

# Desenvolvimento de Infra-Estrutura de Comando Multifunções EIB-KNX Para Smartphone

**Adriano Manuel Alves Ferreira**

Relatório Final do Trabalho de Projecto apresentado à  
**Escola Superior de Tecnologia e Gestão**  
**Instituto Politécnico de Bragança**

para obtenção do grau de Mestre em  
**Engenharia Industrial**

Julho de 2012



# Desenvolvimento de Infra-Estrutura De Comando Multifunções EIB-KNX Para Smartphone

**Adriano Manuel Alves Ferreira**

Relatório Final do Trabalho de Projecto apresentado à  
**Escola Superior de Tecnologia e Gestão**  
**Instituto Politécnico de Bragança**

para obtenção do grau de Mestre em  
**Engenharia Industrial**

Orientador:

**Prof. Doutor José Augusto Almeida Pinheiro de Carvalho**

“Este Trabalho de Projecto inclui as críticas e sugestões feitas pelo Júri”.

Julho de 2012



*"Não devemos ter medo dos confrontos,  
até os planetas chocam e do caos nascem as estrelas"*

Autor: Charles Chaplin



# Agradecimentos

Ao meu orientador Professor Doutor José Augusto Almeida Pinheiro de Carvalho pela sua total disponibilidade, amizade e paciência aquando do aparecimento de dúvidas e problemas no desenrolar deste projecto. Por sempre ter fornecido exemplos, críticas construtivas fundamentais no desenrolar do projecto.

A todos os Professores e colegas que contribuíram com ideias novas, sugestões e conceitos transmitidos.

A todos os técnicos de laboratório, funcionários da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança , pela boa vontade que sempre demonstraram, disponibilidade e acessibilidade a todo o material necessário para a realização do projecto.

Finalmente um agradecimento muito especial aos meus pais, família e namorada que sempre me apoiaram nos bons e maus momentos que foram surgindo ao longo do percurso académico.



# Resumo

As redes domóticas têm vindo a assumir um papel de importância crescente em diversas áreas, nomeadamente nos edifícios do sector terciário, e têm vindo a expandir-se ao sector habitacional. Com vantagens reconhecidas, nas componentes de segurança, conforto e racionalização de energia, associado às facilidades fornecidas pelas novas formas de comunicação, esta área possui todos os requisitos para ganhar o estatuto de “cérebro da casa”. Apesar dos progressos recentes nas tecnologias associadas às redes domésticas, num ambiente inteligente exige-se uma boa conectividade entre elementos heterogéneos, eficiência energética, encaminhamento seguro em redes móveis sem fios de baixos recursos, como por exemplo na comunicação com sensores ou actuadores.

Neste trabalho foi desenvolvida a infra-estrutura que permite comandar uma instalação KNX a partir do *smartphone*. O seu desenvolvimento foi focado em aspectos de versatilidade e facilidade de utilização. Neste contexto, o trabalho foi suportado por um conjunto de tecnologia bastante diversificada, quer ao nível das comunicações quer de plataformas. Destaca-se o recurso a comunicações sem fios através de redes 802.11 wifi, comunicações sobre TCP/IP, nomeadamente MODBUS /TCP e protocolos no domínio da domótica como o KNX e KNX-IP. A nível de plataformas, o trabalho foi desenvolvido sobre o sistema operativo Android, tendo a um nível mais baixo sido suportado por controlador KNX/IP e router KNX da Wago. O core do desenvolvimento foi focado na constituição de uma base de dados que relaciona a estrutura do edifício com a funcionalidade da instalação de domótica. Foi igualmente focada no desenvolvimento de uma aplicação que, suportada na informação da base de dados, é capaz de gerar dinamicamente uma interface gráfica que representa a constituição e funcionalidade do edifício, assim como, ser capaz de mapear essas funcionalidades em serviços de comunicações que interagem com a instalação de domótica.

**Palavras chave:** Domótica, EIB/KNX, Android, MODBUS.



# Abstract

The home automation networks have been playing an increasingly important role in several areas, particularly in buildings of the tertiary sector, and have been expanding to the housing sector. With recognized advantages in safety features, comfort and rationalization of energy associated with the facilities provided by new forms of communication, this area has all the requirements to earn the status of "brain of the house". Despite recent progress in technologies associated with home networks, an intelligent environment requires a seamless connectivity between heterogeneous elements, energy efficiency, safe route in mobile wireless networks for low-income, such as communicating with sensors and actuators.

This work was developed infrastructure that allows commanding a KNX installation from the smartphone. The development was mainly focus on aspects of versatility and ease of use. In this context the work was supported by a very diverse range of technology, both in terms of both communications platforms. Of note is the use of wireless networks via 802.11 WiFi, communications over TCP / IP, including MODBUS / TCP protocols and in the field of automation as the KNX and KNX-IP. The level of the work platform is built on the Android operating system in a lower level was supported by controller KNX / IP and router the KNX Wago. The core of the development was focused on building a database that relates the structure of the building with the installation of home automation functionality. It has also been focused on the development of an application supported in the information data base, is capable of generating a graphical user interface which dynamically represents the structure and function of the building, so as to be able to map these features in communication services interact with installation of home automation.

**Palavras chave:** Home Automation; EIB/KNX; Android; MODBUS.



# Conteúdo

<b>Índice de Tabelas</b>	<b>xi</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>xiii</b>
<b>Lista de Acrónimos</b>	<b>xv</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2 Estado da arte no domínio da domótica</b>	<b>3</b>
2.1 Tecnologias . . . . .	3
2.2 Soluções Proprietárias vs Soluções Normalizadas . . . . .	8
2.3 O panorama da domótica na Europa . . . . .	9
2.3.1 KNX . . . . .	10
2.4 O KNX como suporte à utilização sustentável de edifícios . . . . .	14
2.5 Interacção com o sistema . . . . .	18
2.6 Definição do problema . . . . .	19
<b>3 O Problema e as suas tecnologias de suporte</b>	<b>21</b>
3.1 Discussão do problema . . . . .	21
3.2 Redes sem fios ( <i>Wifi</i> ) . . . . .	24
3.2.1 A importância de uma <i>gateway</i> . . . . .	25
3.3 MODBUS . . . . .	25
3.3.1 Estrutura das mensagens . . . . .	26
3.3.1.1 Codificação de dados . . . . .	28
3.3.2 Modelo Cliente/Servidor . . . . .	29
3.4 KNX/IP . . . . .	29

3.4.1	Arquitectura	30
3.4.2	Módulos do KNXnet/IP	32
3.5	ETS	34
3.6	CoDeSys	34
3.7	Sistema operativo Android	35
3.8	Síntese	37
<b>4</b>	<b>Arquitectura da solução</b>	<b>39</b>
4.1	Caso de estudo	40
4.1.1	Infra-estrutura de Domótica	40
4.1.1.1	<i>Topology</i>	41
4.1.1.2	<i>Buildings</i>	43
4.1.1.3	<i>Group Addresses</i>	43
4.1.2	<i>Gateway</i>	45
4.1.3	Plataforma Móvel	48
4.1.3.1	Base de dados local e base de dados remota	49
4.1.3.2	Interface gráfica	52
<b>5</b>	<b>Conclusão</b>	<b>57</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>59</b>

# Lista de Tabelas

4.1	Tabela usada para a construção da base de dados . . . . .	48
-----	---	----



# Lista de Figuras

2.1	Distribuição geográfica dos principais sistemas [2]	4
2.2	Protocolos de rede utilizados na domótica [2]	7
2.3	Tecnologia de controlo KNX [5]	10
2.4	Modelo KNX/EIB	11
2.5	Topologia de uma rede EIB/KNX	12
2.6	Arquitectura de um sistema EIB	13
2.7	Tecnologia de construção convencional [5]	14
2.8	Salas de aula do ZIMT, 1º andar[8]	15
2.9	Dinâmica da temperatura das salas[8]	16
2.10	Comparação do consumo energético [8]	17
2.11	Ecrã Táctil	18
2.12	Painel táctil portátil [16]	19
3.1	Exemplo de um controlo de uma lâmpada através de wifi	23
3.2	Exemplo de uma rede[15]	25
3.3	Pilha de comunicação Modbus [12]	26
3.4	Estrutura de uma mensagem Modbus [12]	27
3.5	Envio de mensagem sem erro de recepção [12]	28
3.6	Envio de mensagem com erro de recepção [12]	28
3.7	Modelo em camadas do protocolo KNXe KNXnet/IP	30
3.8	Exemplo de uma configuração KNXnet/IP [17]	31
3.9	Exemplo de arquitectura com servidor KNXnet/IP implementando tunnelling	33

3.10	Exemplo de arquitectura com servidor KNXnet/IP implementando <i>routing</i> . . . . .	33
3.11	Arquitectura Android [7] . . . . .	35
4.1	Representação das componentes da infra-estrutura de comando . . . . .	39
4.2	Ambiente de trabalho no ETS . . . . .	41
4.3	Janela <i>Topology</i> do ETS . . . . .	42
4.4	Janela <i>Buildings</i> do ETS . . . . .	43
4.5	Janela <i>Group Addresses</i> do ETS . . . . .	44
4.6	Exemplo do mapeamento efectuado no codesys . . . . .	45
4.7	Estrutura da base dados que engloba funções e estrutura do edifício . . . . .	46
4.8	Máquinas de estado da aplicação móvel (Android) e da gateway (controlador wago).	50
4.9	Matriz tridimensional . . . . .	52
4.10	Ecrã de abertura da aplicação . . . . .	53
4.11	Menu de carregamento da aplicação . . . . .	54
4.12	Menu de carregamento da aplicação . . . . .	55

# Lista de Acrónimos

ADU	Application Data Unit
ANSI	American National Standards Institute
API	Application Programming Interface
EHS	European Home Systems
EIB	European Installation Bus
ETS	Engineering Tool Software
HDLC	High level Data Link Control
I/O	Input/Output
IP	Internet Protocol
LAN	Local Area Network
LON	Local Operating Network
MAC	Medium Access Control
MB	MODBUS Protocol
MBAP	MODBUS Application Protocol
PDU	Protocol Data Unit
PLC	Programmable Logic Controller
TCP	Transport Control Protocol
WLAN	Wireless Local Area Network



# Capítulo 1

## Introdução

A Domótica é uma tecnologia recente que permite a gestão de recursos em edifícios. O termo “Domótica” resulta da junção da palavra “*Domus*” (casa) com “*Telemática*” (electrónica + informática). São estes dois últimos elementos que, quando utilizados em conjunto, maximizam as vantagens do sistema, simplificando a vida diária das pessoas satisfazendo as suas necessidades de comunicação, de conforto e segurança. Quando a domótica surgiu (com o primeiros edifícios, nos anos 80) pretendia-se controlar a iluminação, condições climáticas, a segurança e a interligação entre os elementos que constituíam a habitação.

Actualmente, a ideia base mantém-se, mas o seu contexto é mais abrangente, podendo o sistema tomar um conjunto substancialmente maior de acções sem intervenção humana. Neste contexto, é possível criar um conjunto de perfis que satisfaçam áreas de interesse, quer de utilizadores, quer de gestores dos edifícios. Nomeadamente através de perfis para conforto, tornando a vida mais confortável, mais segura e até mais divertida! Permite que as tarefas mais rotineiras e aborrecidas sejam executadas. Perfis de inclusão que possibilitem facilitar a interacção com o edifício de pessoas incapacitadas. Perfis orientados à gestão de energia que assegurem economias que tornem a utilização dos edifícios mais sustentável.

Toda esta evolução em termos funcionais só foi possível suportada nos desenvolvimentos da tecnologia em domínios como a electrónica, telecomunicações e informática.

Neste contexto, surgiram um conjunto de redes de domótica que visavam disponibilizar estas funções. Redes que se desenvolveram com características proprietárias e assim se mantiveram, e outras que se tornaram normas. Nestas últimas encontra-se o KNX da EIB, que foi adoptado como

norma europeia para rede domótica.

Na instalação de um rede de domótica é fornecido um conjunto de funções ao utilizador e é permitido um determinado grau de interacção e alteração de parâmetros. Geralmente isso é assegurado por teclados e écran's, contudo esta opção não é de todo a mais flexível nem a melhor do ponto de vista estético. O design de um écran facilmente fica desactualizado com a passagem dos anos e as suas funcionalidades são de difícil alteração.

Neste contexto é interessante libertar este nível de interacção para sistemas móveis que facilmente possam ser integrados na instalação de domótica.

Esta é a área em que incide este projecto, o desenvolvimento de uma infra-estrutura que possibilite operar uma instalação EIB-KNX a partir de um *smartphone*. Para o utilizador o sistema deve apresentar-se como uma aplicação que corre no telemóvel capaz de obter a configuração de uma da instalação eléctrica, disponibilizando uma interface gráfica para o seu comando.

O desenvolvimento da infra-estrutura é suportado por mais que uma plataforma e vários protocolos de comunicação: ao nível da plataforma a interface é desenvolvida para Android, tendo uma aplicação intermédia em controlador KNX-IP. A comunicação entre aplicações processar-se-á sobre MODUBUS-TCP/IP, sendo necessário definir protocolo com serviços base que suportem todas as funções de configuração, comando e supervisão.

## Capítulo 2

# Estado da arte no domínio da domótica

A automatização de tarefas em edifícios é algo que se tem tornando cada vez mais frequente. Prover os edifícios com capacidade de gerir funções que tendem a ser descuradas pelo utilizador, ou conceder a este a possibilidade de executar um conjunto de funções de forma simples e eficaz, traduz-se num aumento do conforto. Quando a tecnologia permite, com base nas condições ambientais (que estão a ocorrer no edifício) o sistema reaja de forma a otimizar os parâmetros de funcionamento do edifício, entramos no domínio da domótica. Neste contexto, será efectuada uma abordagem ao estado da tecnologia disponível para aplicações de domótica. Serão referidas vantagens, tipos de sistemas e possibilidades de valorização das suas funcionalidades base.

