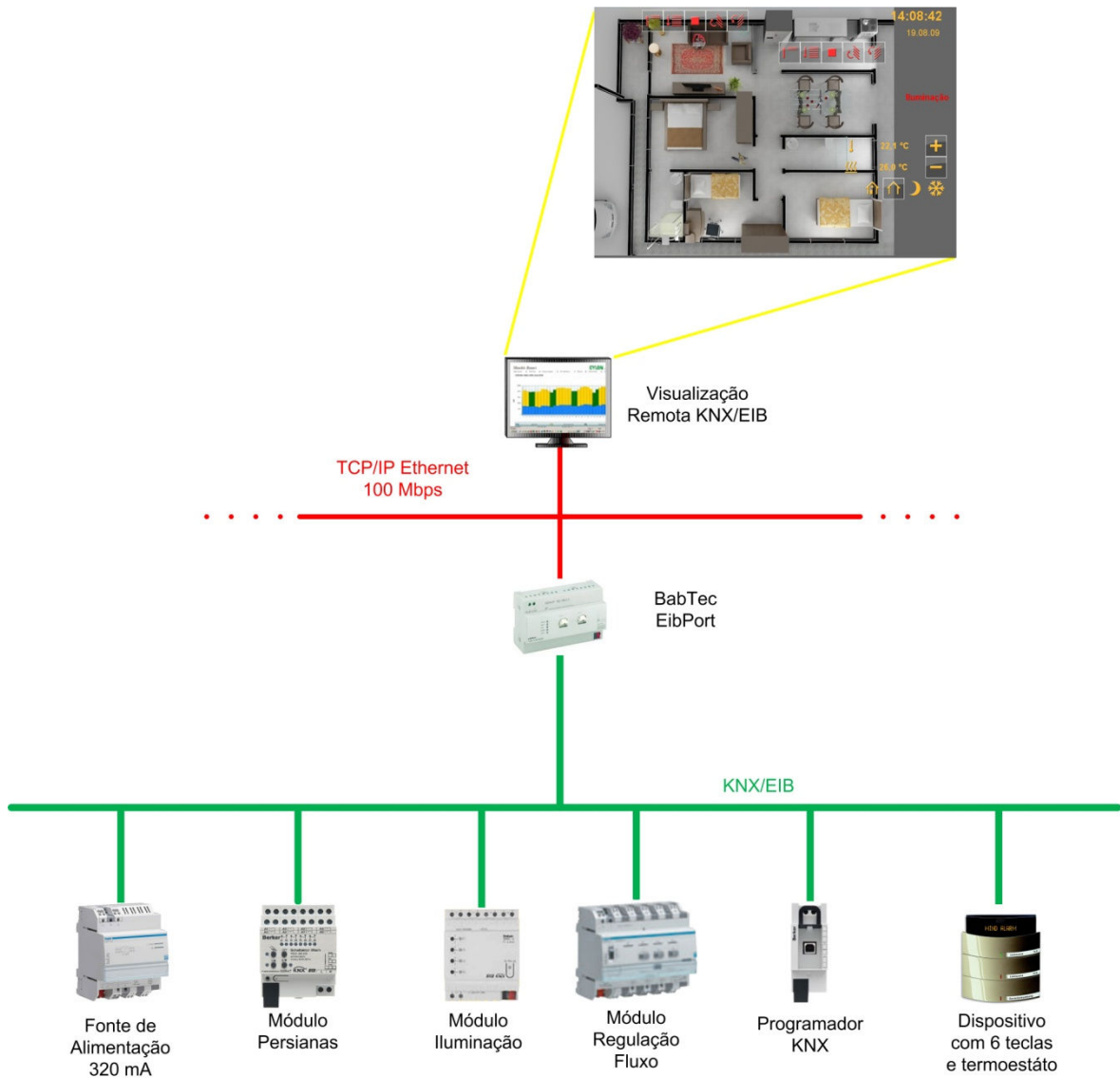


Figura 38 Imagem da segunda página do servidor remoto EibPort 2

Finalmente é apresentado o esquemático da demonstração na figura seguinte (Figura 39).



**Figura 39** Esquemático da instalação KNX/EIB, utilizado na demonstração.

Ao terminar esse Capítulo, em que se abordou um pouco a componente de programação das diferentes tecnologias, iremos avançar, no próximo Capítulo, com o estudo de um projecto.

### 3.3. CONCLUSÕES

Em primeiro lugar, a nível da elaboração e concepção dos demonstradores, devido à sua reduzida dimensão, para ambas as tecnologias o grau de dificuldade foi baixo. Contudo, quando se passa para a implementação ou programação, é que se começa a verificar diferenças significativas. A tecnologia KNX/EIB, sendo programada pelo software ETS, mostrou que o seu interface é muito mais intuitivo que o software NL220 e, por outro lado, é mais trabalhoso programar LonWorks que KNX/EIB.

Ao aliar a programação com o respectivo *hardware*, excepto com os servidores (que irão influenciar o resultado final de uma dada acção – por exemplo o comportamento de um *switch*, que pode funcionar com temporização ou não, etc), conclui-se que ambas as tecnologias apresentam grandes diferenças.

Mas no que concerne aos servidores remotos já se encontram grandes diferenças a nível de aspecto gráfico e de manipulação. No caso do KNX/EIB, é possível escutar a rede, visualizando-se o histórico de mensagens trocadas, ao invés do LonWorks onde tal não acontece. Por fim, o servidor EibPort 2, pelo facto de funcionar com base em ambiente Java, acarreta mais incompatibilidades de visualização que o servidor remoto iLon 100 e3, que funciona em ambiente HTML/PHP.

# 4. CADERNO DE ENCARGOS DO PROJECTO

Este caso prático consiste na análise de um projecto que é a requalificação de uma ala (teste-piloto para exploração futura do restante hospital) do Hospital Distrital de Chaves. Por isso neste Capítulo, iremos descrever todos os requisitos que são necessário cumprirem (elaboração do caderno de encargos – primeiro subcapítulo), indicando no subcapítulo seguinte os passos a seguir para uma implementação correcta.

## 4.1. CADERNO DE ENCARGOS

Dado que as instalações possuem cerca de 36 anos (foi construído em 1973), tornou-se vital requalificá-las. Por isso, como teste piloto, optou-se em requalificar uma ala pequena pertencente ao hospital (ver Figura 40).

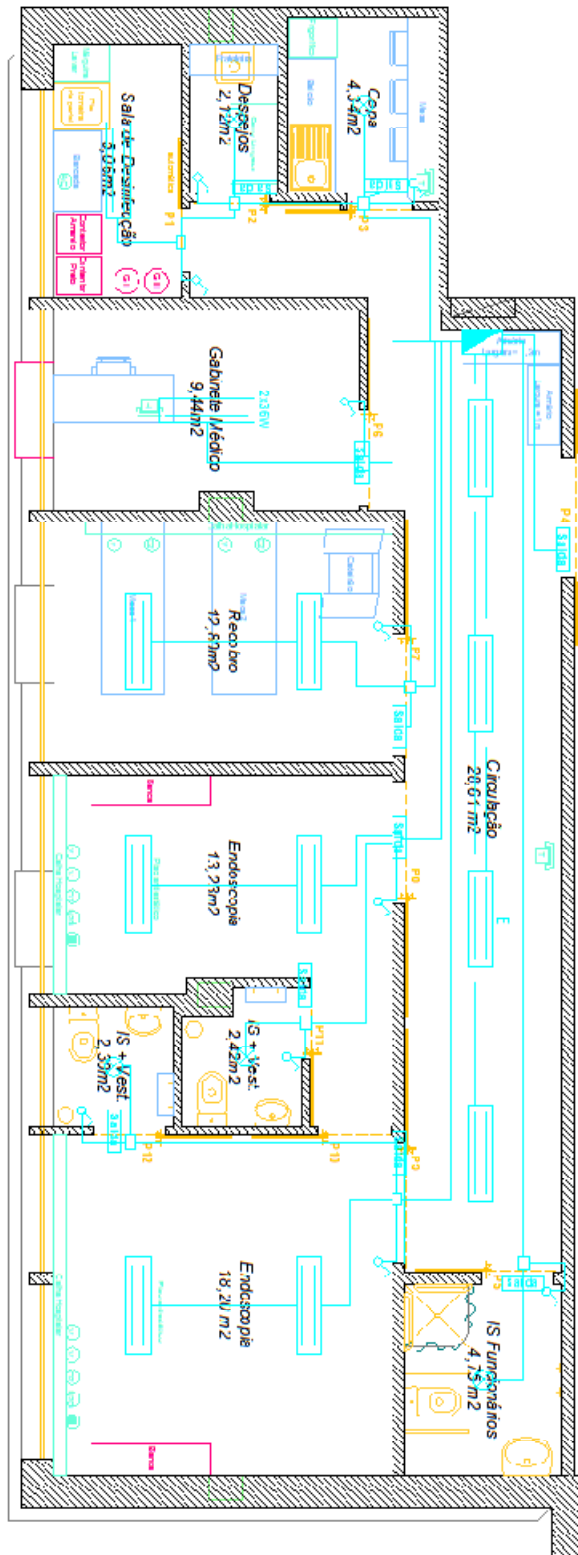


Figura 40 Ala do Hospital Distrital de Chaves em estudo

Sendo assim, iremos enumerar e descrever todos os requisitos obrigatórios, por divisão:

- Corredor de circulação, de 28,61  $m^2$ :
  - ☑ Deverá ter controlo de circulação e renovação de ar, com possibilidade de criar no interior da ala pressões acima ou abaixo da pressão atmosférica;
  - ☑ Deverá conter um painel de visualização para controlo da iluminação, sistema de climatização e persianas.
- Instalação sanitárias dos funcionários, de 4,75  $m^2$ :
  - ☑ Terá na sua entrada um sistema luminoso para chamada de funcionários (médicos e/ou enfermeiros), activo por um interruptor tradicional;
  - ☑ Terá um detector de presença para controlo da iluminação de forma regulável.
- Salas de Endoscopia (de 13,23  $m^2$  e de 18,20  $m^2$ ):
  - ☑ Terão na sua entrada dois sistemas luminosos para chamada de funcionários (médicos e/ou enfermeiros), activos por dois interruptores tradicionais;
  - ☑ Terão 4 persianas para controlar, de forma individual;
  - ☑ Terão dois detectores de presença para controlo da iluminação de forma regulável;
  - ☑ Deverá ter o controlo da temperatura, auxiliado por sistema de ventilo convector (que realiza arrefecimento e aquecimento).
- Instalações sanitárias e Vestiários (2,42  $m^2$  e 2,30  $m^2$ ):
  - ☑ Terão na sua entrada dois sistemas luminosos para chamada de funcionários (médicos e/ou enfermeiros), activados por dois interruptores tradicionais;
  - ☑ Terão 1 persianas para controlar.
- Sala de Recobro, de 12,80  $m^2$ :
  - ☑ Terá, na sua entrada, um sistema luminoso para chamada de funcionários (médicos e/ou enfermeiros), activo por dois/três interruptores tradicionais;

- ☑ Terá um detector de presença para controlo da iluminação de forma regulável;
- ☑ Terá 3 persianas para controlar, de forma individual;
- ☑ Deverá ter o controlo da temperatura da sala, auxiliado por sistema de ventilo convector (que realiza arrefecimento e aquecimento).
  - Gabinete Médico, de  $9,44 m^2$ :
- ☑ Terá um detector de presença para controlo da iluminação de forma regulável;
- ☑ Terá 3 persianas para controlar, de forma individual;
- ☑ Deverá ter o controlo da temperatura da sala, auxiliado por sistema de ventilo convector (que realiza arrefecimento e aquecimento).
  - Sala de desinfeção, de  $5,06 m^2$ :
- ☑ Terá um detector de presença para controlo da iluminação de forma regulável.

As restantes divisões (duas divisões), terão apenas o controlo da iluminação (regulação de fluxo).

Todos os pontos de luzes, 17 pontos, serão controlados através do sistema DALI [6].

Os 4 ventilo-convectores serão auxiliados através de um *chiller* central ou um bomba de calor central, que poderá também ser controlado pelo sistema de automação.

Não existe preferência pela utilização de determinada tecnologia, a nível de rede de campo. Contudo, tem de ser um sistema de automação escalável (para possível expansão do mesmo ao restante hospital) e que possibilite a instalação de um sistema SCADA robusto. Este sistema SCADA deve ser muito versátil a nível de funcionalidades, garantindo que aquele seja aberto ou *standard* aberto. Um sistema aberto significa que o protocolo de domótica não está limitado a um número restrito de fabricantes, sem impedir a entrada a novos fabricantes [61].

## 4.2. ETAPAS A SEGUIR

Sempre que se elabora um novo projecto, é necessário seguir-se uma série de etapas, de forma que a integração de LonWorks seja um sucesso desde a sua concepção até à entrega do projecto sob a forma de “chave na mão” ao cliente final. Essas etapas não são consideradas como totalmente rígidas, dado que a domótica não é uma ciência exacta ou uma metodologia rígida.

### 4.2.1. LONWORKS

Apesar do LonWorks ser muito versátil, requer uma metodologia um pouco elaborada para atingir o sucesso de implementação:

1. Estudo das exigências do cliente e proposta de melhorias e de outras alternativas, se possível (elaboração do caderno de encargos);
2. Verificação da existência de produtos que satisfaçam o caderno de encargos na íntegra, sem nunca ultrapassar a barreira financeira do cliente;
3. Fazer um estudo de retorno financeiro (quanto maior é a eficiência energética, mais depressa é retornado o investimento), ao implementar a tecnologia, no edifício. Geralmente, só compensa para grandes projectos (a partir de 500 dispositivos);
4. Depois de fazer o levantamento dos fabricantes e produtos a utilizar, verifica-se se estão conforme as normas da LonMark, quer os objectos quer as propriedades de configuração;
5. Escolha do software a ser utilizado para a programação do projecto, que tenha como suporte a *plugins* LNS:
  - 5.1. Software de modo gráfico: LonMaker, da Echelon, IPOCS, da SysMik GmbH, etc [11] [77];
  - 5.2. Software em modo estrutural: NL220, da Newron System [57].

6. Verificação de quantos créditos são necessários para a programação<sup>1</sup>;
7. Em função do número de nós que irão estar na rede, verificar se é necessário definir mais que um domínio;
  - 7.1. Verificar se em cada domínio é necessário acrescentar repetidores, devido à quantidade de dispositivos existentes na rede;
  - 7.2. Caso exista mais que um domínio, verificar que tipo de router é necessário colocar, em função das especificações da rede (se é para um sistema de gestão técnica, se é para acesso/controlado via Internet, etc)
8. Elaborar os esquemas de ligações e da rede bus para o projecto em questão, orientando e formando o empreiteiro ou as empresas que irão implementar o projecto no edifício;
9. Com o software de programação escolhido, começa-se a realizar os *upload's* dos dispositivos, para iniciais as configurações necessárias;
10. Depois de finalizadas, criam-se ligações entre as variáveis SNVT's. Se necessário, também se criam endereços de grupo para situações mais especiais;
11. Realiza-se uma verificação global de todo o projecto, para detecção de eventuais erros;
12. Faz-se uma primeira programação de todos os dispositivos, já instalados no edifício em questão;
13. Depois da programação confirma-se se todas as ligações dos módulos estão correctas, alterando-se essas ligações, fisicamente, ou a nível de programação lógica;
14. Confirmar se todos os dispositivos, que realizam interface com as pessoas, tais como interruptores, sensores, etc, estão correctamente configurados;
15. Verificar, uma última vez, se todas as exigências do cliente final foram cumpridas.

---

<sup>1</sup> Cada crédito tem o custo de 5 USD. É utilizado para a programação de um só nó ou para a reconfiguração de uma rede LonWoks. Por exemplo, uma rede com 25 nós requer 25 créditos e se forem necessários 3 reconfigurações da rede, depois de se terminar o projecto, gastam-se mais 3 créditos.

Apesar de estarem definidos os passos anteriores, que ajudam a planejar a implementação de um sistema LonWorks num dado edifício, é preciso haver uma outra referência que permite escolher um dado sistema em função do nível de integração (ver Tabela 4):

**Tabela 4** Classificação dos sistemas em função do nível de integração

Nível de complexidade	Nível de complexidade				
	Até 100	≥ 500	≥1.500	≥ 5.000	≥ 20.000
Número de dispositivos	Até 100	≥ 500	≥1.500	≥ 5.000	≥ 20.000
Integração de subsistemas	Opcional	☑	☑	☑	☑
Interface Gráfica	Opcional	Opcional	☑	☑	☑
Sistema de Gestão de edifícios, (BMS) baseado em SCADA	☒	Opcional	Opcional	☑	☑
Serviços Web	Opcional	Opcional	Opcional	Opcional	☑
Integração de vários fabricantes	☑	☑	☑	☑	☑
Integração entre aplicações B2B	☒	☒	Opcional	☑	☑

#### 4.2.2. KNX/EIB

Para KNX/EIB, apesar de existirem para a sua integração certas etapas semelhantes às da integração LonWorks, devido às suas limitações tecnológicas, as etapas a seguir são menos e não tão criteriosas:

1. Estudo das exigências do cliente e proposta de melhorias e de outras alternativas (elaboração do caderno de encargos);
2. Verificação da existência de produtos que satisfaçam o caderno de encargos na íntegra, sem nunca ultrapassar a barreira financeira do cliente;

3. Fazer um estudo de retorno financeiro (quanto maior é a eficiência energética, mais depressa é retornado o investimento), ao implementar a tecnologia, no edifício. Geralmente, só compensa para médios/grandes projectos (a partir de 256 dispositivos);
4. Em função do número de dispositivos que irão estar na rede, é necessário definir quantas áreas e linhas irão existir na rede:
  - 4.1. Escolher que tipo de acoplador ou router se irá usar para interligar diferentes linhas/áreas e, se necessário, utilizar repetidores de linha, se cada uma tiver mais que 64 dispositivos.
5. Elaborar os esquemas de ligação e da rede bus para o projecto em questão, sem nunca descurar a orientação e formação do empreiteiro ou das empresas que irão implementar o projecto no edifício;
6. Com o software de programação ETS, importam-se as bases de dados dos fabricantes, para permitir a elaboração do projecto e realizar as devidas;
7. Depois de realizadas as configurações, criam-se os respectivos endereços de grupo e interligam-se aos diferentes dispositivos;
8. Realiza-se uma verificação global de todo o projecto, para detecção de eventuais erros;
9. Faz-se uma primeira programação de todos os dispositivos, já instalados no edifício em questão;
10. Depois da programação confirma-se se todas as ligações dos módulos estão correctas, corrigindo-se as ligações erradas, ou fisicamente, mudando as ligações, ou a nível de programação;
11. Confirmar se todos os dispositivos, que realizam interface com as pessoas, tais como interruptores, sensores, etc, estão correctamente configurados;
12. Verificar, uma última vez, se todas as exigências foram cumpridas ou até mesmo ultrapassadas para o cliente final;

Nos dois Capítulos seguintes, iremos elaborar o projecto para a integração das tecnologias LonWorks (Capítulo 5) e KNX/EIB (Capítulo 6).

# 5. PROJECTO – LONWORKS

Proceder-se-á à elaboração do projecto com a aplicação da tecnologia LonWorks, optando-se por uma topologia de rede, que conseqüentemente irá definir qual o sistema de gestão técnica a implementar. Por fim, será feita a sua análise financeira e de engenharia.

## 5.1. ELABORAÇÃO DO PROJECTO

O orçamento foi elaborado de acordo com a análise efectuada do seu caderno de encargos (subcapítulo 4.1), e que cumpre, na íntegra, todos os requisitos, sendo o valor final de 21.900,08 € (sem I.V.A. incluído). O orçamento pode ser visto na Tabela 5 da pág. 68.

Iremos entrar um pouco no detalhe sobre o projecto [8][10][13][41][80][6]:

- Toda a parte da climatização é controlada graças a módulos do fabricante Siemens, dado que é o fabricante que apresenta a melhor e mais versátil gama de produtos/soluções para climatização:
  - ✓ Para a climatização local (Siemens RXC 21.1), o seu controlo é realizado através do dispositivo QAX51.1, cujo meio de comunicação é PPS2 (4,8 kbits/s), próprio da Siemens. Além de sobrecarregar menos a rede LonWorks, inclui termóstato e 6 botões de controlo (*switch*, controlo de persianas, etc);

- ✓ Para este módulo, é necessário incluir duas válvulas térmicas de 3 vias, uma para controlo do fluido quente e outra para controlo do fluido frio, e o respectivo termóstato para verificar a temperatura do ar de saída;
  - ✓ O sistema encarregado de controlar a temperatura dos fluidos necessários para os ventilo-convectores será um *chiller*. Este sistema para ser controlado terá que usar o módulo PXC 12.D, que funciona em BACnet. O sistema BACnet utiliza a tecnologia LonTalk a nível da comunicação entre dispositivos, sendo as restantes camadas próprias do BACnet. Esse protocolo, não proprietário com a norma ANSI/CEA-709.1, é considerado como o standard de controlo de sistemas de climatização. Por isso, é necessário uma interface entre LonWorks e BACnet (PXC00-U e PXX-L11).
  - ✓ O controlador PXC 12.D necessita de duas sondas térmicas, para medir a temperatura à entrada e saída do sistema (QAP 22), estando incluído um sensor para medir a diferença de pressão entre a entrada e a saída e para verificar se o filtro de partículas se encontra obstruído;
  - ✓ Por fim, para realizar uma renovação eficiente de ar da ala, é utilizado um módulo variador de velocidade para sistemas com potência máxima de 3kW (SED2 – 3/22X).
- O sistema de iluminação, totalmente controlado por DALI, permite regulação constante da mesma, graças aos sensores de presença (141 01 000, da ELKA), em que utilizam balastos de uma e duas lâmpadas (ver Figura 42, da página 71);
  - As persianas são controladas por 6 módulos de 2 saídas (140 01 225), que são por sua vez controlados pelo módulo BC20-24 RLF. Este módulo faz interface entre LonWorks e o sistema próprio da Elka, e2i, que está limitado a 5 módulos por controlador, tornando o sistema LonWorks mais barato, com as mesmas funcionalidades.
  - O sistema de sinalização tanto das saídas como das entradas tem o controlador BC20-24 RLF, estando encaixados os respectivos módulos;

- Os sensores de presença (141 01 000, da ELKA) necessitam de um outro módulo controlador e2i, BC10 RLF.
- As divisões onde não vai estar presente o dispositivo QAX51.1, irão receber nós para controlo de iluminação e persianas, da SVEA.
- Por fim, a ala do hospital, além de ser controlada pelo PC tátil, que se encontra interligado com o servidor OPC, da Loytec (130 01 051), permite já fazer uma gestão eficiente da rede LonWorks;
- Mas se essa rede LonWorks for futuramente expandida para o restante hospital, já é necessário utilizar o software NLOPC, da Newron System. É preciso ter em conta a quantidade de dispositivos que irão existir futuramente, em relação ao NLOPC, já que cada módulo tem o seu limite.