### 2.1 Tecnologias

A domótica despertou um grande interesse em diversos grupos económicos, tendo aparecido vários sistemas que se constituíram como normas. Sistemas esses com diferentes características e posicionamentos no mercado, que representam a visão dos consórcios para a sua área de influência (figura 2.1).

De seguida referem-se as principais tecnologias intervenientes na domótica e na automação de edifícios. Nos Estados Unidos os principais sistemas são o X-10®), o CEBus® (Consumer Electronics Bus) e o LonWorks® (também designado por vezes por LonTalk® visto este ser o nome do protocolo utilizado). Na Europa existem o BatiBus®, o EIB® (European Installation Bus) e o EHS® (European Home System). No Japão possuem o HBS® (Home Bus System).



**Figura 2.1:** Distribuição geográfica dos principais sistemas [2]

Os sistemas que demonstram uma maior penetração no mercado habitacional e que de alguma forma competem entre si são o CEBus, o EIB, o LonWorks e o X-10, embora este último não possa se comparado com os outros sistemas devido às suas limitações face aos outros.

O X-10 foi criado em 1974 na Escócia pela empresa *Pico Electronics, Ltd* que agora faz parte da X-10 Ltd. O X-10 encontra-se mais vocacionado para sistemas do tipo “faça você mesmo”. No mercado Norte Americano este tipo de dispositivos está muito divulgado sendo comum encontrá-los até em supermercados.

A comunicação no X-10 é efectuada através da rede eléctrica de 110/220 Volts com uma velocidade de comunicação de 50 bit/s. Cada dispositivo em X-10 tem o seu identificador constituído pelo par letra-dígito que é composto por letras de “A” a “P” e dígitos de 1 a 16, assim é possível ter no sistema até 256 dispositivos (16 códigos de casa x 16 códigos de dispositivo)[14].

O LonWorks surgiu em 1980, desenvolvido pela *Echelon Corporation*, que tinha como principal objectivo o desenvolvimento de uma plataforma universal ao nível das redes de controlo. O LonWorks baseia-se numa rede de dispositivos chamada “LON” que significa *Local Operating Network*, esta rede está desenhada para transferir pequenas quantidades de informação (comandos). Os dispositivos também conhecidos como nós, normalmente são constituídos por um processador o “neuron”, um *transceiver*, uma fonte de energia e o respectivo hardware de entradas e saídas. Os dispositivos são capazes de comunicar utilizando o protocolo normalizado ANSI/ CEA-709.1 (EN14908).

O CEBus é uma norma Americana produzida pela EIA (*Electronics Industries Association*).

O comité CEBus foi criado em 1984 com o objectivo de normalizar os sinais de infravermelhos utilizados pelos comandos remotos dos aparelhos domésticos. Após um longo percurso um comité veio dar origem à norma ANSI (*American National Standards Institute*) /EIA 600. A norma tem vindo a evoluir em particular na especificação do modo de actuação dos dispositivos, referenciando as especificações de desempenho em termos de tempo de transmissão, desempenho do protocolo e características eléctricas e físicas da rede. Esta norma permite que várias companhias produzam equipamento compatível e que se interligam por forma a constituir um sistema.

A nível europeu destaca-se o Konnex (KNX), cujas especificações iniciais surgiram no princípio dos anos 90, a partir das normas Batibus (*Batiment Bus*), EIB (*European Installation Bus*) e EHS (*European Home Systems*). Nessa altura, nada fazia prever que teriam um futuro comum. Estas três importantes soluções direccionadas para o controlo de vivendas e edifícios na Europa, tentaram desenvolver os seus mercados separadamente, de modo a conquistar um lugar na definição de uma norma Europeia. O Batibus implantou-se bem em Itália e Espanha, enquanto o EIB obteve maior sucesso nos países de língua alemã, e norte da Europa. O EHS era o sistema preferido para os electrodomésticos de grande porte e aparelhos de áudio e vídeo.

Em 1997, estes três formaram um consórcio com o objectivo de desenvolver o mercado das casas inteligentes, acordando normas industriais comuns, já com a intenção de ser proposto como norma Internacional. As novas especificações KNX basearam-se na norma EIB, complementada com novos mecanismos de configuração e meios físicos de comunicação, inicialmente desenvolvidos para o Batibus e EHS [2].

O KNX, além de oferecer especificações para a automatização de equipamentos de instalação eléctrica, oferece também soluções para aplicações de AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado). Este sistema tem como vantagens:

- uma vasta gama de soluções para diferentes áreas da automação residencial, equipamentos modulares preparados para uma instalação em calha DIN (Deutsches Institut für Normung - Instituto Alemão de Normalização);
- proporcionar ao utilizador uma compatibilidade a 100% entre produtos KNX de fabricantes diferentes;

- ser um sistema descentralizado, ou seja, os equipamentos não se encontram dependentes de um dispositivo central para exercer funções.

Contudo o KNX apresenta como grande desvantagem, em relação a outros sistemas de domótica, um elevado custo de *hardware* e *software*. Existem outros protocolos de domótica mas não são muito usuais e raramente encontrados no mercado. A figura 2.2 apresenta uma breve descrição de alguns Protocolos standards utilizados na domótica, distinguindo os que se estabeleceram como norma e as soluções proprietárias.

Standard	Meio Físico	Descrição
BatiBUS	Par Entrançado	Sensores de união e actuadores para construir sistemas que controlem HVAC (Ar Condicionado), sistemas de segurança e acesso. Em convergência com EIB e EHS para KNX.
CEBus (Consumer Electronics Bus)	Todos	O Standard CEBus (EIA-600) é um protocolo criado pela Associação de Industrias Electrónicas (EIA) para ser possível a interligação e comunicação entre dispositivos electrónicos da casa.
EIB (European Installation Bus)	Par Entrançado	Sensores e actuadores para construir sistemas que controlem HVAC (Ar Condicionado), sistemas de segurança e acesso. Em convergência com EHS e BatiBus para KNX.
EHS (European Home System)	Todos	Uma colaboração entre industrias e governos Europeus sobre Domótica. Entre alguma das suas missões a EHS tem o objectivo de ser um standard na Europa de um BUS comum (EHS). Em convergência com EIB e BatiBus para KNX.
HomeRF (Home Radio Frequency Working Group)	RF	A missão do grupo de trabalho HomeRF é tornar possível uma vasta gama de produtos electrónicos de consumo que operem entre si, estabelecendo uma especificação aberta para comunicações digitais de RF (sem licença), para PC,s e produtos electrónicos de consumo em qualquer sitio e arredores da casa.
LonMark Interoperability Association	Todos	A associação LonMark tem a missão de integrar facilmente dispositivos baseados em redes LonWorks, fazendo uso de ferramentas e componentes standards.
ZIGBEE	RF	Pensa-se que este pode ser um dos standards que irá ser bastante utilizados no mundo da domótica. É uma versão melhorada do HomeRF e destinada a ambientes industriais.
Protocolos de Rede - Proprietários		
Lonworks Echelon Corp.	Todos	Redes de controlo comerciais e para a casa. Uma rede LonWorks é grupo de dispositivos trabalhando juntos para sensorizar, monitorizar, comunicar, e de algumas maneiras controlar. É muito parecido com uma LAN de PC,s.
X-10	Corrente eléctrica/RF	O protocolo mais utilizado na domótica, utiliza a rede eléctrica e facilita o controlo de dispositivos domóticos sem instalação de qualquer fio em casa, por utilizar a instalação de rede eléctrica já existente.

**Figura 2.2:** Protocolos de rede utilizados na domótica [2]

## 2.2 Soluções Proprietárias vs Soluções Normalizadas

Os protocolos de comunicação são a base de qualquer sistema de comunicação e a escolha entre protocolos proprietários estabelecidos em normas (Standards) é um aspecto relevante que deve ser ponderado.

O termo proprietário deriva do facto do produto a que se refere ser propriedade de uma determinada entidade, e ter sido desenvolvido sem nenhuma preocupação quer de interoperabilidade, quer de abertura ao seu desenvolvimento por outras entidades. Em suma é um produto para servir uma empresa. Por vezes, devido à grande aceitação do produto, este pode tornar-se um “standard de facto” e acaba por impor-se como norma. Quando o produto mantém as suas características proprietárias, e esse produto é uma solução tecnológica de uma área em que a evolução é significativa, a sua escolha acarreta alguns riscos. Nomeadamente, se a empresa deixar o negócio, neste caso o risco económico é elevado, podendo a solução escolhida ficar inoperacional devido à não comercialização de elementos do sistema. Outro inconveniente pode resultar de um menor dinamismo da marca e a solução tornar-se tecnologicamente obsoleta. Em contraste produtos desenvolvidos segundo uma norma, tem implícita a possibilidade de vários fabricantes desenvolver produtos e todos eles têm necessariamente de ser inter-operáveis.

No caso de uma instalação de uma rede de domótica a utilização de um produto que é desenvolvido segundo uma norma pode trazer benefícios.

Estes benefícios são derivados da criação de uma rede de controlo totalmente integrada em toda a instalação. Quanto mais integrados estão os sistemas de controlo maiores são as poupanças económicas da instalação e de manutenção do sistema. Só com uma instalação totalmente integrada se pode beneficiar de produtos de análise de dados, como sistemas de gestão de energia. O uso de protocolos abertos são uma solução viável para um sistema de controlo sustentável [3]. Outra possível vantagem relacionada com a escolha de uma solução de domótica baseada numa norma, resulta da implantação deste tipo de produto. Algumas marcas de equipamentos disponibilizam interfaces que permitem a integração dos seus equipamentos em soluções de domótica. Por exemplo, a Mitsubishi disponibiliza interface que permite alterar parâmetros de funcionamento dos seus equipamentos de climatização, bombas de calor ar/ar (ar condicionado) e ar/água.

Desta forma é possível evitar a existência de ilhas de automação com um conjunto de soluções programáveis, mas que não funcionam em conjunto.

## 2.3 O panorama da domótica na Europa

Analisando as tecnologias existentes, é perceptível que existem algumas limitações no que diz respeito à sua interoperabilidade entre as diferentes soluções que se podem encontrar no mercado. Ao nível da funcionalidade e da fiabilidade também é possível encontrar diferenças.

O X-10 é um sistema pouco fiável pois é facilmente afectado pelo ruído eléctrico uma vez que usa a instalação eléctrica como meio de comunicação. Outro problema que existe é o sinal passar para fora da habitação. Além disso, a taxa de transmissão é bastante inferior aos outros sistemas, demorando cerca de 1 segundo a transmitir uma trama. A maioria dos dispositivos só tem comunicação unidireccional.

O LonWorks é uma tecnologia bastante complexa e difícil de obter documentação. Esta tecnologia, para ser instalada, tem que se recorrer sempre a um instalador certificado, e não é virada para o utilizador comum alterar ou adicionar módulos à rede de comunicações. Cada dispositivo requer circuito integrado *neuron* fazendo com que o custo total dos dispositivos seja um pouco mais caro. O modelo de programação dos dispositivos é inteligente e eficaz, mas requer que seja aprendida uma nova linguagem criada pela echelon o “neuron C”.

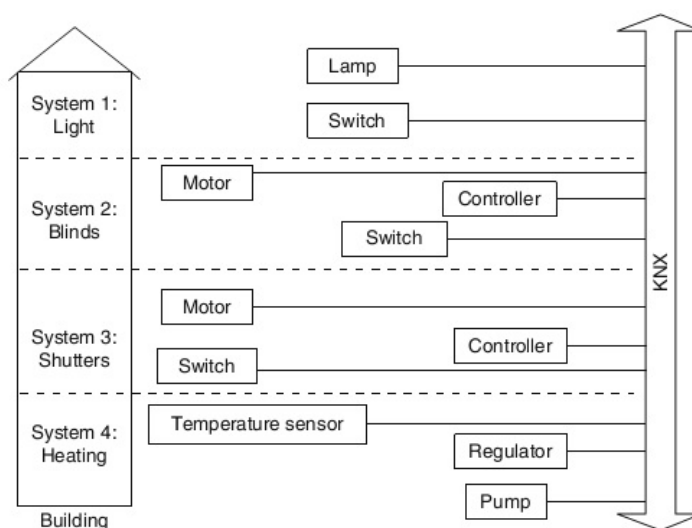
A tecnologia KNX é bastante completa e poderosa. Ao nível de robustez, é claramente superior ao X10 e ao LonWorks, sendo apenas igualada pela tecnologia C-Bus. O mesmo se passa relativamente às taxas de transmissão e ao tipo de funcionalidades oferecidas [14].

A tecnologia KNX está amplamente difundida pela Europa, ao contrário do C-Bus que tem o seu mercado direccionado para os Estados Unidos da América. O KNX devido à sua compatibilidade com as diversas tecnologias torna-o versátil, levando-o a ser o principal sistema de controlo de comunicação em edifícios.

### 2.3.1 KNX

O KNX define a tecnologia de controlo de edifícios como uma forma especializada de automação de processos dedicados às necessidades de uma habitação. A sua arquitectura é descentralizada e distribuída, daí que se utiliza o termo de rede KNX.

O KNX foi desenvolvido para uso em todos os principais sistemas de controlo e permite planear e implementar os sistemas individuais em conjunto como uma rede entre sistemas. Todos os dispositivos nos vários sistemas têm ligações KNX padrão, de modo que eles possam comunicar entre si figura 2.3.



**Figura 2.3:** Tecnologia de controlo KNX [5]

Isto simplifica o planeamento e a implementação de funções e fornece funcionalidade superior, flexibilidade e conforto, sem qualquer esforço adicional e despesa. Não há necessidade de um centro de controlo, porque cada dispositivo tem capacidade de computação. Ao definir os parâmetros adequados que podem ser modificados a qualquer momento podemos dizer ao dispositivo exactamente o que é suposto fazer. Isso faz com que o sistema KNX seja extremamente flexível. Quer numa casa ou num edifício comercial, o KNX pode ser usado para controlar o aquecimento, iluminação, ar condicionado e sistemas de segurança automaticamente [5].

O KNX é bastante completo e contém diversos perfis que possibilitam aos fabricantes adequar a configuração às diferentes necessidades dos mercados. A figura 2.4 ilustra como é possível optar-se

por 3 diferentes métodos de configuração e escolher igualmente o meio físico a utilizar.

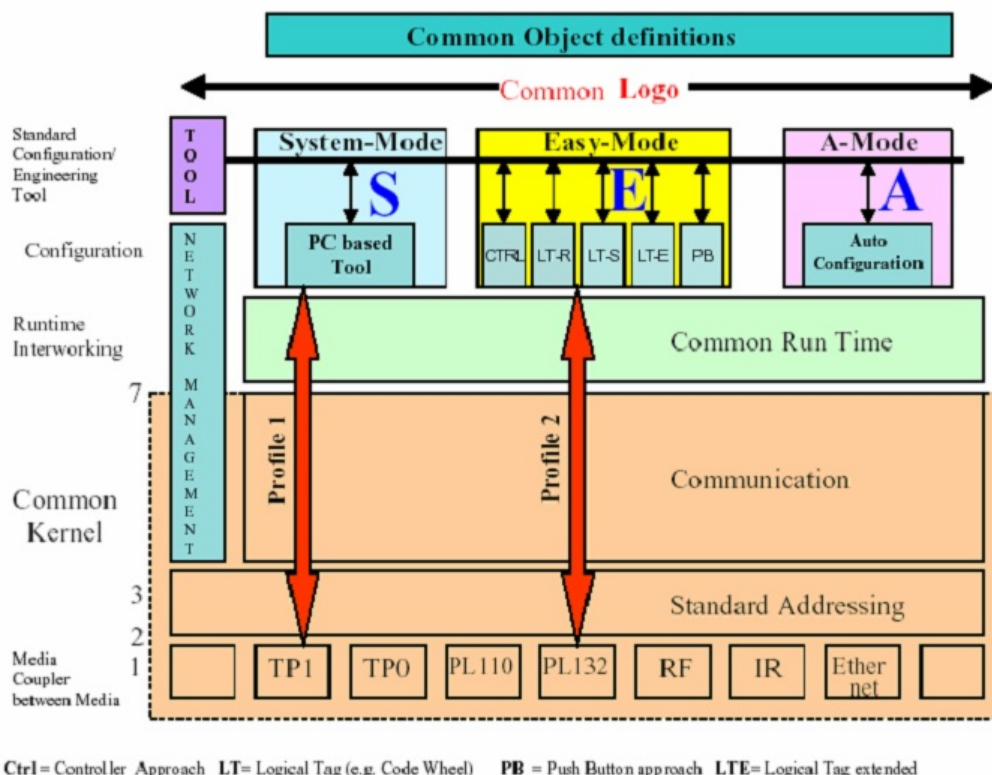


Figura 2.4: Modelo KNX/EIB

Os modos de configuração do KNX são os seguintes:

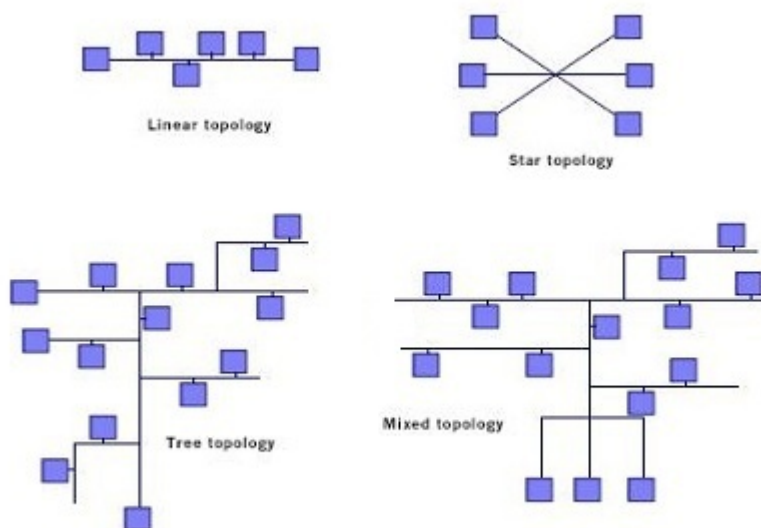
- S-mode ou System-mode é a configuração proveniente do EIB, os dispositivos são instalados e configurados por profissionais através da ferramenta ETS. Este modo é o mais utilizado no KNX sendo o mais flexível, permitindo maiores níveis de funcionalidade e de adaptação às particularidades de cada habitação;
- E-mode ou Easy mode é a configuração fácil do sistema, os dispositivos vêm pré-programados de fábrica para realizar uma certa função, estes dispositivos têm que ser configurados no local da instalação utilizando um controlador ou através de micro-interruptores presentes nos dispositivos, com alguma semelhança face ao que é feito na tecnologia X10;
- A-mode ou Automatic mode é o modo Plug&Play do KNX. Este modo visa a simplicidade de

instalação por parte de um utilizador comum e não necessita de qualquer configuração. Este modo foi pensado para a instalação de electrodomésticos e equipamentos de entretenimento (videojogos e multimédia).

O sistema KNX suporta diferentes meios físicos de comunicação, como “*Twisted Pair*” (par entrançado), que é o tipo de rede mais comum, mas também rede eléctrica, radiofrequência e infravermelhos. É ainda possível instalar *gateways* para outras redes como *Ethernet* ou *WLAN*.

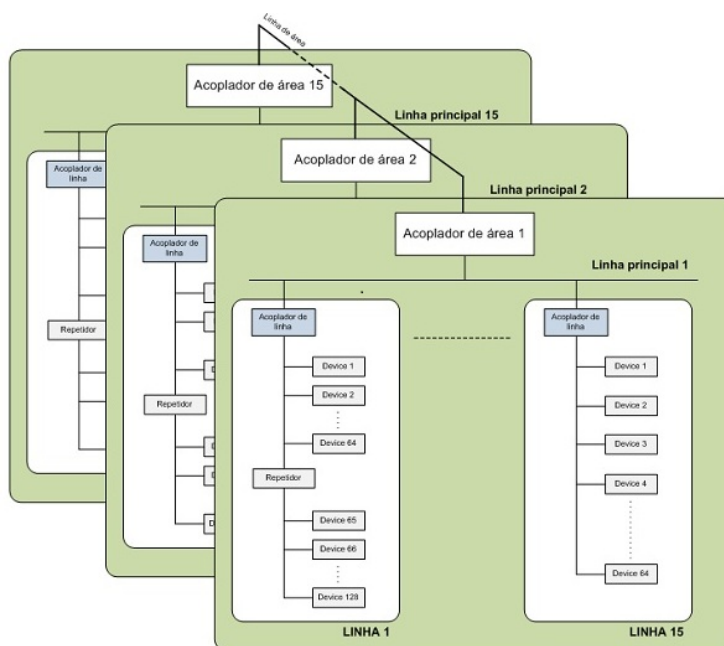
A topologia da rede pode ser entendida como a descrição dos caminhos através dos quais os sinais de comunicação podem ser transportados. Em alguns casos, a comunicação não é efectuada com base em sinais eléctricos, como é o caso das redes de radiofrequência e infravermelhos, contrariamente às habituais redes de “par entrançado” (*Twisted Pair*), rede eléctrica ou fibra óptica.

As redes de “par entrançado” são o meio de transmissão de dados mais comum num sistema KNX. Os segmentos da rede podem possuir uma topologia arbitrária (linear, em estrela, em árvore, ou combinações destas, como é visível na figura 2.5) constituída por secções individuais, desde que os requisitos eléctricos (comprimento dos segmentos) não sejam excedidos.



**Figura 2.5:** Topologia de uma rede EIB/KNX

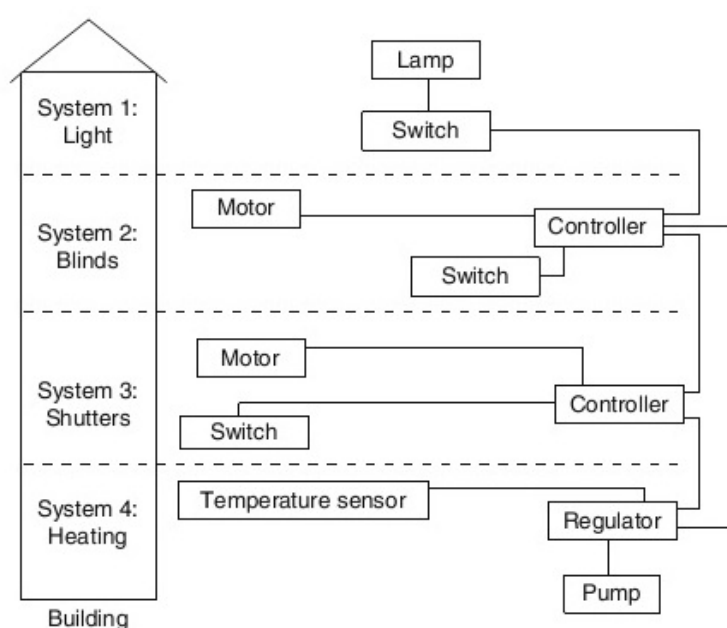
Esta tecnologia pode acomodar um máximo teórico de 65.536 dispositivos correspondendo a um espaço de endereçamento de 16 bit. A topologia de uma rede permite interligar 256 dispositivos num segmento, podendo até 15 segmentos ser ligados a uma linha principal formando uma área. Uma linha de backbone pode ser usada para interligar até 15 áreas como podemos ver na figura 2.6.



**Figura 2.6:** Arquitectura de um sistema EIB

## 2.4 O KNX como suporte à utilização sustentável de edifícios

Nas instalações eléctricas convencionais, cada sistema (iluminação, aquecimento, ar condicionado, etc) é planeada e implementada por uma empresa especializada. Os sensores e actuadores utilizados são geralmente ligados a painéis de controlo via ligações ponto-a-ponto (Fig:2.7). Isto leva a um aumento considerável do tempo, esforço e custo de planeamento, cablagem e manutenção deste tipo de instalação. Além disso, quanto maior for o número de fios utilizados, maior será o risco de incêndio.



**Figura 2.7:** Tecnologia de construção convencional [5]

Ligar estes sistemas de modo a que todos eles possam ser operados centralmente exigiria uma vasta quantidade de fios. O aumento da funcionalidade e usabilidade de uma instalação convencional torna-se mais complexa, complicada e dispendiosa. KNX fornece uma solução que resolve estas questões.

Quando se pensa em sistema de engenharia de construção, pensa-se em KNX. Isso inclui o conforto de estores controlados, cortinas, sistema de iluminação, áudio, aquecimento, ar condicionado e muito mais. No entanto, esse conforto também vem com uma vantagem adicional, as

economias de energia até 50%.

Cerca de 33% da energia consumida num edifício residencial ou comercial é gasta no aquecimento. A única forma de reduzir este elevado consumo de energia é através de um controlo inteligente como KNX. Em edifícios estruturalmente fracos podem ser conseguidos ganhos significativos através de modificações estruturais como melhoramentos exteriores.

Na Conferência Científica KNX 2006, em Viena, foi apresentado o potencial dos sistemas de controlo de edifícios. De modo a ser comprovado, a Universidade de Trento, na Itália e na Universidade de Bremen na Alemanha, muitos dos edifícios e salas são controlados por sistemas KNX para o aquecimento e iluminação. Os dados registados foram analisados e comparados entre um caso “normal” e a utilização “KNX”.

O caso que aqui vai ser apresentado é o da universidade de Bremen que é baseado numa infraestrutura moderna, o centro ZIMT (*Information and Media Technology*) que foi construído em 2002. Foram escolhidas duas salas de aulas idênticas para as experiências. Uma delas equipada com termostatos normais para o aquecimento e a outra sala com controlo KNX como podemos ver na figura 2.8.

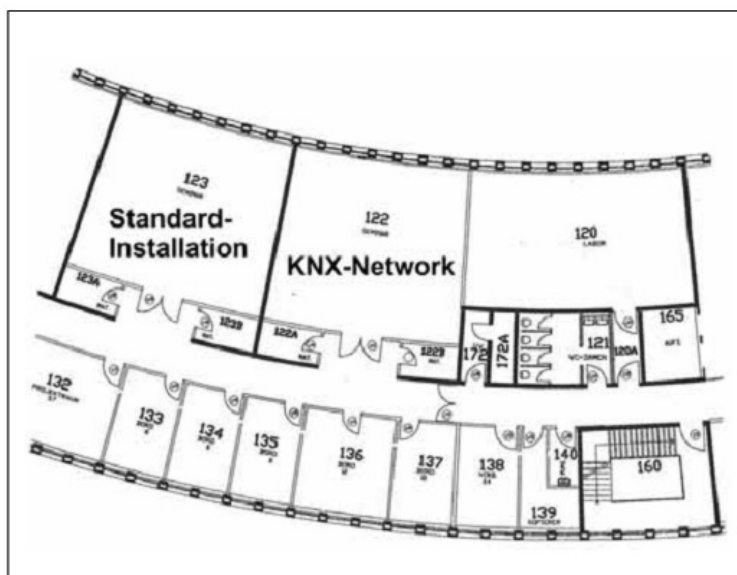


Figura 2.8: Salas de aula do ZIMT, 1º andar[8]

Na sala controlada pelo KNX foram instalados interruptores de janela, válvulas no aquecimento,

um sistema de controlo de temperatura e de aquecimento com interface M-BUS<sup>1</sup>. Os dados recolhidos cobriram um período que foi desde o início do ano 2002 até ao final do ano 2005. Contudo, as salas apenas começaram a ser usadas em pleno a partir da segunda metade do ano 2004. Os resultados foram positivos e permitiram poupar cerca de 50% do consumo de energia, quando comparada com a sala com a instalação “normal”.