**Tabela 5 Orçamento detalhado para LonWorks**

Nr.	DESIGNAÇÃO	QTD	FABRICANTE	P. UNITÁRIO	TOT. EURO	REFERÊNCIA
<b>1</b>	<b>Ala Hospital</b>					
1,1	Room Controller [72]	4,00	SIEMENS	134,10 €	536,40 €	RXC 21,1
1,2	Válvula 3 vias térmicas [74]	8,00	SIEMENS	159,69 €	1.277,52 €	STP72E
1,3	Sondas térmicas Saída do ar [66]	4,00	SIEMENS	18,80 €	75,20 €	QAP 22
1,4	Dispositivo Termostato e botões (PPS2) [67]	4,00	SIEMENS	374,98 €	1.499,92 €	QAX51.1
1,5	Variador de velocidade 3kW [67]	2,00	SIEMENS	333,00 €	666,00 €	SED2 - 3/22X
1,6	Sondas térmicas Saída do ar [66]	2,00	SIEMENS	18,80 €	37,60 €	QAP 22
1,7	Sensor de diferença de pressão [69]	1,00	SIEMENS	155,00 €	155,00 €	QBM66.201
1,8	Gateway LonWorks para BACnet [63]	1,00	SIEMENS	784,50 €	784,50 €	PXC00-U
1,9	Gateway LonWorks para BACnet [65]	1,00	SIEMENS	515,00 €	515,00 €	PXX-L11
1,1	Controlador Desigo PX com comunicação BacNET em LON Bus, 4EU, 2ED, 4SU e 2SD [64]	1,00	SIEMENS	741,78 €	741,78 €	PXC12.D
1,11	Fonte de Alimentação 1,5ª [14]	1,00	ELKA	349,00 €	349,00 €	130 01 022
1,12	Controlador DALI e2i [17]	1,00	ELKA	371,00 €	371,00 €	140 01 215
1,13	Balastro DALI 2 lampadas Tubolares	12,00	OSRAM	110,00 €	1.320,00 €	4050300870885
1,14	Balastro DALI 1 lampadas Tubolares	5,00	OSRAM	96,00 €	480,00 €	4050300870403
1,15	Módulo de 2 persianas ei2 [15]	6,00	ELKA	74,00 €	444,00 €	140 01 225
1,16	BC20-24 RLF [15]	1,00	ELKA	112,00 €	112,00 €	130 01 630
1,17	Sensor se ocupação e2i [20]	6,00	ELKA	109,00 €	654,00 €	141 01 000
1,18	Bus Coupler	6,00	ELKA	47,50 €	285,00 €	140 01 020
1,19	BC10 RLF [15]	1,00	ELKA	144,00 €	144,00 €	130 01 630
1,2	Módulo de Saídas digitais 230V [18]	2,00	ELKA	79,00 €	158,00 €	140 01 240
1,21	Módulo de Entradas digitais 24V [19]	2,00	ELKA	61,00 €	122,00 €	140 01 406
1,22	BC20-24 RLF [15]	1,00	ELKA	112,00 €	112,00 €	130 01 630
1,23	Botão de pressão de 1 tecla System-M Branco [75]	4,00	SVEA	36,40 €	145,60 €	46015-472
1,24	Botão de pressão de 2 tecla System-M Branco [76]	2,00	SVEA	44,90 €	89,80 €	46015-477
1,25	Espelho Simples Branco	6,00	MERTEN	1,16 €	6,96 €	4811 99
1,26	Bus Coupler	6,00	SVEA	84,80 €	508,80 €	14311-237
1,27	PC Táctil [40]	1,00	LexSystem	750,00 €	750,00 €	
1,28	Loytec OPC Server Router [46]	1,00	Loytec	859,00 €	859,00 €	130 01 051
1,29	NL220 Software de Programação [55]	1,00	Newron System	1.500,00 €	1.500,00 €	NL220
1.30	Mão-de-obra	80,00	80 horas	75,00 €	6000,00 €	
<b>P1</b>	<b>SUBTOTAL</b>				<b>20.300,08 €</b>	
1,3	NLOPC - Software SCADA [56]	1,00	Newron System	1.600,00 €	1.600,00 €	NLOPC
<b>P1</b>	<b>SUBTOTAL</b>				<b>21.900,08 €</b>	
	<i>I.V.A. NÃO INCLuíDO</i>					

## 5.2. TOPOLOGIA DE REDE A OPTAR E COMO IMPLEMENTAR

Dado que a ala em questão não exige níveis de segurança e fiabilidade elevadas, não requer que a topologia de rede seja redundante. Mas apesar desse factor, a topologia de rede a utilizar será em forma de anel, em que caso qualquer parte do anel se quebre, a rede continua a funcionar (Ver Figura 4 da pág. 13).

Por outro lado, se for verificado que existe algum subsistema ou dispositivo mais crítico existente na ala, além da segurança da rede, que tem a forma de anel, é possível criar segurança na sua comunicação (por autenticação e por confirmação das tramas - *acknowledge*). Contudo, a técnica de autenticação, utiliza aproximadamente, 4 vezes mais a largura de banda do *bus* que sem autenticação.

Por isso, depois da análise da topologia, o tipo de canal a utilizar é TP / XF – 78 (funciona a 78 kbits/s, cujo cabo de transmissão é TP EIB J-Y(*St*) Y 2x2x0,8), que é o mais utilizado pela generalidade dos dispositivos (ver Figura 41 e a Tabela 6).

**Tabela 6** Número máximo de pacotes em função do tipo de canal

Tipo de canal	Limite máximo de telegramas/s
TP/FT - 78	200 - 250
TP/XF – 1250	600 - 800
TP/XF–1250 (baixo índice de colisões)	1200 – 1300
IP – 852 (Por TCP/IP)	5000 - 10000

Por fim é possível criar outro sistema de segurança, com uma rede IP-852 (por TCP/IP) redundante, que vigia constantemente a rede a nível de ruído, colisões, etc. Em caso de ruptura, automaticamente, o sistema comuta para a outra linha/rede TCP/IP, gerando os respectivos alarmes e os avisos dos diferentes dispositivos. Por exemplo, esse tipo de redundância pode ser criado com o dispositivo L-IP Router Redundant, da Loytec [47].

Por fim, como a rede é muito pequena, o que não requer a utilização de mais de 256 endereços de grupo, não necessita da criação de dois domínios. Os esquemas de rede podem ser vistos nas Figura 41 e Figura 42.

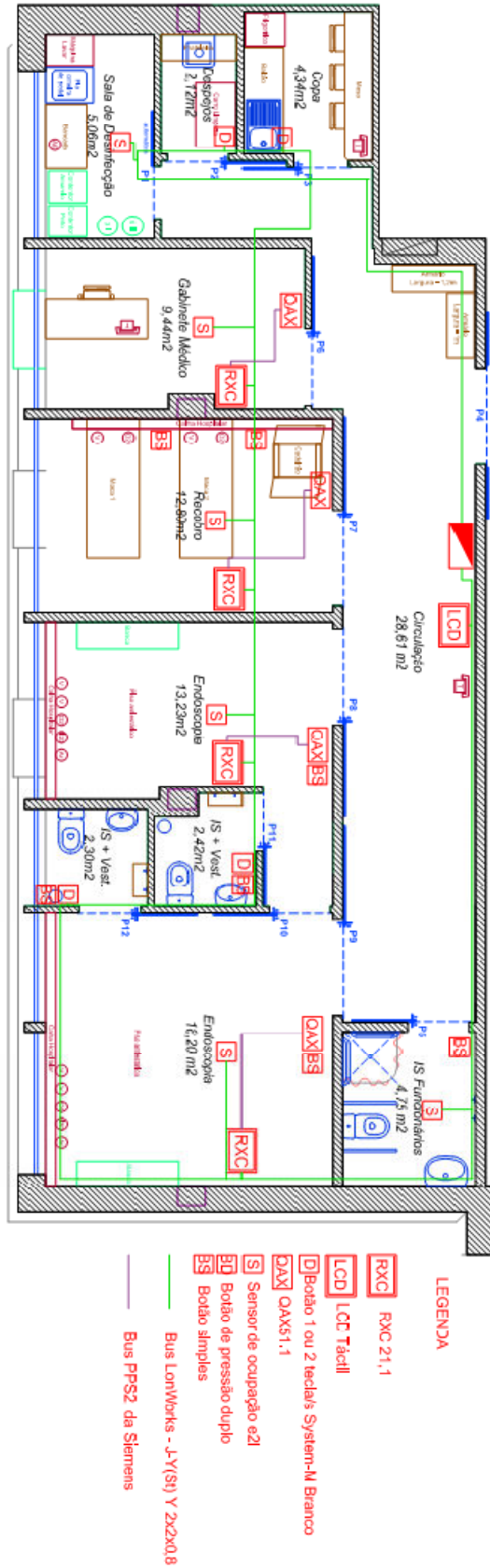


Figura 41 Rede LonWorks aplicada na Ala do Hospital Distrital de Chaves

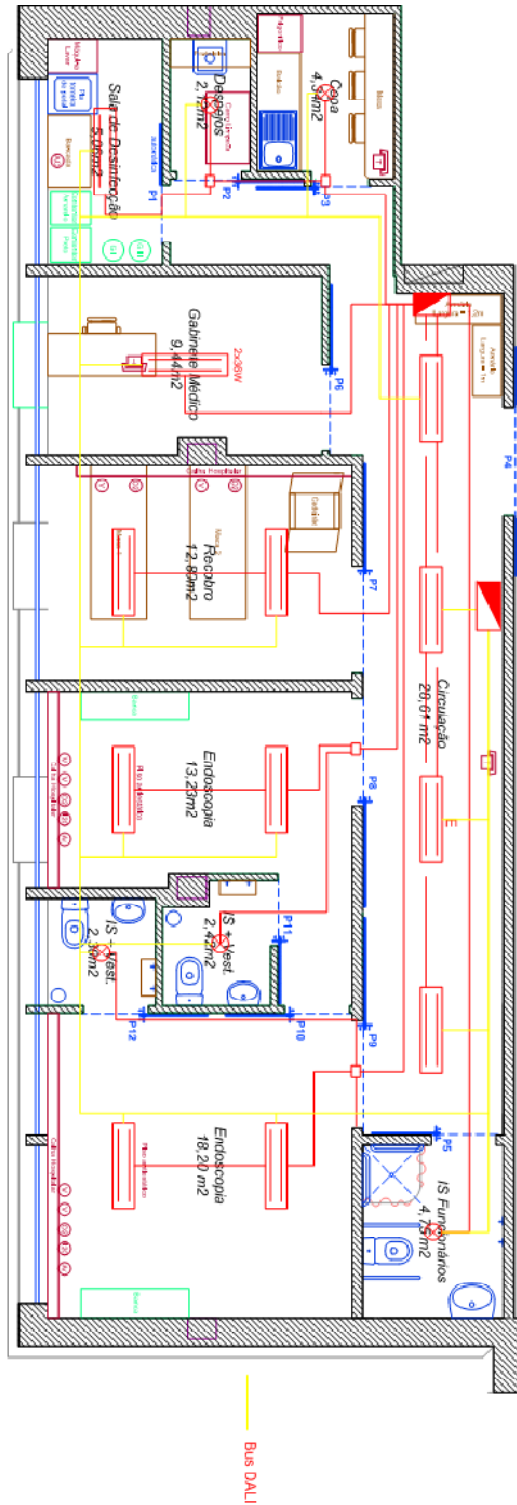


Figura 42 Rede DALI aplicada na Ala do Hospital Distrital de Chaves [6]