Críticos pensam que o KNX não fornece a mesma temperatura de conforto que um sistema de aquecimento convencional. O teste executado demonstra que a média das temperaturas da sala controlada pelo KNX comparativamente ao sistema convencional apenas tem um desvio de +0.3°C, a variação das temperaturas de um dia está representada na fig:2.9. Apesar do desvio, o consumo energético era apenas metade do consumo energético do sistema convencional.

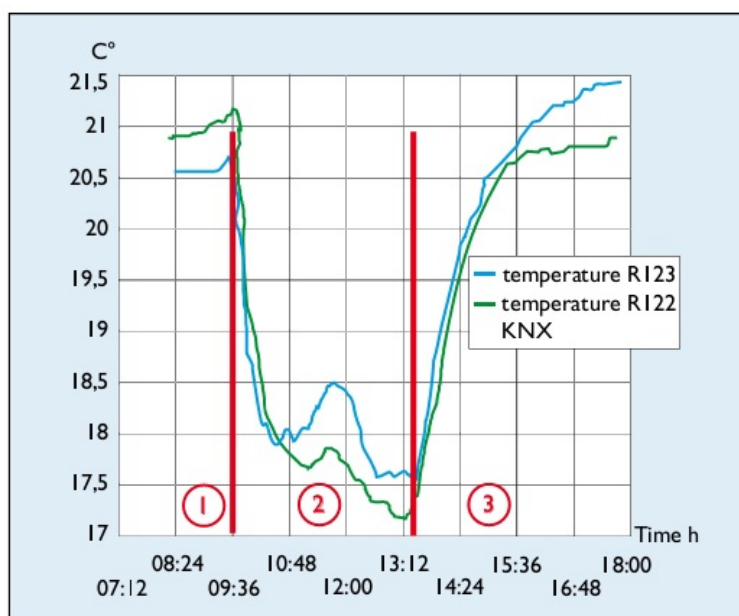


Figura 2.9: Dinâmica da temperatura das salas[8]

A dinâmica das temperaturas das salas não varia muito uma da outra o que significa que, as curvas de ON/OFF são praticamente idênticas, no que diz respeito à temperatura e ao tempo. De modo a aumentar a eficiência, os períodos de aquecimento eram controlados pelo horário de ocupação da sala. Deste modo, não existem desperdícios de energia quando a sala não está a ser utilizada.

<sup>1</sup>O M-BUS (Meter BUS) é um standard Europeu para leitura remota de medidores de temperatura e também para todos os outros medidores de consumo para vários actuadores e sensores[10]

Contudo os ganhos de cerca de 50% só podem ser conseguidos através do controlo do sistema de iluminação.

Num edifício como a universidade de Bremen que possui um consumo de 500MWh/a com a iluminação, maior que o consumo com o aquecimento que é de 435–485 MWh/a. Visto este enorme consumo de energia com a iluminação é possível ser reduzido com um controlo com KNX. Os factores que influenciam este teste são: presença de ocupantes na sala, nível de luz solar, luminosidade e necessidade de iluminação. A mesma sala que foi utilizada para o teste do aquecimento com KNX foi equipada com sensores de presença, dois sensores de luminosidade (para dois grupos de luminárias) e reguladores de luminosidade. A outra sala tinha apenas um convencional interruptor ON/OFF [8]. As diferenças de consumo podem ser constatadas na figura 2.10.

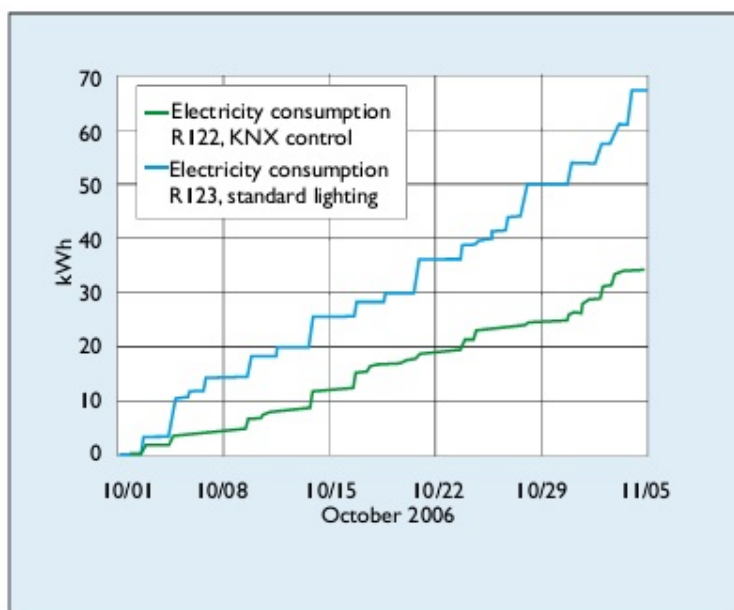


Figura 2.10: Comparação do consumo energético [8]

Deste modo é possível constatar que um sistema KNX pode não só melhorar o nível de conforto mas também tem um peso significativo na redução de custos energéticos.

## 2.5 Interação com o sistema

Para além da interacção básica através de interruptores existem interfaces disponíveis que permitem uma interacção mais avançada com o sistema.

Devido à franca expansão da domótica, a variedade de dispositivos que existem para controlar as habitações e interagir com o utilizador é cada vez maior, vão desde um ecrã táctil fixado na parede, radiofrequência, PDA entre outros.



**Figura 2.11:** Ecrã Táctil

Estes ecrãs como os da figura 2.11 são caros e a sua rápida desvalorização leva-nos a ponderar sobre a sua aquisição. O custo da instalação de um sistema domótico aumenta rapidamente se a habitação tiver mais que um piso, sendo necessário ter pelo menos um destes ecrãs por piso, para deste modo evitar as deslocações para configurar/controlar os dispositivos. Uma possível solução passaria por um painel táctil portátil (figura: 2.12) que permitiria receber todas as informações sem necessidade de deslocação ao painel fixado na parede.

Mas tal como os ecrãs fixos, estes painéis são caros e frágeis o que em caso de queda a sua substituição seria dispendiosa.

Deste modo necessitamos de um dispositivo funcional, facilmente e economicamente substituível o que nos leva para o campo dos *smatphones/PDA's*. Estes permitem controlar todos os dispositivos em qualquer ponto da habitação, além de que são aparelhos que nos dias de hoje são



**Figura 2.12:** Painel táctil portátil [16]

relativamente económicos.

## 2.6 Definição do problema

Este projecto visa o desenvolvimento de uma infra-estrutura que possibilite operar uma instalação KNX a partir de um *smartphone*. Para o utilizador o sistema deve apresentar-se como uma aplicação que corre no telemóvel capaz de obter a configuração de uma dada instalação eléctrica, disponibilizando uma interface gráfica para o seu comando.

Assim o sistema deverá disponibilizar um conjunto de funções que, de forma automática e sem grande necessidade de conhecimento do utilizador permitam:

1. Obter a configuração do edifício, incluindo todas as divisões e respectivos andares, assim como outras área de interesse;
2. Disponibilizar todas as funcionalidade da instalação KNX que é possível encontrar no edifício;
3. Monitorizar parâmetros relevantes da instalação;

4. Alterar parâmetros da instalação que resultem numa utilização mais eficaz da energia consumida no edifício.
5. Controlo remoto de funções da instalação do edifício mesmo do seu exterior.

## Capítulo 3

# O Problema e as suas tecnologias de suporte

Neste capítulo, será discutido o problema numa perspectiva funcional da qual será elencado um conjunto de requisitos tecnológicos para suportar o desenvolvimento da infra-estrutura de comando multi-função KNX para *smartphone*. É igualmente efectuada uma abordagem às principais tecnologias que suportam o trabalho.

### 3.1 Discussão do problema

Os requisitos impostos à aplicação define a mobilidade como um dos pontos centrais no seu desenvolvimento. Neste contexto é necessário clarificar o âmbito da mobilidade. Uma solução de mobilidade que se restrinja à divisão, possibilita a utilização de soluções baseadas em comunicações como por infravermelhos. Esta solução tem a vantagem dos sinais estarem contidos evitando que sinais de comando possam interferir com sistemas vizinhos. Esta solução já é disponibilizada em termos de comandos muito semelhantes aos comandos de TV, contudo é uma solução muito básica e que restringiria muita da versatilidade da solução que se pretende desenvolver.

Uma solução de mobilidade mais abrangente já requer a utilização de sistemas com comunicações por radiofrequência. Esta solução é igualmente disponibilizada num comando com um número de funções mais elaborado, contudo não é uma solução com uma versatilidade minimamente aproximada ao que se pretende fazer neste trabalho. Além disso, esta solução tem um inconveniente de

poder interferir em sistemas vizinhos.

Num contexto onde são rejeitadas as soluções apresentadas, o próximo nível de discussão entra no domínio das redes sem fios. Tipicamente, está-se no domínio das WLAN (*Wireless Local Area Network*) e das WPAN (*Wireless Personal Area Network*), ou seja, na família das redes IEEE 802.1x. Três redes são candidatas:

1. *wifi* IEEE 802.11;
2. *Bluetooth* IEEE 802.15.1;
3. *ZigBee* IEEE 802.15.4.

Para proceder à escolha de uma destas redes é importante definir os dispositivos a ligar, nomeadamente o dispositivo que irá suportar a componente da aplicação móvel. Neste contexto os *smartphones* já conquistaram um papel de relevo em termos de equipamento de comunicações móveis. São equipamentos cada vez mais baratos com capacidade da computação assinalável e detentores de muito boa interface gráfica. Para além destas características estão dotados do fundamental – as comunicações. Assim, além da comunicação de voz e dados associada a um operador de comunicações móveis, os *smartphones* disponibilizam Bluetooth. Estes dois suportes à comunicação não estão necessariamente dependentes do operador de comunicação móveis. Este factor torna estas soluções em excelentes candidatas para o desenvolvimento da aplicação sem que a sua utilização acarrete custos de operação.

A escolha de um *smartphone* como dispositivo de suporte à aplicação móvel exclui à partida a solução de comunicação baseada em *ZigBee*. Restam o *Bluetooth* e *wifi*, qual a mais adequada à aplicação.

O Bluetooth apresenta algumas limitações, quer a nível de alcance quer a nível de segurança. Já a *wifi* apresenta maior alcance, e um nível de segurança extremamente elevada, suportados em sistemas de encriptação avançados. Para além disso as possibilidades de inter-conectividade, maior número de dispositivos com que pode comunicar e facilidade de operação na internet permite uma extrema versatilidade da aplicação.

Assim, esta pode ser utilizada no interior do edifício, numa rede privada ou comunicar de qualquer parte do planeta usando a internet. A combinação *smartphone* mais *wifi* é solução ideal para a componente móvel da aplicação, falta contudo assegurar a conectividade entre a componente móvel e a infra-estrutura cabeada da rede de domótica. Desta forma é necessário a existência de uma *gateway* que permita a comunicação da infra-estrutura móvel para a rede de domótica e desta para a infra-estrutura móvel, exemplo de uma aplicação deste tipo está representada na figura 3.1.



**Figura 3.1:** Exemplo de um controlo de uma lâmpada através de wifi

Isto envolve a utilização de tecnologia que possibilite esta operação. Nas secções que se seguem será efectuada uma abordagem a essas tecnologias.

## 3.2 Redes sem fios (*Wifi*)

As redes sem fios têm vindo a assumir uma importância crescente no nosso mundo, sendo cada vez mais usada nos mais diversificados domínios de aplicação.

O seu baixo custo, flexibilidade e baixo consumo de cada elemento da rede tornam-na ideal para as necessidades do mundo actual. Assim, em contra partida com as redes tradicionais, por fios, as redes sem fios não necessitam de um planeamento tão exigente para a sua disposição física apresentando ainda a vantagem da substituição, em caso de avaria, de um elemento da rede estar simplificada devido à ausência de fios.

A nível das aplicações no ramo da domótica destaca-se, existindo um vasto número de aplicações com este tipo de redes.

O crescente número de aplicações deve-se ao facto de nos dias de hoje existir uma maior necessidade de interactividade com meio exterior.

Numa habitação em que tenham sido implementadas funções de domótica, esta aplicação pode interagir com os seus habitantes facilitando-lhes as tarefas do quotidiano.

As redes sem fios deparam-se com o desafio da interoperabilidade com as redes campo actualmente existentes.

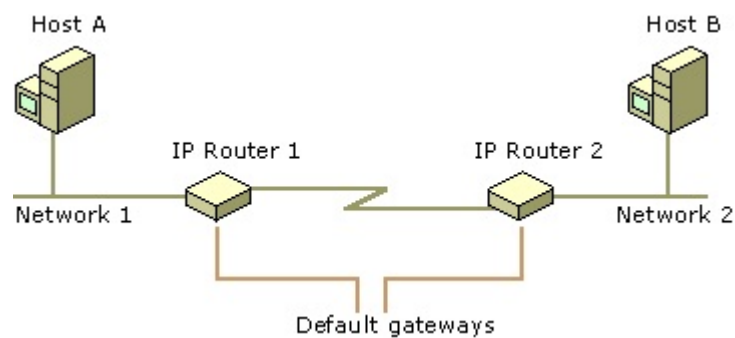
Uma rede sem fios apresenta vantagens inerentes à sua natureza, apesar de muitas serem intrínsecas ao protocolo implementado, existem também algumas vantagens comuns às redes sem fios tais como a facilidade e baixo custo de implementação, a fácil reconfiguração entre outras.

Existem também algumas desvantagens como a sensibilidade a ruído electromagnético, velocidade de transmissão reduzida quando comparada com as redes com fios, apesar de esta ter vindo a aumentar consideravelmente nos últimos tempos e a segurança, sendo esta última uma questão fundamental. Contudo, as redes sem fios são uma opção viável para um futuro cada vez mais próximo em que substituirão grande parte das redes de campo actuais. Este trabalho insere-se nesta área interligando uma rede bastante conhecida e de domínio industrial como o Modbus (na sua vertente TCP/IP).

### 3.2.1 A importância de uma *gateway*

As *gateway's* têm um papel importante nas redes. Elas fornecem um caminho para a comunicação entre dispositivos em redes distintas. Uma *gateway* pertence a pelo menos duas redes, podendo pertencer a várias.

A figura 3.2 mostra o papel desempenhado por dois *gateways* (routers IP) para duas redes: Rede 1 e Rede 2.



**Figura 3.2:** Exemplo de uma rede[15]

De modo a que o Host A na Rede 1 possa comunicar com o Host B na Rede 2, o Host A primeiro verifica sua tabela de endereçamento para verificar se existe algum caminho específico para o Host B. Se não houver um caminho específico para o Host B, o Host A encaminha o tráfego de TCP / IP para o Host B ao seu próprio *gateway* padrão, Router IP 1.

O mesmo princípio aplica-se se o Host B estiver a enviar para o Host A. Sem um caminho específico para o Host A, o Host B encaminha qualquer tráfego TCP / IP destinado para o Host A ao seu próprio *gateway* padrão, Router IP 2[15].

Deste modo conseguimos interligar as duas redes mesmo que sejam distintas. As *gateway's* permitem assim interligar, por exemplo, o *smartphone* ao controlador KNX/IP, sendo a nossa *gateway* um router sem fios.

## 3.3 MODBUS

MODBUS é um protocolo de mensagens da camada de aplicação, posicionado no nível 7 do modelo OSI, que fornece comunicação cliente/servidor entre os dispositivos ligados em diferentes

tipos de barramentos ou redes. Norma da indústria desde 1979, MODBUS continua a permitir que milhões de dispositivos comuniquem entre si.

É possível aceder ao MODBUS através da internet utilizando a porta 502 sendo esta reservada ao sistema na pilha TCP/IP. O MODBUS é um protocolo de pedido/resposta e oferece serviços especificados por códigos de função. Modbus *function codes* são elementos de MODBUS pedido/resposta.

O protocolo Modbus pode ser implementado utilizando as seguintes tecnologias (também representadas na figura 3.3):

- TCP / IP sobre Ethernet;
- Transmissão série assíncrona através um vasto leque de meios de comunicação (fio: EIA/TIA-232-E, EIA-422, EIA/TIA-485-A, fibra, rádio, etc);
- MODBUS PLUS, uma rede de alta velocidade de passagem de token.

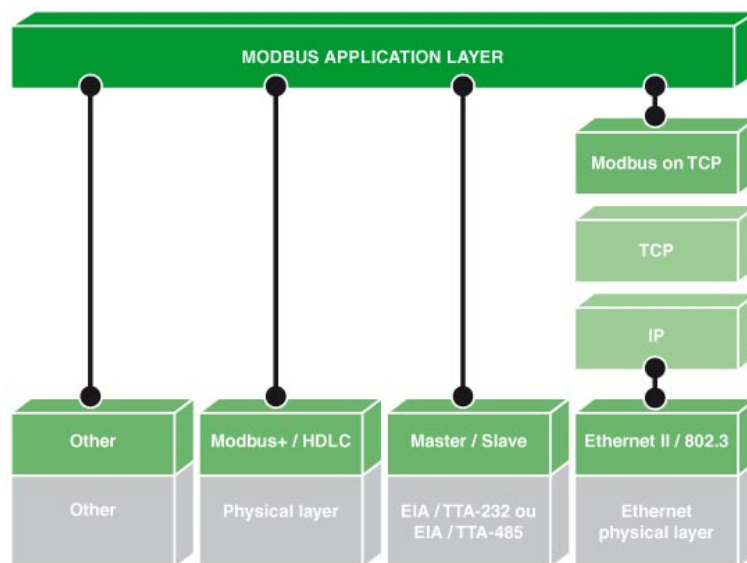


Figura 3.3: Pilha de comunicação Modbus [12]

### 3.3.1 Estrutura das mensagens

O protocolo MODBUS define uma simples PDU (*protocol data unit*), independente das camadas subjacentes de comunicação. O mapeamento do protocolo MODBUS em barramentos específicos

ou rede pode introduzir alguns campos adicionais na ADU (*application data unit* representada na figura 3.4

. [12]



**Figura 3.4:** Estrutura de uma mensagem Modbus [12]

A ADU é construída pelo cliente quando é iniciada uma transacção Modbus. A função indica ao servidor que tipo de acção a ser executada. A aplicação Modbus protocolo estabelece o formato de um pedido iniciada pelo cliente. O campo *function code* Modbus é codificado num byte. Códigos válidos estão na gama de 1-255 decimal a faixa de 128-255 correspondem a diferentes incoerências presentes na mensagem recebida. Estas são denominadas por excepções onde o *function code* dessas mensagens é igual ao original, sem erro, mas com o “bit” mais significativo a 1, significa então que uma função como a “0x01” enviada pelo cliente, em caso de erro na recepção no lado do servidor teria como resposta “0x81”. Quando uma mensagem é enviada de um cliente a um dispositivo servidor o campo código de função informa o servidor que tipo de acção a ser executada.

Nas duas figuras seguintes (3.5 e 3.6 ) pode observar-se o esquema de troca de mensagens entre um cliente e um servidor Modbus, bem como a diferença entre os dois esquemas, que se deve a um erro recepção da mensagem proveniente do cliente. Uma mensagem de Modbus, em traços gerais, é composta por dois campos. O primeiro, o *function code* é responsável por chamar uma função específica do lado do servidor, existindo mais de vinte funções pré-definidas pela norma.

O segundo campo é reservado a dados adicionais relativos à respectiva função. Este campo pode ser utilizado para enviar dados específicos a cada função ou para reportar erros de leitura na mensagem recebida por parte do servidor.

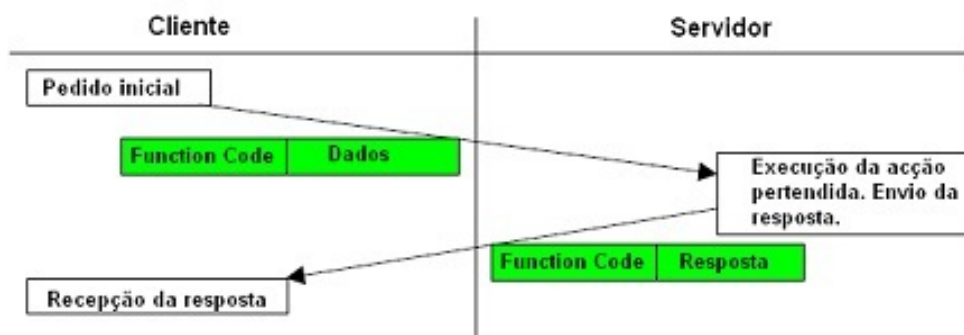


Figura 3.5: Envio de mensagem sem erro de receção [12]

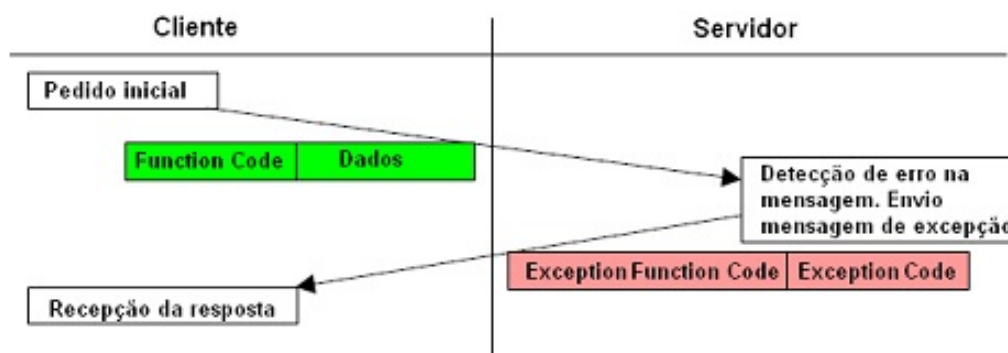


Figura 3.6: Envio de mensagem com erro de receção [12]

### 3.3.1.1 Codificação de dados

Modbus usa um “*big-endian*”<sup>1</sup> para endereços e itens de dados. Isto significa que, quando uma quantidade numérica maior do que um único byte é transmitido, o mais significativo é enviado primeiro.

Register	size	value
16 - bits	0x1234	o primeiro byte a enviar é 0x12 depois é enviado 0x34

<sup>1</sup>Em computação, o termo *endianness* ou *endian* ou refere-se a ordenação dos sub-componentes individualmente endereçáveis na representação de um item de dados maior, armazenado na memória externa (ou, às vezes, transmitido em uma conexão série)

### 3.3.2 Modelo Cliente/Servidor

O serviço de mensagens Modbus fornece uma comunicação cliente / servidor entre dispositivos ligados através de uma rede Ethernet TCP / IP. Este modelo cliente / servidor é baseada em quatro tipos de mensagens:

- Modbus *Request*, é a mensagem enviada na rede pelo Cliente para iniciar uma transação;
- Modbus *Indication*, é a mensagem de solicitação recebida no lado do servidor;
- Modbus *Confirmation*, é a mensagem de resposta enviada pelo servidor;
- Modbus *Response*, é a mensagem de resposta recebeu no lado do cliente. [13]

O serviço do modelo cliente/servidor do protocolo Modbus, é usado para troca de informação em tempo real. Este modelo permite assim a comunicação entre vários dispositivos tais como:

- Comunicação entre 2 programas de 2 dispositivos (ex: 2 *smartphones* e respectivas aplicações);
- Entre um computador e um programa de prestação de serviços.

Nas duas secções precedentes foram abordadas as tecnologias que suportam a base das comunicações. Na secção seguinte será abordado o dispositivo (KNX-IP) que engloba essas duas tecnologias de modo a interligar o utilizador e infra-estrutura existente na habitação. O controlador KNX-IP fornece a ponte de comunicação entre aplicações, processando-se sobre MODBUS-TCP/IP.

## 3.4 KNX/IP

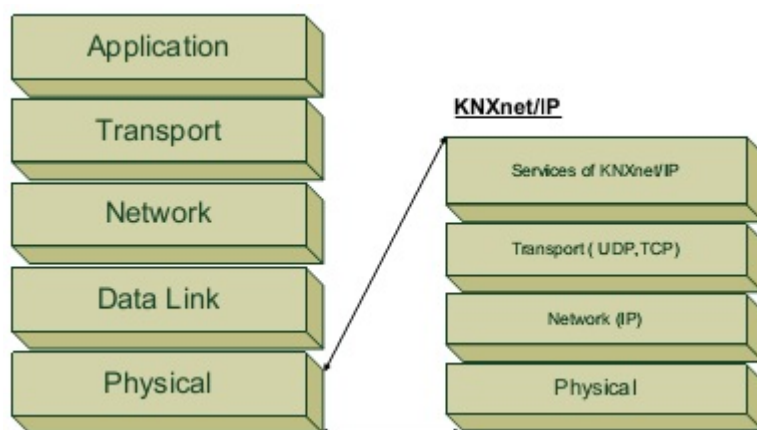
A utilização das redes de telecomunicações e das Tecnologias de Informação e Comunicação tem vindo a aumentar, e o custo desse tipo de redes tem diminuído.

Actualmente é usual existir numa habitação comum uma rede IP onde é possível estar ligado à internet ou até mesmo criar uma LAN (*Local Area Network*). O custo de uma rede IP é muito reduzido e, por essa razão, o protocolo Konnex (KNX) permite a sua utilização como meio físico.

A presença constante do protocolo de internet (IP) levou à definição do KNXnet/IP. O KNXnet/IP fornece os meios necessários para ligações ponto a ponto entre o ETS e/ou o sistema de supervisão e a instalação KNX. Também define como linhas ou áreas podem interligar-se usando o IP através do KNXnet/IP Routing, este só define como os *router's* KNXnet/IP comunicam entre si usando as redes IP[9].

Desta maneira, as redes LAN (*local area network*), bem como a internet, podem ser utilizadas como meio de transmissão para tramas KNX.

O KNXnet/IP situa-se na camada física do modelo em camadas do KNX e define a integração do protocolo KNX sobre o protocolo de rede Internet Protocol(IP) como podemos constatar na figura 3.7.