### **5.3. ANÁLISE E ELABORAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO TÉCNICA**

Para esta rede escolheu-se inicialmente o servidor OPC (Process Control), da Loytec (130 01 051), como gestora técnica da instalação. Por outro lado, além de realizar a interface entre TP/FT – 78 E IP-852 (meio de transmissão de referência para linhas *backbone*), permite também a gestão e programação remota. Por fim, esse servidor, ao ter a funcionalidade de *router*, realiza filtragem de ruído e de telegramas danificados [47].

Futuramente, se a rede LonWorks for expandida para o restante hospital, é necessário expandir igualmente o *backbone* da rede, utilizando o NLOPC, da Newron System, como software de gestão técnica, com os seus clientes afiliados [57].

O que um servidor OPC pode oferecer é gestão de alarmes, gestão de eventos, monitorização de funções críticas, gestão de recursos, agendar manutenções preventivas, calendarizações, gestão de cenários, etc.

O que difere o servidor OPC, da Loytec, em relação ao da NLOPC, da Newron System são as suas limitações a nível de gestão do número de variáveis SCTP e SNVT, a nível da elaboração de *scripts*, e ao nível do ambiente gráfico. Este tem um peso significativo, dado que quem irá realizar e monitorizar a gestão técnica do edifício são pessoas com nenhum ou quase nenhum conhecimento a nível de automação, o que é muito importante tornar a interface máquina-homem a mais simples possível [47].

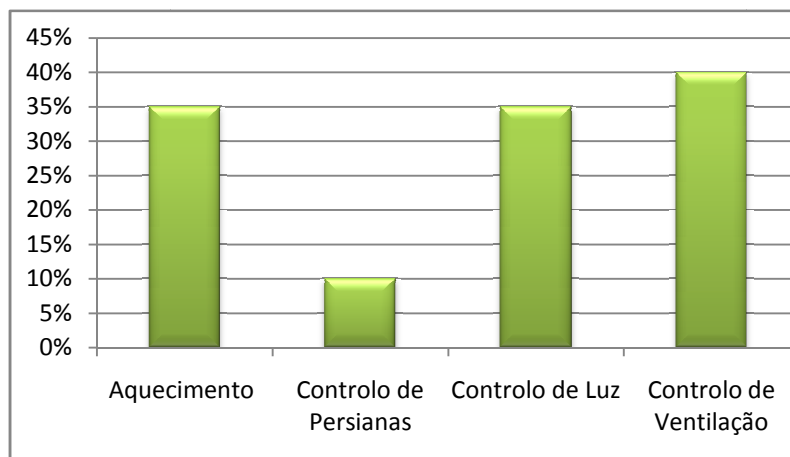
Há muitas mais diferenças entre diferentes tipos de servidores OPC, mas as referências anteriores são as mais significativas.

### **5.4. ANÁLISE FINANCEIRA E DA ENGENHARIA**

Primeiramente iremos proceder à análise financeira do projecto em questão. Dado que o orçamento elaborado cumpre na íntegra todos os requisitos, é necessário analisar o período de tempo necessário para se realizar o retorno total do investimento. Uma das políticas do desenvolvimento de uma tecnologia de automação de edifícios (KNX/EIB, LonWorks, BACnet, etc) é promover e ser capaz de realizar eficiência energética. O Gráfico 1 ilustra, por categoria, a eficiência energética que LonWorks é capaz de proporcionar. Por exemplo, no aquecimento é capaz de efectuar uma poupança de custos que pode ir até 35%. Os valores apresentados não são os máximos, pois esses valores de eficiência energética só atingem o seu máximo, ao aliarem-se a uma estrutura dos edifícios igualmente eficiente.

Optou-se por utilizar valores mais baixos, dentro de cada gama, efectuando os cálculos de forma a obter-se um valor estimado em termos de retorno do investimento, em anos.

**Gráfico 1 Ilustra a eficiência energética de que LonWorks é capaz, por categoria**



**Tabela 7 Características de cada categoria, em termos de automação.**

Eficiência Energética		Potencia Total do sistema		Tempo de ocupação, ao dia	
Aquecimento	35%	Potência total (Aproximadamente)	12 Kwh	Percentagem de utilização	75%
Controlo de Persianas	10%	Potência total (Aproximadamente)	2,40 Kwh	Percentagem de utilização	5%
Controlo de Luz	35%	Potência total (Aproximadamente)	1,62 Kwh	Percentagem de utilização	75%
Controlo de Ventilação	40%	Potência total (Aproximadamente)	2 Kwh	Percentagem de utilização	90%

A tabela anterior, Tabela 7, mostra os valores de eficiência energética, por categoria, que estão aliados à potência instalada na ala do Hospital, com a sua taxa de utilização estimada. Essas três gamas de valores (eficiência energética, potência total do sistema e tempo de ocupação) serão importantes para os cálculos seguintes (ver Tabela 8).

**Tabela 8 Cálculo do retorno financeiro, através da eficiência energética.**

Numero de hora num mês	720 h
Consumo Electricidade Mensal	8739 Kwh
Custo Electricidade	0,1221 €/Kwh
Valor da Inflação	2,6%
Valor do dinheiro anual	6%
Valor poupado ao ano	€ 4.545,02
Valor real	€ 4.161,23

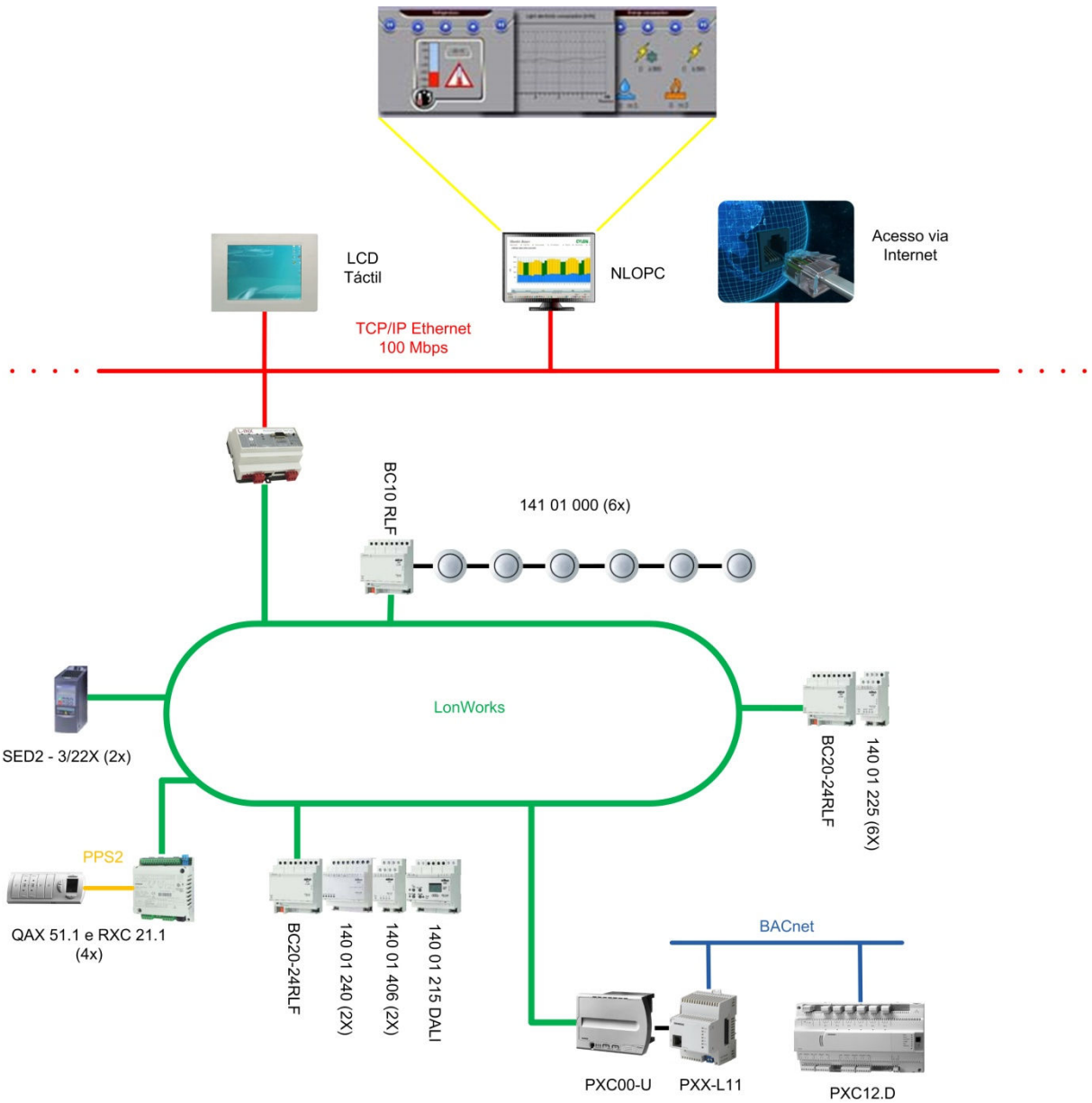
Com base nas três tabelas anteriores, o retorno financeiro realiza-se no 44º mês (aproximadamente) ou ao fim de 3 anos e 8 meses.

Concluimos que, apesar do investimento ser considerável (**21.900,08 €** já a incluir o software de gestão - NLOPC), o retorno financeiro realiza-se dentro do período de exploração previsional (de 3 a 5 anos).

Em termos de engenharia, este projecto exige uma ocupação compreendida entre as 60 a 100 horas, em que uma boa parte do tempo é perdido na configuração do software de gestão técnica. Nesse tempo de ocupação são contabilizadas a análise do caderno de encargos do cliente, a elaboração do projecto, a orientação das empresas instaladoras (de HVAC e instalações eléctricas), a programação de todo o projecto, a optimização dos parâmetros de eficiência energética, os testes da instalação em questão, depois da programação inicial e, por fim, a verificação junto do cliente do cumprimento de todos os parâmetros.