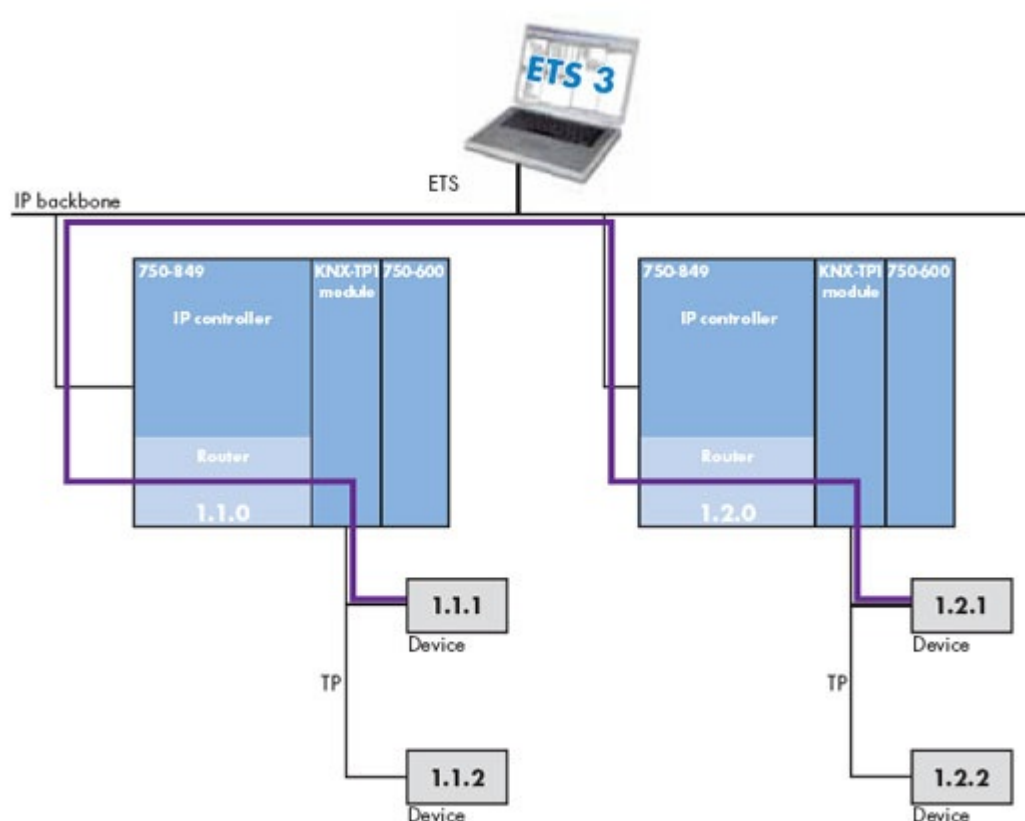
**Figura 3.7:** Modelo em camadas do protocolo KNX e KNXnet/IP

O KNX/IP possui dois tipos de endereçamento: *unicast* e *multicast*. Se o *unicast* for utilizado quer o KNX/IP router ou o KNX IP device teriam que ser configurados de modo a enviar os dados para uma lista predefinida de outros dispositivos IP. Isso aumentaria a complexidade e requer mais recursos não só dos dispositivos mas também da rede.

### 3.4.1 Arquitectura

Neste projecto, o controlador KNX/IP é utilizado com o módulo de KNX/EIB/TP1 como um router de uma *backbone* IP (Ethernet). O ETS (software de configuração de redes KNX) acede através de

uma rede IP aos múltiplos dispositivos KNX instalados em sub redes KNX. Neste exemplo (figura 3.8, as sub redes são em *Twisted-Pair* tipo 1 (KNX-TP1), mas poderão ter outro meio físico que a norma KNX permita. O cliente KNXnet/IP pode aceder a um ou mais servidores KNXnet/IP ao mesmo tempo. No caso dos servidores implementarem também o *routing*, é possível que os servidores possam comunicar entre si[17].



**Figura 3.8:** Exemplo de uma configuração KNXnet/IP [17]

Um sistema KNXnet/IP terá de conter no mínimo os seguintes elementos:

- uma sub rede KNX ( KNX-TP1, KNX-TP0, KNX-RF,KNX-PL110,KNX-PL132);
- um dispositivo que faça interface entre uma rede KNX e uma rede IP que é denominado por servidor KNXnet/IP;

- e adicionalmente poderá ser utilizado software para funções remotas num computador ligado à rede IP.

### 3.4.2 Módulos do KNXnet/IP

O KNXnet/IP está organizado por módulos, esta organização permite uma utilização mais fácil do KNXnet/IP, estando este dividido em 4 módulos:

- Núcleo;
- Gestão de dispositivos;
- *Tunnelling*;
- *Routing*.

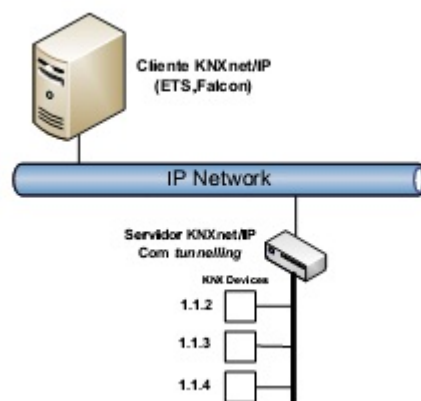
O módulo obrigatório, é o núcleo do protocolo que contém as especificações das tramas KNXnet/IP.

O módulo da gestão de dispositivos apenas define serviços para efectuar configurações e gestão de servidores KNXnet/IP.

*Tunnelling*, juntamente com o *routing*, é uma das duas maneiras de se comunicar. Quando se utiliza *tunneling*, é estabelecida uma ligação ponto-a-ponto ao longo de um canal de comunicação entre o EIBnet / IP do servidor e do cliente. *Tunnelling* é usado, por exemplo, para descarregar uma aplicação ou para aceder a um dispositivo KNX específico para fins de configuração e de diagnóstico. *Routing* é responsável pela troca de KNX / EIB tramas entre diferentes servidores EIBnet/IP.

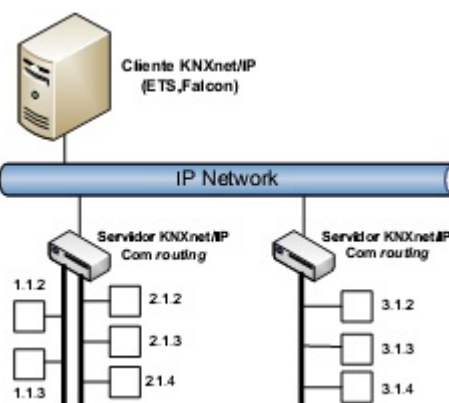
*Routing* é responsável pela troca de KNX / EIB tramas entre diferentes servidores EIBnet/IP . Um servidor de EIBnet/IP encaminha apenas as tramas que correspondem aos critérios de filtragem. Essas tramas podem ter origem do próprio servidor, bem como na rede KNX TP1 ligada a esse servidor. *Routing* usa tramas multicast.[6]

Se for pretendido um servidor KNXnet/IP que possa interligar uma ou mais sub-redes a um cliente KNXnet/IP, apenas é necessário implementar o núcleo, gestão de dispositivos e o *tunnelling*. Um exemplo desta arquitectura é a figura 3.9.



**Figura 3.9:** Exemplo de arquitetura com servidor KNXnet/IP implementando tunelling

Adicionando o módulo de *routing* um servidor KNXnet/IP permite que este possa comunicar com outros servidores KNXnet/IP espalhados pela rede IP. A figura 3.10 ilustra um exemplo de uma arquitectura com este tipo de servidores.



**Figura 3.10:** Exemplo de arquitetura com servidor KNXnet/IP implementando *routing*

Desta forma, é possível interligar uma ou mais sub-redes KNX através de uma rede IP e assim o *backbone* da rede KNX passa a ser a rede IP. Estes servidores também podem comunicar com os clientes. Este tipo de solução não é tão usual visto que aumenta significativamente o custo do projecto KNX. Uma possível utilização era em edifícios de grandes dimensões e complexidade onde se pretendia interligar todos os dispositivos do edifício através de uma rede IP.

### 3.5 ETS

O ETS é uma aplicação desenvolvida pela KONNEX Association que significa *Engineering Tool Software* e tem como objectivo principal o desenho e configuração de sistemas domóticos baseados em EIB/KNX. Com a ferramenta também é possível a gestão da rede EIB/KNX.

O modo de configuração s-mode do KNX é realizado através desta ferramenta. O ETS utiliza uma base de dados com a descrição de todas as informações necessárias sobre os dispositivos para a sua correcta configuração. Esta base de dados é criada pelos fabricantes de cada dispositivo utilizando uma ferramenta própria, “*manufacturer tool*”, e normalmente vem junto com o dispositivo. Esta base de dados não é aberta e só pode ser lida pela ferramenta ETS. A configuração do sistema pode ser feita em modo *offline* e posteriormente enviada para os dispositivos.

### 3.6 CoDeSys

CoDeSys é um ambiente de desenvolvimento para aplicações de controladores programáveis e atende à norma industrial internacional IEC61131-3. Todas as cinco linguagens de programação de aplicação definida na IEC 61131-3 estão disponíveis no CoDeSys:

- IL (listas de Instruções) é uma linguagem de programação como Assembly;
- ST (texto estruturado) é semelhante à programação em Pascal ou C;
- LD (Diagrama de Contactos) permite ao programador praticamente combinar contactos de relé e bobinas;
- FBD (Blocos Lógicos) permite ao usuário rapidamente programar tanto expressões booleanas e analógicas;
- SFC (Função Gráfica Sequencial) é conveniente para a programação sequencial de processos.

Também permite incluir C-rotinas e suporte para programação orientada. Em combinação com o sistema de SP CoDeSys runtime permite multi-dispositivos e multi-programação de aplicativos.

A estrutura baseada em componente torna possível uma configuração cliente específica e a extensão da interface do usuário.

### 3.7 Sistema operativo Android

Android Inc foi fundada em Palo Alto da Califórnia, EUA por Andy Rubin, Rich Miner, Nick Sears e Chris White em 2003. Mais tarde Android Inc. foi adquirida pela Google em 2005.

É um sistema operativo poderoso que suporta um grande número de aplicações em *SmartPhones*. Essas aplicações tornam a vida mais confortável para os utilizadores.

Android é um sistema operativo móvel que corre sobre o núcleo Linux , embora por enquanto a sua versão do núcleo Linux divirja da versão oficial. Conta com a versão 2.6 do linux para o sistema central de serviços, como segurança, gestão de memória, gestão de processos, pilha de rede e modelo de driver. O núcleo(Kernel) também actua como uma camada de abstracção entre o hardware e o resto da pilha de software.

A arquitectura do sistema operativo Android está dividida em camadas, como podemos observar na figura 3.11, onde cada camada é responsável por controlar os seus respectivos processos.

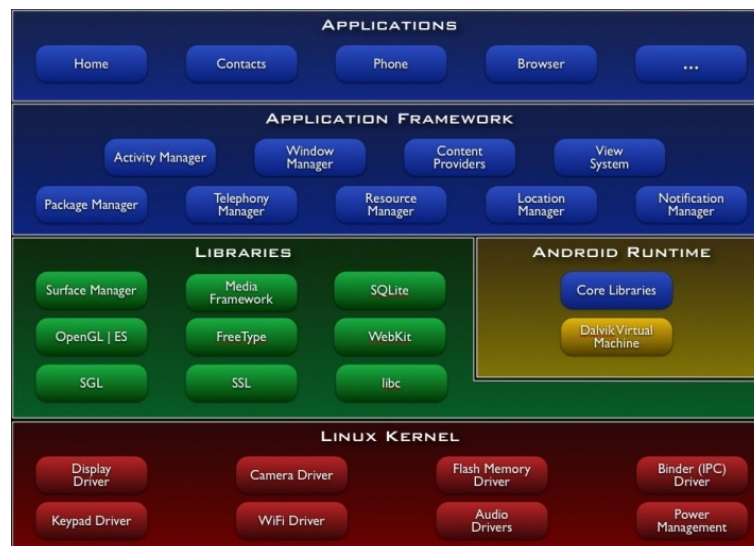


Figura 3.11: Arquitectura Android [7]

Ao fornecer uma plataforma de desenvolvimento aberta, o Android oferece a capacidade de criar

aplicações extremamente ricas e inovadoras. No desenvolvimento de uma aplicação é possível aproveitar o hardware do dispositivo as informações de localização, executar serviços de fundo, definir alarmes, adicionar notificações na barra de *status*, e muito mais.

No processo de desenvolvimento é facultado pleno acesso às APIs (*Application Programming Interface*) do mesmo quadro usado pelas aplicações principais. A arquitectura da aplicação foi concebida para simplificar a reutilização de componentes, qualquer aplicação pode publicar as suas capacidades assim como outras podem então fazer uso dessas capacidades (sujeito a restrições de segurança impostas pelo quadro). Este mesmo mecanismo permite que os componentes a ser substituído pelo utilizador.

Subjacente a todas as aplicações são um conjunto de serviços e sistemas, incluindo:

- Um rico e extensível conjunto de visualizações que podem ser usadas para construir uma aplicação, incluindo listas, grelhas, caixas de texto, botões, e até mesmo um navegador web embutido;
- Fornecedores de conteúdo que permitem que as aplicações possam aceder a dados de outras aplicações (como Contactos), ou para partilhar seus próprios dados;
- Um gestor de recursos, fornecendo acesso a recursos que não são código, tais como sequências localizadas, gráficos e campos de layout;
- Um gestor de notificação que permite que todas as aplicações exibam alertas personalizados na barra de estados;
- Um gestor de actividade que gere o ciclo de vida das aplicações.

Além das aplicações feitas em Java, o Android possui um conjunto de bibliotecas C/C++ usadas por diversos componentes que permitem trabalhar com arquivos de vídeos, exibição de conteúdo em 2D e 3D, inclusive bibliotecas implementadas utilizando OpenGL e um poderoso e leve banco de dados relacional, o SQLite. Este último é representada uma grande diferença em relação ao Java ME, pois o SQLite já possui métodos de indexação. Com um gestor é possível criar um banco de dados no ambiente de desenvolvimento e instalá-lo no dispositivo, o que acelera o processo de desenvolvimento, visto que os dispositivos possuem um poder de processamento limitado.