### **Esquema de rede**

Depois de ser elaborado o actual Capítulo, iremos ilustrar uma imagem ilustrativa da rede de domótica presente na ala (Figura 43). Esse subcapítulo encerra o Capítulo presente, dando origem ao Capítulo seguinte, em que irá elaborar-se o projecto que incorpora KNX/EIB.



**Figura 43** Esquema da rede mista (LonWorks, BACnet e TCP/IP), da ala do hospital em estudo



# 6. PROJECTO – KNX/EIB

Este Capítulo é muito semelhante ao Capítulo anterior, em termos de metodologia, sendo agora aplicada a tecnologia KNX/EIB, de acordo com as etapas elaboradas no subcapítulo 4.2.2). Iremos proceder à elaboração do projecto com a implementação da tecnologia KNX/EIB, optando-se por uma topologia de rede que, conseqüentemente irá definir qual o sistema de gestão técnica a operacionalizar, finalizando-se com a sua análise financeira e de engenharia.

## 6.1. ELABORAÇÃO DO PROJECTO

Para KNX/EIB, procurou-se elaborar o projecto de forma que cumpra os requisitos do caderno de encargos e ao mesmo tempo que tenha as mesmas funcionalidades que o projecto para LonWorks. Isso torna mais simples a comparação entre KNX/EIB e LonWorks, a nível de vantagens e desvantagens, apesar da tecnologia LonWorks possuir produtos com alta relevância/utilidade que não existem para KNX/EIB. Com base nesses factos, o orçamento atingiu o valor de 23.320,44 € (sem I.V.A. incluído). O orçamento pode ser visto na Tabela 9 da Tabela 9.

Vamos realçar os principais aspectos do projecto [37][38][39][24]:

- Toda a parte da climatização é, de novo, controlada pela vasta gama de módulos do fabricante Siemens, pelas razões que foram apresentadas no subcapítulo 5.1:
  - ✓ Para a climatização local (Siemens RXB 20.1), o seu controlo é realizado através do dispositivo QAX34.3, cujo meio de comunicação é PPS2 (4,8 kbits/s), próprio da Siemens. Apenas permite configurar o *setpoint* e visualizar a temperatura da divisão graças ao termóstato incluído;
  - ✓ Para este módulo, é necessário incluir duas válvulas térmicas de 3 vias (STP72E), uma para controlo do fluido quente e outro para controlo do fluido frio e o respectivo termóstato para verificar a temperatura do ar de saída;
  - ✓ O sistema encarregado de controlar a temperatura dos fluidos necessários para os ventilo convectores será um *chiller*. Este sistema, para ser controlado terá que usar o módulo RMB795B-1, que funciona directamente com KNX/EIB;
  - ✓ O controlador RMB795B-1 necessita de duas sondas térmicas, para medir a temperatura à entrada e saída do sistema (QAP 22), estando incluído um sensor para medir a diferença de pressão entre a entrada e a saída e para verificar se o filtro de partículas se encontra obstruído;
  - ✓ Por fim, para realizar uma renovação eficiente de ar da ala, é utilizado um módulo variador de velocidade para sistemas com potência máxima de 3kW (SED2 – 3/22X para LonWorks). Dado que não existem módulos dessa categoria para KNX/EIB, utiliza-se esse, necessitando-se de utilizar uma *gateway* conversor KNX/EIB para LonWorks, IntesisBox (da marca Intesis).
- O sistema de iluminação, totalmente controlado por DALI (ver Figura 45, da página 83), permite a regulação constante da iluminação, graças aos sensores de presença (680191, da Merten), utilizando balastros de uma e duas lâmpadas;
- As persianas são controladas por 2 módulos de 8 saídas (TXA 227, da Hager);

- As divisões, excepto corredor principal, irão ter dispositivos de controlo de 2 teclas (627544, da Merten), de 4 teclas (627644, da Merten) e de 8 teclas (627844, da Merten), dependendo da quantidade de funcionalidades necessárias;
- Por fim, a ala do hospital, irá ter um LCD táctil de 5,7’’ (MT701, da Gira) para uma gestão em tempo real);
- Para possibilitar igualmente a gestão em tempo real, irá haver software de gestão da NetxAutomation. O software NETxKNX® OPC Server 3.5 Hardlock permite a criação de um servidor, que com Voyager Basic irá criar a interface gráfica com o utilizador final, autorizando a inclusão da interface SQL para armazenamento do respectivo histórico. Esse software permite a expansão para o restante hospital (ao adquirir o respectivo *upgrade* da licença);
- Por fim, o software de gestão necessita de uma *gateway* KNX – IP para que o software de gestão permita interagir (103000, da Gira).

**Tabela 9 Orçamento detalhado para KNX/EIB**

	DESIGNAÇÃO	QTD	FABRICANTE	P. UNITÁRIO	TOT. EURO	REFERÊNCIA
<b>1</b>	<b>Ala Hospital</b>					
1,1	Room Controller [71]	4,00	SIEMENS	224,00 €	896,00 €	RXB 20.1
1,2	Válvula 3 vias térmicas [74]	8,00	SIEMENS	159,69 €	1.277,52 €	STP72E
1,3	Sondas térmicas Saída do ar [66]	4,00	SIEMENS	18,80 €	75,20 €	QAP 22
1,4	Dispositivo Termostato (PPS2) [68]	4,00	SIEMENS	115,00 €	460,00 €	QAX34.3
1,5	Variador de velocidade 3Kw [73]	2,00	SIEMENS	333,00 €	666,00 €	SED2 - 3/22X
1,6	Gateway KNX LonWorks [33]	1,00	Intesis	1.904,98 €	1.904,98 €	IntesisBox
1,7	Fonte de Alimentação LonWorks [14]	1,00	ELKA	349,00 €	349,00 €	130 01 022
1,8	Sondas térmicas Saída do ar [66]	2,00	SIEMENS	18,80 €	37,60 €	QAP 22
1,9	Sensor de diferença de pressão [69]	1,00	SIEMENS	155,00 €	155,00 €	QBM66.201
1,1	Modulo Universal par RXB [70]	1,00	SIEMENS	612,00 €	612,00 €	RMB795B-1
1,11	Fonte de Alimentação 320mA KNX/EIB [26]	1,00	Hager	321,71 €	321,71 €	TXA 111
1,12	Controlador DALI [52]	1,00	Merten	638,00 €	638,00 €	680191
1,13	Balastro DALI 2 lampadas Tubolares	12,00	OSRAM	110,00 €	1.320,00 €	4050300870885
1,14	Balastro DALI 1 lampadas Tubolares	5,00	OSRAM	96,00 €	480,00 €	4050300870403
1,15	Módulo de 8 persianas [28]	2,00	HAGER	535,61	1.071,22 €	TXA 227
1,16	Sensor se ocupação [50]	6,00	Merten	276,57 €	1.659,42 €	630919
1,17	Módulo de Saídas digitais 230V [29]	1,00	HAGER	275,96	275,96 €	TXA 206A
1,18	Módulo de Entradas digitais 24v [51]	1,00	Merten	336,60 €	336,60 €	644792
1,19	Botão de pressão de 2 tecla plus ARTEC Branco [49]	3,00	MERTEN	115,00 €	345,00 €	627544
1,2	Botão de pressão de 4 teclas plus ARTEC Branco [49]	2,00	MERTEN	126,51 €	253,02 €	627644
1,21	Botão de pressão de 8 teclas plus ARTEC Branco [49]	4,00	MERTEN	165,32 €	661,28 €	627844
1,22	Espelho Simples Branco [49]	6,00	MERTEN	1,16 €	6,96 €	4811 99
1,23	LCD Táctil [25]	1,00	Gira	1.300,00 €	1.300,00 €	MT701
1,24	NETxKNX® OPC Server 3.5 Hardlock [53]	1,00	NetxAutomation	1.339,00 €	1.339,00 €	S03.03.5.20.03.H
1,25	Voyager Basic 4.1[54]	1,00	NetxAutomation	459,00 €	459,00 €	S07.04.1.01.03.H
1,26	IP Router [23]	1,00	Gira	520,97 €	520,97 €	103000
1,27	ETS - Sotware de Programação [21]	1,00	Konnex	1.000,00 €	1.000,00 €	ETS 3.0f
1,28	Mão-de-obra	70,00	60 horas	75,00 €	5250,00 €	
<b>P1</b>	<b>SUBTOTAL (Botões)</b>				<b>22.921,44 €</b>	
1,28	SQL Interface [53]	1,00	NextAutomation	399,00 €	399,00 €	E03.03.5.01.03
<b>P1</b>	<b>SUBTOTAL</b>				<b>23.320,44 €</b>	
	<b>I.V.A. NÃO INCLUÍDO</b>					

## 6.2. TOPOLOGIA DE REDE A OPTAR E COMO IMPLEMENTAR

O meio de transmissão EIB/KNX de eleição é através do cabo TP EIB J-Y(*St*) Y 2x2x0,8, cuja taxa máxima de transferência é de 9600 bits/s, que se equipara a uma taxa máxima de 48 telegramas médios por segundo (Ver Figura 44 e Figura 45). Mas devemos sempre ter em conta o telegrama KNX/EIB mais longo (14 bytes), que faz com que seja possível transmitir o máximo de 24 telegramas por segundo.

Infelizmente, a tecnologia possui outra grande limitação pelo facto de a sua comunicação ser por CSMA-CA o que indica que um dado telegrama, quando transmitido, é difundido para toda a rede, impossibilitando que esta seja fechada ou em forma de anel. Se ocorrer a ruptura de um segmento, todo aquele que se situa entre o extremo da rede e o local da ruptura deixa de operar, estando a restante rede alimentada pela fonte de alimentação, a operar normalmente, caso essa ruptura não cause um curto-circuito.

Por fim, a gestão da rede KNX/EIB, é feita também com a ajuda de uma rede IP a funcionar como *backbone* utilizando um *router* IP, da Gira, cujo software de gestão técnica, da NetxAutomation, realiza essa gestão.

Por outro lado, o *router* IP realiza filtragem a nível de endereços de grupo, embora a sua versatilidade seja um pouco reduzida.

Mas é preciso referir que, caso se pretenda alargar, futuramente, a instalação KNX/EIB às instalações hospitalares, é necessário analisar muito bem até que ponto é possível expandi-la sem causar, em caso algum, uma paragem brusca ou atingir a capacidade máxima da taxa de transferência do bus (9600 bits/s). Como tal nunca poderá ocorrer devido à importância da instalação hospitalar, existem sérias dúvidas sobre se é possível garantir a escalabilidade do sistema, sem afectar a sua estabilidade.