Android inclui um conjunto de bibliotecas que fornece a maioria das funcionalidades disponíveis nas principais bibliotecas da linguagem de programação Java.

A Google optou por usar uma máquina virtual própria, distanciando-se da Sun e JCP, ocasionando um rápido avanço da plataforma. Cada aplicação Android corre o seu próprio processo, com sua própria instância da máquina virtual *Dalvik*. *Dalvik* foi escrito de forma que um dispositivo pode executar várias máquinas virtuais de forma eficiente. A máquina virtual *Dalvik* executa os ficheiros executáveis *Dalvik* (.Dex) formato que é otimizado utilização mínima de memória. A máquina virtual é baseada em registos, e corre classes compiladas por um compilador linguagem Java que foram transformadas para o formato dex.

A máquina *Dalvik* depende do *kernel* Linux para uma funcionalidade subjacente como gestão de memória de segmentação e de baixo nível [4][7].

### **3.8 Síntese**

Em síntese o problema subjacente a este trabalho impõe requisitos que são potenciadores da utilização de novas tecnologias. Neste contexto, o desenvolvimento da aplicação requer o conhecimento das tecnologias descritas assim como a capacidade de as configurar e programar de forma que estas possam trabalhar de forma integrada. No capítulo que se segue será apresentada a arquitectura da aplicação que será descrita recorrendo a um caso de estudo.



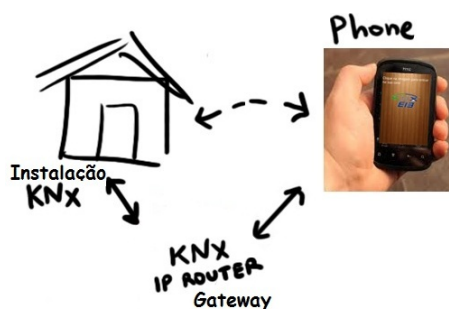
## Capítulo 4

# Arquitectura da solução

Neste capítulo é apresentada a arquitectura e os aspectos mais relevantes do desenvolvimento do sistema. Tratando-se um sistema que envolve várias componentes esta descrição está formatada de forma a abranger cada uma das componentes, nomeadamente aqueles que são mais relevantes.

A infra-estrutura de comando multifunções EIB-KNX para *smartphone* constitui-se num sistema que engloba três componentes bem definidas figura 4.1 :

- Infra-estrutura domótica;
- *Gateway*;
- Plataforma móvel



**Figura 4.1:** Representação das componentes da infra-estrutura de comando

A **infra-estrutura** domótica que no essencial consiste em toda a instalação constituída pelos sensores e actuadores que equipam o edifício que se pretende automatizar. Não obstante possuir

a estrutura tradicional de uma instalação de domótica, para possibilitar que a infra-estrutura de comando possa interagir com a instalação, esta tem que comportar alguma interface que permita essa interacção.

A **gateway** não consiste numa tradicional *gateway* como se pode encontrar em muitos sistemas, nomeadamente em redes de comunicação. Ela de facto liga duas redes mas desempenha um papel mais substancial no sistema. Neste contexto actua como um *front end* para cada lado do sistema, ao nível inferior com a infra-estrutura de domótica, e a nível superior com a plataforma móvel.

A **plataforma móvel** consiste na componente visível do sistema e aquela que do ponto de vista do utilizador é verdadeiramente importante. Desta forma no seu desenvolvimento foi tido consideração aspecto como a facilidade de interacção, versatilidade sem que o utilizador necessite conhecer nenhuma das restantes componentes do sistema. Neste contexto, a descrição da arquitectura e dos detalhes da sua implementação será efectuada segundo uma abordagem de baixo para cima (*bottom to top*) sendo suportada num caso de estudo.

## 4.1 Caso de estudo

Para caso de estudo foi considerada uma residência unifamiliar com uma configuração de dois andares: Rés-do-chão; Primeiro andar. De forma a manter o exemplo simples escolheu-se funções típicas de uma divisão (ex. quarto):

- Controlo da iluminação;
- Controlo da climatização;
- Controlo dos estores.

### 4.1.1 Infra-estrutura de Domótica

A infra-estrutura de domótica pode ser vista segundo duas perspectivas. Uma que resulta do normal projecto e instalação da rede de domótica. Uma segunda que deriva da necessidade de criar uma interface que permita a interacção do sistema que se pretende desenvolver com a infra-estrutura de domótica. A primeira envolve toda a planificação da rede distribuição de sensores e actuadores

pelo edifício. Nesta tarefa existem duas funções, uma de configuração designadamente atribuição de endereços, e uma outra de programação das funções que se pretendem da instalação. Toda esta configuração é efectuada com suporte à ferramenta ETS. Para a configuração de uma rede o ETS disponibiliza 3 janelas como podemos observar na figura 4.2 :

- **Topology:** na qual é descrita toda a estrutura da rede, nomeadamente sua estrutura principal (Backbone, e Linhas)
- **Buildings:** na qual é efectuada uma decisão da estrutura do edifício;
- **Group Addresses:** Na qual são efectuada as associações entre dispositivos da rede.

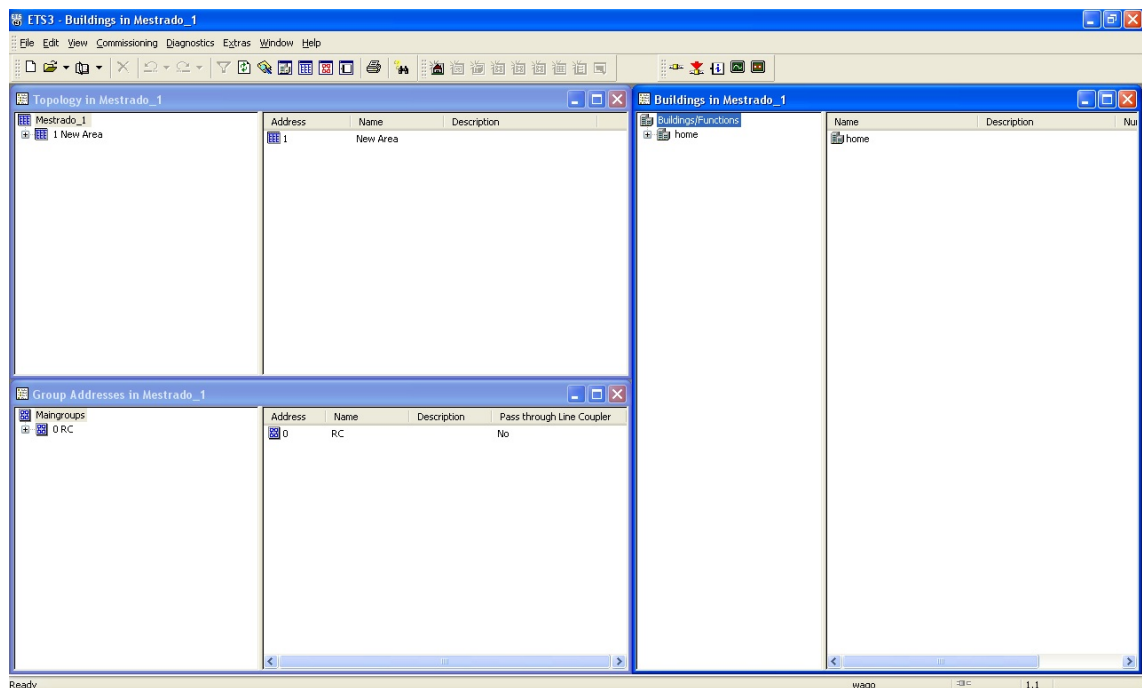


Figura 4.2: Ambiente de trabalho no ETS

#### 4.1.1.1 Topology

A residência considerada no caso de estudo é um pequeno projecto quando se considera a capacidade de rede KNX. Assim para esta habitação será considerada a existência unicamente de

uma *Backbone* há qual está ligada um controlador KNX-IP, e uma única linha. No KNX cada linha é capaz de suportar 64 dispositivos que para o problema em questão é suficiente.

Esta topologia é criada na janela *Topology* como podemos verificar na figura 4.3.

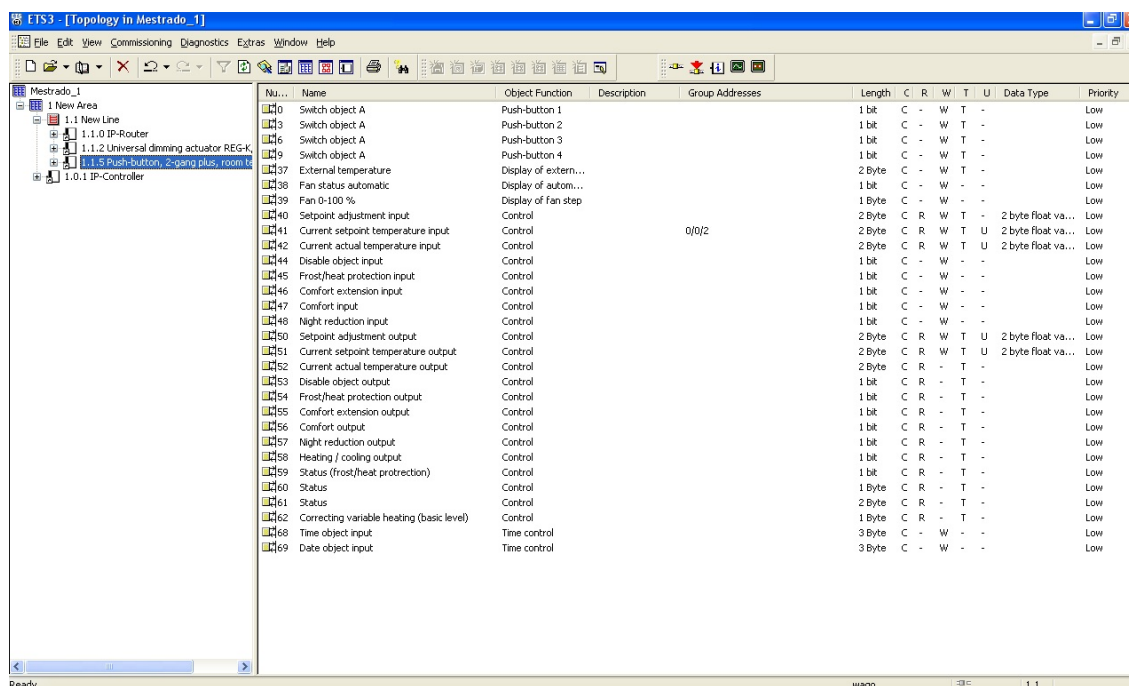


Figura 4.3: Janela *Topology* do ETS

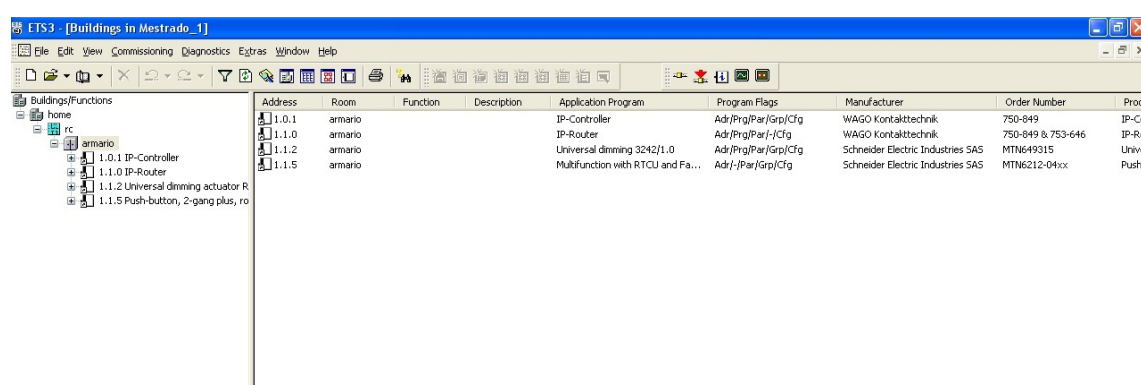
Os dispositivos aparecem na linha e devem possuir um endereço da gama endereçável da linha. No caso em estudo os dispositivos utilizados são:

- Um actuador para controlo de iluminação;
- Um actuador para controlo dos estores;
- Um actuador para controlo da temperatura;
- 3 interruptores com respectivo sensor de temperatura, *display* e botões para controlo da iluminação na divisão;
- 1 interruptor para controlo da iluminação.

### 4.1.1.2 Buildings

Na janela *Buildings*, está representada a habitação sendo possível separar os dispositivos por divisão da habitação. Esta ordenação serve apenas para melhor percepção do sistema, não tendo o dispositivo qualquer informação sobre a divisão onde o mesmo se encontra. Desta forma representa-se a distribuição de todos os dispositivos pela habitação o que permite ter a auxiliar o processo de configuração e programação. Isto é importante nomeadamente para os instaladores.

Um exemplo da estrutura desta janela está representada na figura 4.4.



Address	Room	Function	Description	Application Program	Program Flags	Manufacturer	Order Number	Product
1.0.1	armario			IP-Controller	Adr/Prj/Par/Grp/Cfg	WAGO Kontakttechnik	750-849	IP-Co
1.1.0	armario			IP-Router	Adr/Prj/Par/Grp/Cfg	WAGO Kontakttechnik	750-849 & 753-646	IP-Ro
1.1.2	armario			Universal dimming 3242/1.0	Adr/Prj/Par/Grp/Cfg	Schneider Electric Industries SAS	MTN649315	Unive
1.1.5	armario			Multifunction with RTCU and Fa...	Adr/Par/Grp/Cfg	Schneider Electric Industries SAS	MTN6212-04cx	Push-

Figura 4.4: Janela *Buildings* do ETS

### 4.1.1.3 Group Addresses

Nesta janela estabelece-se a associações entre dispositivos. Cada dispositivo depois de devidamente parametrizado disponibiliza um conjunto de objectos. A associação entre objectos permite programar as funcionalidades da rede.