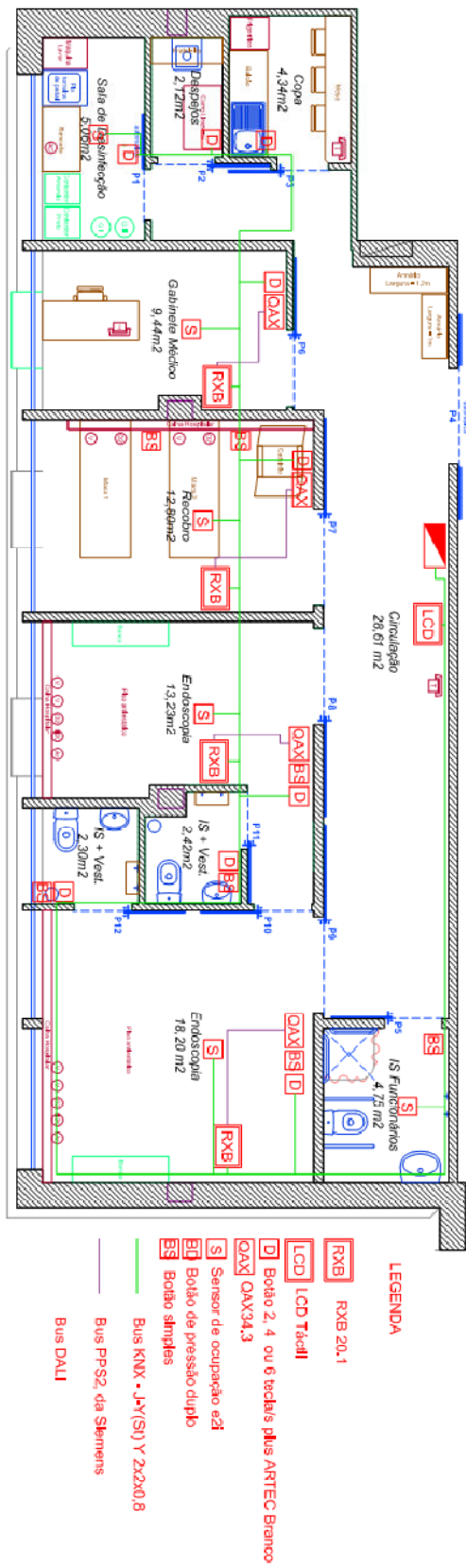


Figura 44 Rede KNX/EIB aplicada na Ala do Hospital Distrital de Chaves

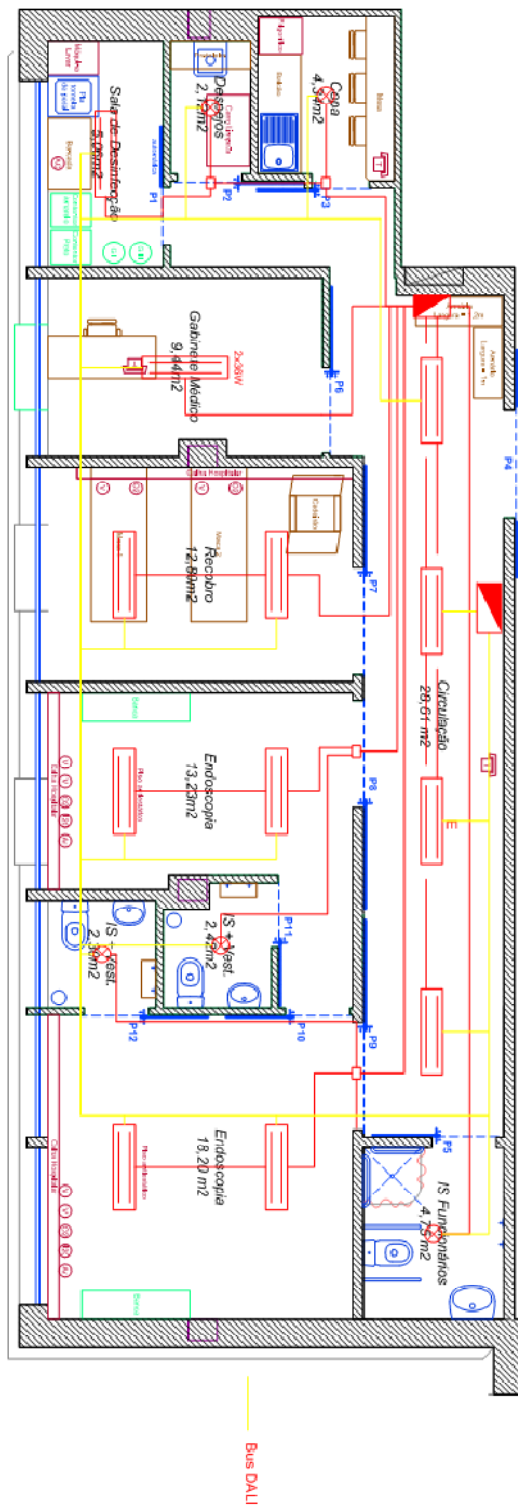


Figura 45 Rede DALI aplicada na Ala do Hospital Distrital de Chaves

### **6.3. ANÁLISE E ELABORAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO TÉCNICA**

Para KNX/EIB, escolheu-se o software de gestão da NetxAutomation, que é considerado o mais poderoso, dentro do segmento de software de gestão técnica par EIB/KNX.

Mas, para implementar a gestão técnica é necessário adquirir dois pacotes de software para o sistema estar operacional:

- NETxKNX® OPC Server 3.5 Hardlock: este pacote de software é que realiza a interligação entre a rede KNX/EIB com Voyager Basic 4.1. Por outro lado, realiza toda a gestão da rede de forma automática e cópias de segurança periódicas;
- Voyager Basic 4.1: este pacote é responsável pela interface gráfica entre o Homem e a rede KNX. Possui um interface bastante intuitivo e apelativo, exigindo o mínimo de formação para operar o software de gestão técnica.

Contudo, em função da expansão do hospital, é necessário realizar um upgrade, tanto ao NETxKNX® OPC Server 3.5 (devido ao facto da instalação aumentar em termos de linhas e áreas, o que obriga ao aumento de EibNodes<sup>2</sup>, estando esse software limitado pelo numero de EibNode's existentes na rede), como ao software Voyager 4.1<sup>3</sup>, dado que está limitado ao número de endereços de grupos que é capaz de suportar. Mas, se for necessário, também se pode realizar um *upgrade* ao software Voyager 4.1, se existir mais que um PC cliente para realizar a respectiva gestão de toda a rede.

### **6.4. ANÁLISE FINANCEIRA E DA ENGENHARIA**

A nível financeiro, como o orçamento elaborado cumpre na íntegra o caderno de encargos, iremos analisar o período de tempo necessário para se realizar o retorno total do investimento.

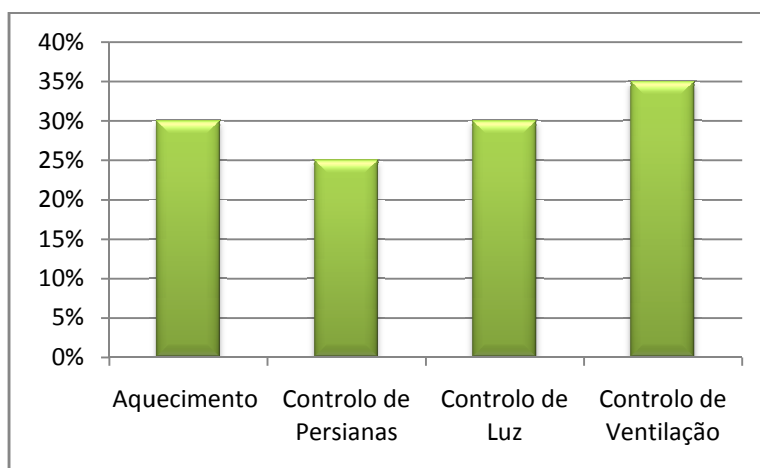
Com base nos valores de eficiência energética do Gráfico 2, divididos por categorias, será calculado, da mesma forma, o retorno financeiro que foi abordado no subcapítulo 5.4

---

<sup>2</sup> Sempre que se aumenta o número de linhas/áreas, é necessário introduzir EibNode's que, além de converterem bus KNX para TCP/IP, realizam uma gestão eficiente da rede.

<sup>3</sup> Existem as versões Voyager Basic 4.1, Voyager Pro 4.1, Voyager Enterprise 4.1 e Voyager 4.1 Unlimited version.

**Gráfico 2 Eficiência energética, por categoria, para KNX/EIB.**



**Tabela 10 Características de cada categoria, em termos de automação.**

Eficiência Energética		Potencia Total do sistema		Tempo de ocupação, ao dia	
Aquecimento	30%	Potência total (Aproximada)	12 Kwh	Percentagem de utilização	75%
Controlo de Persianas	25%	Potência total (Aproximada)	2,40 Kwh	Percentagem de utilização	5%
Controlo de Luz	30%	Potência total (Aproximada)	1,62 Kwh	Percentagem de utilização	75%
Controlo de Ventilação	35%	Potência total (Aproximada)	2 Kwh	Percentagem de utilização	90%

**Tabela 11 Valores bases para realizar o espaço temporal necessário para o retorno financeiro.**

Numero de hora num mês	720 h
Consumo Electricidade Mensal	8739 Kwh
Custo Electricidade	0,1221 €/Kwh
Valor da Inflação	2,6%
Valor do dinheiro anual	6%
Valor Pougado ao ano	€ 3.930,09
Valor real	€ 3.598,23

Ao realizar-se os cálculos de forma a obter-se, temporalmente um valor estimado em termos de retorno do investimento, com base nas três tabelas anteriores, conclui-se que o retorno financeiro realiza-se no 63º mês (aproximadamente) ou ao fim de 5 anos e 3 meses (ver Tabela 10 e Tabela 11).

Basicamente podemos concluir que, apesar do investimento ser considerável (23.320,44 €), já inclui o interface SQL para o software de gestão.

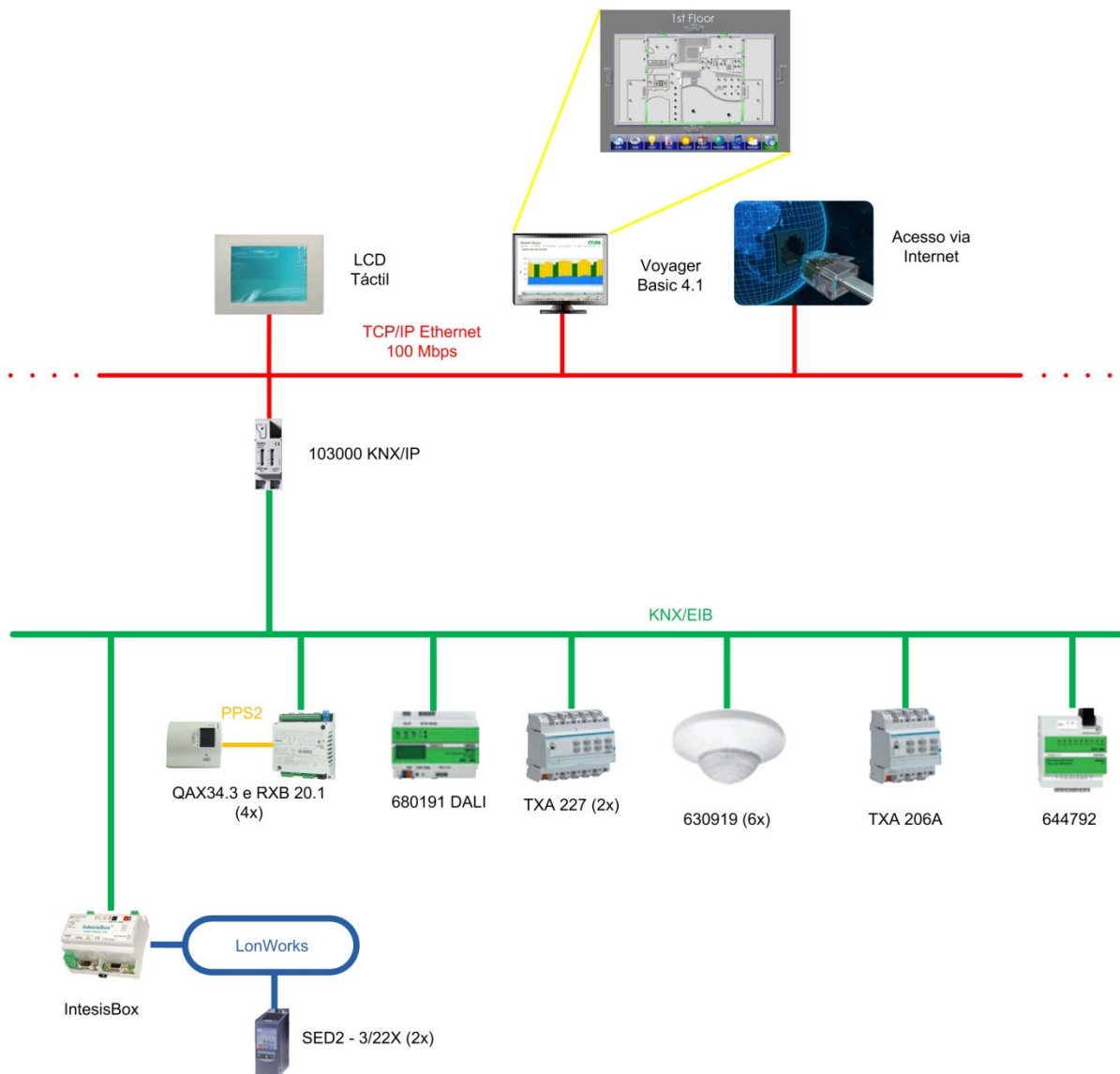
O retorno financeiro obtém-se ligeiramente além do período de exploração previsional (de 3 a 5 anos), o que não põe em causa o projecto de automação.

Em termos de engenharia, esse projecto exige uma ocupação compreendida entre as 60 horas e as 80 horas, em que uma boa parte do tempo é dispendido na configuração do software de gestão técnica. Nesse tempo de ocupação são contabilizados a análise do caderno de encargos do cliente, a elaboração do projecto, a orientação das empresas instaladoras (de HVAC e instalações eléctricas), a programação de todo o projecto, a optimização dos parâmetros de eficiência energética, e os testes da instalação em questão, depois da programação inicial. Por fim, a verificação, junto com o cliente, do cumprimento de todos os parâmetros.

### **Esquema de rede**

Depois de ser elaborado o orçamento, iremos ilustrar um esquemático da rede de domótica e dispositivos presentes na ala (ver Figura 46).

As conclusões dos dois Capítulos (Capítulos 5 e 6) serão tecidas no próximo Capítulo (Capítulo 7), juntando-se às restantes conclusões obtidas ao longo da dissertação



**Figura 46** Esquema da rede mista (KNX/EIB, LonWorks e TCP/IP), da ala do hospital em estudo



# 7. CONCLUSÃO GERAL

Depois de realizar o estado da arte das tecnologias domóticas (Capítulo 2), indicando as tecnologias mais adequadas (KNX/EIB e LonWorks). De seguida elaborou-se uma análise prática destas tecnologias (Capítulo 3) em que ilustra um exemplo de programação e a sua implementação em demonstradores, que posteriormente aplicou-se estas tecnologias num contexto mais prático (projecto numa dada ala do Hospital Distrital de Chaves) nos Capítulos 4, 5 e 6.

Em jeito de conclusão geral, findo este trabalho, poderá-se-ão tecer as seguintes considerações:

- ✓ Em função do contexto da sua aplicação, as vantagens das tecnologias LonWorks são superiores às da tecnologia KNX (vide Capítulos 5 e 6) pelos seguintes motivos:
  - a) **A nível financeiro** (factor não raro definitivo na aceitação ou recusa de um dado projecto), embora, em termos de engenharia esta tecnologia fique mais

dispendiosa, por uma pequena percentagem, uma vez que a programação da rede LonWorks e BACnet<sup>4</sup> é mais complexa e morosa;

b) **A nível de eficiência energética:**

- Permitindo uma mais rápida amortização do valor do projecto;
- Possibilitando uma melhor gestão em sistemas HVAC;
- Realizando de forma mais simples, uma interface com a tecnologia BACnet (com a qual apresenta muitas semelhanças, é a escolhida pela organização ASHRAE), possibilitando um maior controlo dos diferentes sistemas do universo HVAC.

c) **A nível da interoperabilidade**, que aumenta, graças à existência de cerca de 4200 fabricantes afiliados (contra os 300 da tecnologia KNX/EIB), consequentemente a escolha de uma diversa gama de produtos;

d) **A nível da escalabilidade**, oferecendo maiores garantias de expansão da(s) rede(s);

e) **A nível da segurança e das garantias de funcionamento seguro da rede** (tecnologia aconselhada para médias e grandes instalações).

✓ Considerando uma perspectiva transversal das 5 mais importantes tecnologias de domóticas teoricamente comparadas, conclui-se que as mais promissoras/recomendadas são as tecnologias KNX/EIB e LonWorks devido principalmente:

- Às particularidades das suas camadas;
- Às topologias de rede;
- Aos seus *profiles*;

---

<sup>4</sup> Mas é preciso referir, que a tecnologia LonWorks é mais trabalhosa, que por outro lado permite mais liberdade em termos de configurações.

- Potencialidades na sua aplicação, em contextos reais.
- ✓ Tendo em conta uma análise mais prática e aprofundada das 2 tecnologias anteriormente referidas, emergem daí diferenças cruciais a nível da:
- Topologia de rede;
  - Método de programação;
  - Segurança.
- ✓ Esta dissertação afigurou-se de extrema relevância, quer pessoal quer profissionalmente, alargando os conhecimentos existentes sobre as tecnologias domóticas actuais e sobre a sua aplicabilidade em diversos cenários.

Futuramente, para a tecnologia LonWorks, planeia-se estudar as exigências do seu mercado e analisar a hipótese de interligar/integrar as tecnologias LonWorks e KNX/EIB numa mesma instalação de domótica, utilizando o melhor que cada uma delas oferece. Por outro lado também se pretende acompanhar as evoluções tecnológicas mais recentes nomeadamente tecnologia Wireless, ZigBee e a aplicações SmartGrid.



## *Referências Documentais*

- [1] ANIL KUMAR K- ZigBee: Next Generation Wireless Network, Department Of Computer Science Chin University Of Science And Technology, 2005.
- [2] BAB-TEC EIBPORT - [http://www.bab-tec.de/fileadmin/Dateien/pdf/080117\\_eP\\_InstructionSheet.pdf](http://www.bab-tec.de/fileadmin/Dateien/pdf/080117_eP_InstructionSheet.pdf)
- [3] BERKER 75010012 - [http://www.berker.com/typo3temp/menu/a\\_8124658491d.PDF](http://www.berker.com/typo3temp/menu/a_8124658491d.PDF)
- [4] BERKER 75318003 - [http://www.berker.com/typo3temp/menu/D\\_897d68491d.PDF](http://www.berker.com/typo3temp/menu/D_897d68491d.PDF)
- [5] CATCH THE ZWAVE—*Mikhail T. Galeev*, Motorola, October, 2006
- [6] DALI CONTROL, <http://www.dalicontrol.com/dali/>
- [7] DISTECH CONTROLS BUILDING AUTOMATION SOLUTION, <http://www.distech-controls.com/>
- [8] EBV ELEKTRONIK GMBH & CO KG- An Introduction to control networks based on LONWORKS® Technology, Ebv Elektronik Gmbh & Co Kg, Version 5.11, July 2004.
- [9] ECHELON - *LonWorks Engeneering Bulletin 005-0025-01D, 1996.*
- [10] ECHELON CORPORATION- Introduction to the LONWORKS® System, Echelon Corporation, 1999.
- [11] Echelon Corporation, <http://www.echelon.com/>
- [12] ECHELON ILOM 100 E3 - <http://www.echelon.com/support/documentation/datashts/721xx-35x.pdf>
- [13] ELKA - <http://www.elka.de/index.php?langId=2>
- [14] ELKA 130 01 020 DEVICE - [http://www.elka.de/down\\_counter/download.php?URL=http://www.elka.de/media/archive1/pi/lon/pi13001020\\_en.pdf](http://www.elka.de/down_counter/download.php?URL=http://www.elka.de/media/archive1/pi/lon/pi13001020_en.pdf).
- [15] ELKA 130 01 601 DEVICE - [http://www.elka.de/down\\_counter/download.php?URL=http://www.elka.de/media/archive1/pi/e2i/pi13001601\\_en.pdf](http://www.elka.de/down_counter/download.php?URL=http://www.elka.de/media/archive1/pi/e2i/pi13001601_en.pdf)
- [16] ELKA 131 03 048 DEVICE - [http://www.elka.de/down\\_counter/download.php?URL=http://www.elka.de/media/archive1/pi/lon/pi131030xx\\_BIQ\\_Panel\\_en.pdf](http://www.elka.de/down_counter/download.php?URL=http://www.elka.de/media/archive1/pi/lon/pi131030xx_BIQ_Panel_en.pdf)
- [17] ELKA 140 01 215 DEVICE - [http://www.elka.de/down\\_counter/download.php?URL=http://www.elka.de/media/archive1/pi/lon/pi14001215\\_en.pdf](http://www.elka.de/down_counter/download.php?URL=http://www.elka.de/media/archive1/pi/lon/pi14001215_en.pdf)
- [18] ELKA 140 01 240 DEVICE - [http://www.elka.de/down\\_counter/download.php?URL=http://www.elka.de/media/archive1/pi/lon/pi14001240\\_en.pdf](http://www.elka.de/down_counter/download.php?URL=http://www.elka.de/media/archive1/pi/lon/pi14001240_en.pdf)

- [19] ELKA 140 01 406 DEVICE -  
[http://www.elka.de/down\\_counter/download.php?URL=http://www.elka.de/media/archive1/pi/lon/pi14001406\\_en.pdf](http://www.elka.de/down_counter/download.php?URL=http://www.elka.de/media/archive1/pi/lon/pi14001406_en.pdf)
- [20] ELKA 141 01 000 DEVICE -  
[http://www.elka.de/down\\_counter/download.php?URL=http://www.elka.de/media/archive1/pi/lon/pi14101000\\_en.pdf](http://www.elka.de/down_counter/download.php?URL=http://www.elka.de/media/archive1/pi/lon/pi14101000_en.pdf)
- [21] ETS 3.0F – [www.konnex.org](http://www.konnex.org)
- [22] Formation Centers KNX's, <http://www.knx.org/knx-partners/training-centres/list/>
- [23] GIRA 103000 - <http://download.gira.de/data2/17924640507.pdf>
- [24] GIRA GmbH, <http://www.gira.de>
- [25] GIRA MT701 - <http://download.gira.de/data2/1796900507.pdf>
- [26] HAGER TXA111 -  
[http://www.hager.de/files/download/0/171785\\_1/0/EG003\\_V15.zip](http://www.hager.de/files/download/0/171785_1/0/EG003_V15.zip)
- [27] HAGER TXA210A -  
[http://www.hager.de/files/download/0/171785\\_1/0/XAEG003\\_V5.zip](http://www.hager.de/files/download/0/171785_1/0/XAEG003_V5.zip)
- [28] HAGER TXA227 -  
[http://www.hager.de/files/download/0/2275463\\_1/0/EG003\\_V.zip](http://www.hager.de/files/download/0/2275463_1/0/EG003_V.zip)
- [29] HAGER TXA296A -  
[http://www.hager.de/files/download/0/1711334785\\_1/0/EG003\\_V15.zip](http://www.hager.de/files/download/0/1711334785_1/0/EG003_V15.zip)
- [30] HOMEPLUG POWERLINE ALLIANCE - Homeplug Av White Paper, Homeplug Powerline Alliance, 2005.
- [31] HOMEPLUG POWERLINE ALLIANCE – *HomePlug PowerLine Alliance Fact Sheet*, Homeplug Powerline Alliance, 2006.
- [32] HOMEPLUG POWERLINE ALLIANCE- <http://www.homeplug.org/home>.
- [33] INTESISBOX - [http://www.intesis.com/eng/intesisbox\\_knx\\_lon\\_frame\\_eng.htm](http://www.intesis.com/eng/intesisbox_knx_lon_frame_eng.htm)
- [34] INZENNIO Z38 -  
[http://zennio.com/images/stories/zennio/eng/doc\\_tecnica/z38/datasheet\\_inzennio\\_z38\\_eng\\_ed7.pdf](http://zennio.com/images/stories/zennio/eng/doc_tecnica/z38/datasheet_inzennio_z38_eng_ed7.pdf)
- [35] KINNEY, Patrick—*ZigBee Technology: Wireless Control that Simply Works*, Patrick Kinney, 2003.
- [36] KNX Members, <http://www.knx.org/uk/knx-members/list/>
- [37] KNX Organization - *KNX Handbook for Home and Building Control*. 3<sup>o</sup> Release. Belgique, 1999.
- [38] KNX Organization, <http://knx.org/>
- [39] KONNEX - *EIBA Handbook Series, Version 1.0*, 30-03-1999. Pp 5
- [40] LEXSYSTEM – [www.lexsystem.com](http://www.lexsystem.com)
- [41] LONIX BUILDING CONNECTIVITY-Integrator Course, Lonix Building Connectivity, 2007.

- [42] LonMark - Technical Resources - Resource Files - SPID Master List,  
*[http://www.lonmark.org/technical\\_resources/resource\\_files/spid\\_master\\_list](http://www.lonmark.org/technical_resources/resource_files/spid_master_list)*
- [43] LONMARK FUNCTIONAL PROFILE: HEAT PUMP WITH TEMPERATURE CONTROL- *lonmark functional profile: heat pump with temperature control*, LONMARK Interoperability Association, 1996.
- [44] LonMark Internacional, <http://www.lonmark.org/>
- [45] LonMark of Germany, *<http://www.lno.de>*
- [46] LOYTEC 130 01 051 DEVICE -  
[http://www.loytec.com/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=96&Itemid=25](http://www.loytec.com/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=96&Itemid=25)
- [47] LOYTEC GmBH, *<http://www.loytec.com>*
- [48] LOYTEC USB PROGRAMER –  
[http://www.elka.de/down\\_counter/download.php?URL=http://www.elka.de/media/archive1/pi/lon/pi13001091\\_en.pdf](http://www.elka.de/down_counter/download.php?URL=http://www.elka.de/media/archive1/pi/lon/pi13001091_en.pdf)
- [49] MERTEN 627544 -  
[http://www.merten.de/download/DL\\_kat\\_gb/GB\\_2007\\_system\\_m.pdf](http://www.merten.de/download/DL_kat_gb/GB_2007_system_m.pdf)
- [50] MERTEN 630919 - [http://www.merten.de/download/DL\\_kat/Artikelnummern.pdf](http://www.merten.de/download/DL_kat/Artikelnummern.pdf)
- [51] MERTEN 644792 -  
[http://www.merten.de/download/DL\\_broschueren\\_gb/GB\\_Innovations\\_493409\\_04-06.pdf](http://www.merten.de/download/DL_broschueren_gb/GB_Innovations_493409_04-06.pdf)
- [52] MERTEN 680191 -  
[http://www.google.pt/url?sa=t&source=web&ct=res&cd=8&ved=0CC0QFjAH&url=http%3A%2F%2Fwww.merten.de%2Fdownload%2FDL\\_kat%2FArtikelnummern.pdf&ei=FWsgS6mIMoyz4QalxoT0Cg&usq=AFQjCNHNxgzaolBD-QFcbzHZwY7ahDlfjQ](http://www.google.pt/url?sa=t&source=web&ct=res&cd=8&ved=0CC0QFjAH&url=http%3A%2F%2Fwww.merten.de%2Fdownload%2FDL_kat%2FArtikelnummern.pdf&ei=FWsgS6mIMoyz4QalxoT0Cg&usq=AFQjCNHNxgzaolBD-QFcbzHZwY7ahDlfjQ)
- [53] NETXAUTOMATION OPC SERVER 3.5 -  
[http://www.netxautomation.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=54&Itemid=62](http://www.netxautomation.com/index.php?option=com_content&task=view&id=54&Itemid=62)
- [54] NETXAUTOMATION VOYAGER 4.1 -  
[http://www.netxautomation.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=54&Itemid=89](http://www.netxautomation.com/index.php?option=com_content&task=view&id=54&Itemid=89)
- [55] NEWRON SYSTEM NL220 - <http://www.newron-system.com/index.php?Page=soft&Traite=download&Prod=nl220te.pdf>
- [56] NEWRON SYSTEM NLOPC - <http://www.newron-system.com/index.php?Page=soft&Traite=download&Prod=NLOPCte.pdf>
- [57] NEWRON SYSTEM, *<http://www.newron-system.com/>*
- [58] OPEN SYSTEMS FOR HOMES AND BUILDINGS: COMPARING LONWORKS AND KNX —Alan Kell & Peter Colebrook , i&i limited, 2004
- [59] Partner's KNX, *<http://www.knx.org/knx-partners/knx-eib-partners/list/>*

- [60] ROHDE&SCHWARZ- Generation and Analysis of ZigBee IEEE802.15.4 signals in the 2.4 GHz band, Rohde&Schwarz.
- [61] SCADA, <http://www.scadaengine.com/>
- [62] SIEMENS – *Technical Data EIB-TP-UART-IC*, 25.15.10.41.33a; 25.10.01, pp 1
- [63] SIEMENS PXC00-U -  
[https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc\\_get\\_singlefile.asp?soi=58985](https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc_get_singlefile.asp?soi=58985)
- [64] SIEMENS PXC12.D -  
[https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc\\_get\\_singlefile.asp?soi=20885](https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc_get_singlefile.asp?soi=20885)
- [65] SIEMENS PXX-L11 -  
[https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc\\_get\\_singlefile.asp?soi=A6V10239487](https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc_get_singlefile.asp?soi=A6V10239487)
- [66] SIEMENS QAP 22 –  
[https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc\\_get\\_singlefile.asp?soi=20446](https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc_get_singlefile.asp?soi=20446)
- [67] SIEMENS QAX 51.1 -  
[https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc\\_get\\_singlefile.asp?soi=37307](https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc_get_singlefile.asp?soi=37307)
- [68] SIEMENS QAX34.3 -  
[https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc\\_get\\_singlefile.asp?soi=A6V10098184](https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc_get_singlefile.asp?soi=A6V10098184)
- [69] SIEMENS QBM66.201-  
[https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc\\_get\\_singlefile.asp?soi=A6V10236726](https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc_get_singlefile.asp?soi=A6V10236726)
- [70] SIEMENS RMB795B-1 -  
[https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc\\_get\\_singlefile.asp?soi=29693](https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc_get_singlefile.asp?soi=29693)
- [71] SIEMENS RXB 20.1 -  
[https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc\\_get\\_singlefile.asp?soi=A6V10270208](https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc_get_singlefile.asp?soi=A6V10270208)
- [72] SIEMENS RXC21,1 -  
[https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc\\_get\\_singlefile.asp?soi=55792](https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc_get_singlefile.asp?soi=55792)
- [73] SIEMENS SED2 – 3/22X -  
[https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc\\_get\\_singlefile.asp?soi=A6V10258137](https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc_get_singlefile.asp?soi=A6V10258137)
- [74] SIEMENS STP72E -  
[https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc\\_get\\_singlefile.asp?soi=55792](https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/dlc_get_singlefile.asp?soi=55792)
- [75] SVEA 46015-472 DEVICE - [http://www.svea-bcs.de-web.cc/de/downloads/produkt Daten/Bedienelemente/472/Docu\\_System-M\\_and\\_ARTEC\\_pushbutton.pdf](http://www.svea-bcs.de-web.cc/de/downloads/produkt Daten/Bedienelemente/472/Docu_System-M_and_ARTEC_pushbutton.pdf)
- [76] SVEA 46015-477 DEVICE - [http://www.svea-bcs.de-web.cc/de/downloads/produkt Daten/Bedienelemente/472/Docu\\_System-M\\_and\\_ARTEC\\_pushbutton.pdf](http://www.svea-bcs.de-web.cc/de/downloads/produkt Daten/Bedienelemente/472/Docu_System-M_and_ARTEC_pushbutton.pdf)
- [77] SYSMIK GmbH DRESDEN, <http://www.sysmik.co>

- [78] THEBEN 4910206 -  
[http://www.theben.de/fileadmin/downloads/KNX\\_HB\\_D\\_HTS\\_COMPACT\\_OFFICE\\_EIB\\_0401.pdf](http://www.theben.de/fileadmin/downloads/KNX_HB_D_HTS_COMPACT_OFFICE_EIB_0401.pdf)
- [79] TOSHIBA - *Neuron Chip Local Operating Network LSIs TMPN3150/3120*, Toshiba 1999.
- [80] TRIDIUM INC- *Niagara LonWorks Integration Guide*, Tridium Inc, December 16, 2002.
- [81] TUM - Technical University of Munich, <http://portal.mytum.de/welcome>
- [82] ZENSYS A/S- *Z-Wave Protocol Overview*, ZENSYS A/S, July 2004.
- [83] ZIGBEE ALLIANCE - <http://www.zigbee.org/>
- [84] ZIGBEE ALLIANCE- *ZigBee Security*, Zigbee Alliance, 2004.
- [85] ZIGBEE ALLIANCE— *ZigBee Specification*, ZigBee Alliance , Version 1.0, 2008.
- [86] ZIGBEE ALLIANCE—*IEEE Std 802.15.4 – 2006, IEEE Standard for Information Technology – Telecommunications and Information exchange between systems – Local and Metropolitan Area Networks – Specific requirements (LR-WPAN, Low Rate – Wireless Personal Area Network)*, ZigBee Alliance, 2006.
- [87] Z-WAVE ALLIANCE DAY TECHNICAL SEMINAR—Zensys, June 14th, 2005
- [88] Z-WAVE ALLIANCE—*Z-Wave Interoperability & Certification*, Z-Wave Alliance, June 2005.