Na figura é possível observar a associação do objecto “*Switch Object*” do dispositivo “*Universal dimming actuator*”, com o objecto “iluminação sala” do dispositivo “*IP-Controller*”.

A associação é efectuada dentro de uma pasta que define um grupo funcional. Dentro de um grupo só podem estar dispositivos do mesmo tipo ou de tipos compatíveis. Um dos aspectos importante da associação é a definição do tipo de dados (*Data Type*). O KNX define um conjunto extenso de *Data Types*. A escolha do *data type* pode interferir no funcionamento dispositivo.

A escolha e identificação dos *data types* utilizados nas associações que constituem as funções da

instalação de domótica é importante para o desenvolvimento da infra-estrutura de comando, assim esta informação terá que ter que ser tida em consideração no desenvolvimento da *Gateway* e na Aplicação Móvel.

A descrição da configuração discutida refere um projecto típico de uma rede de domótica. Para permitir o desenvolvimento da infra-estrutura móvel de comando, é então necessária numa segunda fase criar elementos que permitam a interacção da infra-estrutura com a instalação. Essa interacção ocorre ao nível dos *group address*, e é efectuada através de um conjunto de objectos que são exportados da *gateway*. Os objectos são posteriormente importados no ETS através de um *plugin* é efectuada a sua associação ver figura 4.5.

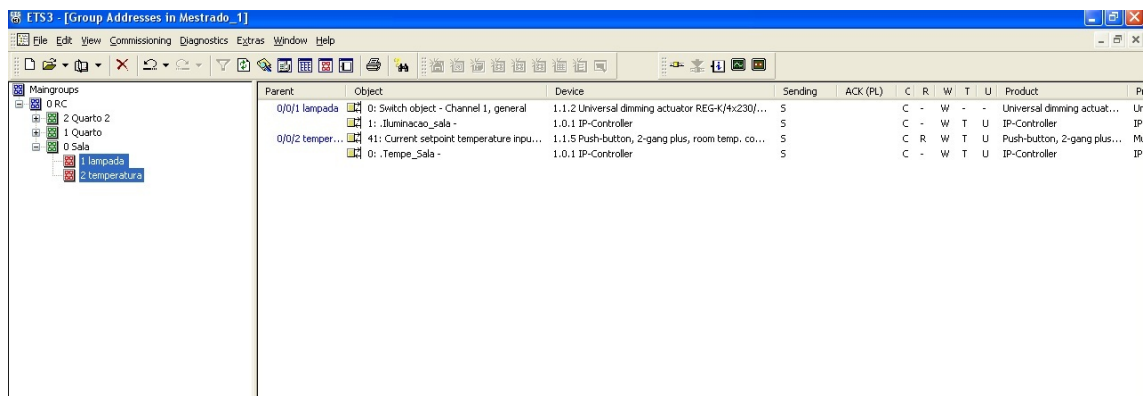


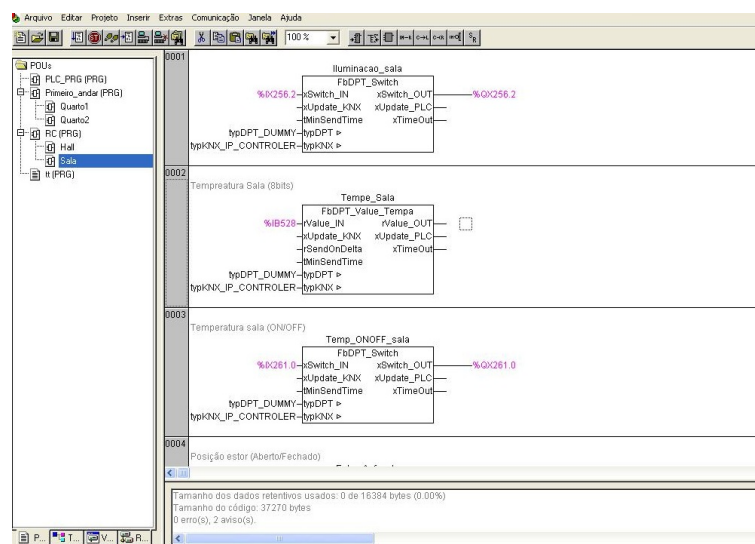
Figura 4.5: Janela *Group Addresses* do ETS

### 4.1.2 Gateway

A *gateway* é um dispositivo que faz a interligação entre a plataforma móvel e a Infra-estrutura doméstica.

A *gateway* é formada por um controlador KNX-IP: Este controlador é semelhante a um PLC (*Programmable Logical Controller*). Está dotado de uma interface *ethernet*, assim como um servidor Modbus que serão utilizados para estabelecer a ligação com a plataforma móvel. Está igualmente acoplado a um router KNX que lhe permite comunicar com os dispositivos da infra-estrutura doméstica. Para além destas interfaces possui um conjunto de livrarias para desenvolver aplicações de doméstica.

Em termos funcionais a *gateway* mapeará os comandos enviados pela plataforma móvel em comandos KNX que serão enviado pelo router KNX para a instalação de doméstica. Armazenará igualmente as variáveis de estado recebidas da instalação de doméstica e enviará esta informação à plataforma móvel sempre que esta o solicite. O mapeamento é efectuado com base nas livrarias do controlador e são programadas através da ferramenta Codesys da Wago, como podemos observar na figura 4.6.



**Figura 4.6:** Exemplo do mapeamento efectuado no codesys

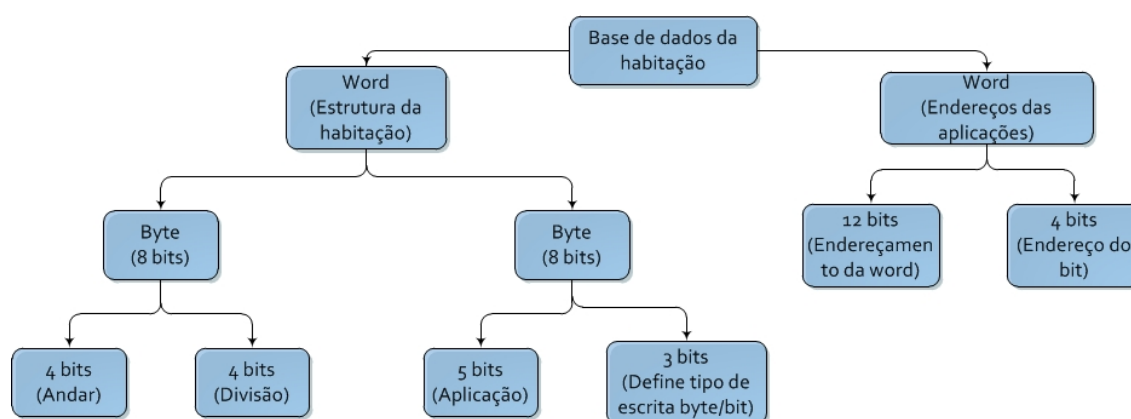
A utilização destas funções é suficiente para assegurar a comunicação com a infra-estrutura de

domótica. Já para a estabelecer a comunicação com a plataforma móvel e assegurar um correcto mapeamento dos seus comandos com as funções da instalação de domótica é necessários assegurar dois aspectos importantes:

- Dispor de conhecimento do que pode ser comandado e como é comandado;
- Existir uma aplicação que permita a aplicação que consiga estabelecer e gerir a comunicação entre a plataforma móvel e a *gateway*.

O conhecimento do que pode ser comandado só pode ser conseguido através do projecto da instalação de domótica. Desta forma é necessário criar uma base de dados na *gateway* com os detalhes da instalação de domótica do edifício que a alberga e as funções que possui. Esta função encontra-se em forma de tabela que contem os seguintes campos:

- Andar;
- Divisão;
- Função;
- *Data type*;
- Endereço da variável na *Gateway*.



**Figura 4.7:** Estrutura da base dados que engloba funções e estrutura do edifício

Em termos práticos a base de dados é guardada em dois vectores, um com os endereços de cada aplicação (ex: controlo lâmpada, estores, etc), e outro com a estrutura da casa. Cada vector é codificado numa word<sup>1</sup> (16 bits). Na posição 1 de ambos os vectores está contido o número de posições do vector, isto é, o comprimento do mesmo, o que permite saber na hora de carregar a base de dados, o número de vezes que é necessário efectuar a leitura da mesma. As duas words referentes ao vectores estão codificadas como apresenta a figura 4.7.

Os primeiros 4 bits da word que constitui a estrutura do edifício são utilizados para definir o número do andar, o que permite obter 16 andares, em que o andar “0” corresponderá a 0000 e o andar número 15 a 1111. Os 4 bits seguintes correspondem à identificação da divisão permitindo assim obter 16 divisões por andar e, por conseguinte, 256 divisões por edifício. Os seguintes 5 bits permitem identificar o tipo de aplicação sendo o 00000 por ex. para a iluminação do tipo ON/OFF, com esta codificação podem existir até 32 tipos de aplicações diferentes por divisão. Os restantes 3 bits são utilizados para identificar o tipo de controlo a efectuar por ex. controlo ao bit (ON/OFF) ou ao byte (variação do aquecimento).

Na word que contém os endereços das aplicações, os primeiros 12 bits definem o endereço da aplicação, os 4 bits seguintes só têm significados quando o *data type* for do tipo bit( ex: comando de desligar o ligar de uma lâmpada) e representam a posição do bit na estrutura word.

A Base de dados para o exemplo utilizado no caso de estudo pode ser observada na tabela 4.1.

Para estabelecer a comunicação entre a plataforma móvel e a *gateway*, existe nesta última um servidor Modbus.

Este servidor permite assim aceitar pedidos de aplicações clientes. Estas aplicações podem ser um o mais *smartphones* dos utilizadores do edifício que pretendem comandar a instalação de domótica remotamente.

A gestão de acesso à base de dados é assegurada um subprograma que foi desenvolvido e que corre na *gateway*. Este sub-programa possui uma máquina de estados que garante a sincronização do acesso à base de dados entre duas aplicações assíncronas, a *gateway* e a plataforma móvel. Os detalhes da comunicação entre a aplicação cliente e a servidora nomeadamente no que se refere ao

---

<sup>1</sup>Uma word corresponde a 2 bytes juntos. Uma word tem como valor máximo 0xFFFF em hexadecimal (65535, em decimal)

acesso à base de dados será descrito na plataforma móvel.

**Tabela 4.1:** Tabela usada para a construção da base de dados

Andar	Divisão	Aplicação	Cod. em Hex	Cod. na rede (Modbus)	Cod. na rede em Hex
0001	00001	00001	0108	256.1	0801
0010	00001	00001	0208	256.2	0802
0010	00010	00010	0210	257.0	0808
0010	00011	00011	0218	0258	0810
0010	00100	00100	0220	261.0	0828
0010	00101	00101	0228	0528	1080
0011	00001	00001	1308	256.3	0803
0011	00010	00010	1310	257.1	0809
0011	00011	00011	1318	0259	0818
0011	00100	00100	1320	261.1	0829
0011	00101	00101	1328	0263	0838
0100	00001	00001	1408	256.4	0804
0100	00010	00010	1410	257.2	080A
0100	00011	00011	1418	0260	0820
0100	00100	00100	1420	261.2	082A
0100	00101	00101	1428	0264	0840

### 4.1.3 Plataforma Móvel

A plataforma móvel é a parte do sistema que é visível para o utilizador. Consiste numa aplicação que foi desenvolvida para equipamentos que corram o sistema operativo Android, designadamente *smartphones*. Todos os aspectos de desenvolvimento foram efectuado em linguagem Java através da ferramenta de desenvolvimento Eclipse. Dado que a plataforma móvel irá ser a interface por excelência para o utilizador interagir remotamente com toda a instalação de domótica, o seu desenvolvimento teve em consideração os seguintes aspectos:

- Esconder detalhes técnicos do utilizador;

- Ser simples de utilizar.

O primeiro prende-se com o retirar da esfera do utilizador a complexidade do sistema. Neste contexto, a aplicação deve assegurar que o utilizador consegue obter todas as funcionalidade associadas à estrutura do edifício, através de um simples pedido. Assim, esta parte de desenvolvimento está focada no acesso e carregamento da base de dados com o conhecimento da estrutura do edifício e respectivas funções da instalação de domótica.

O segundo está associada à forma como lhe é apresentada a informação. Esta vertente do desenvolvimento está relacionada com a interface gráfica.

#### **4.1.3.1 Base de dados local e base de dados remota**

Obter as funcionalidades existentes na instalação de domótica de forma automática em resposta a um simples pedido do utilizador e disponibilizar comandos para interagir com essas funcionalidades requer:

- Obter a informação da base de dados que está contida na *gateway*;
- manipular a base de dados de forma a auto configurar uma interface gráficas e disponibilizar comandos para essas funcionalidades ao utilizador.

e manipulará-la de forma a auto configurar uma interface gráficas que disponibilize comandos para essas funcionalidades ao utilizador.

Para obter a base de dados é necessário criar mecanismos que permitam sincronizar a aplicação móvel com o programa de gestão da base de dados da *gateway*. Isso é alcançado com a existência de duas máquinas de estado uma na plataforma móvel e outra na *gateway*. As máquinas de estado então sincronizadas e a mudança de estado efectua-se através de um conjuntos de mensagens enviadas pela aplicação cliente (aplicação móvel).

A figura 4.8, representa a estrutura das duas máquinas de esse suas interdependências.

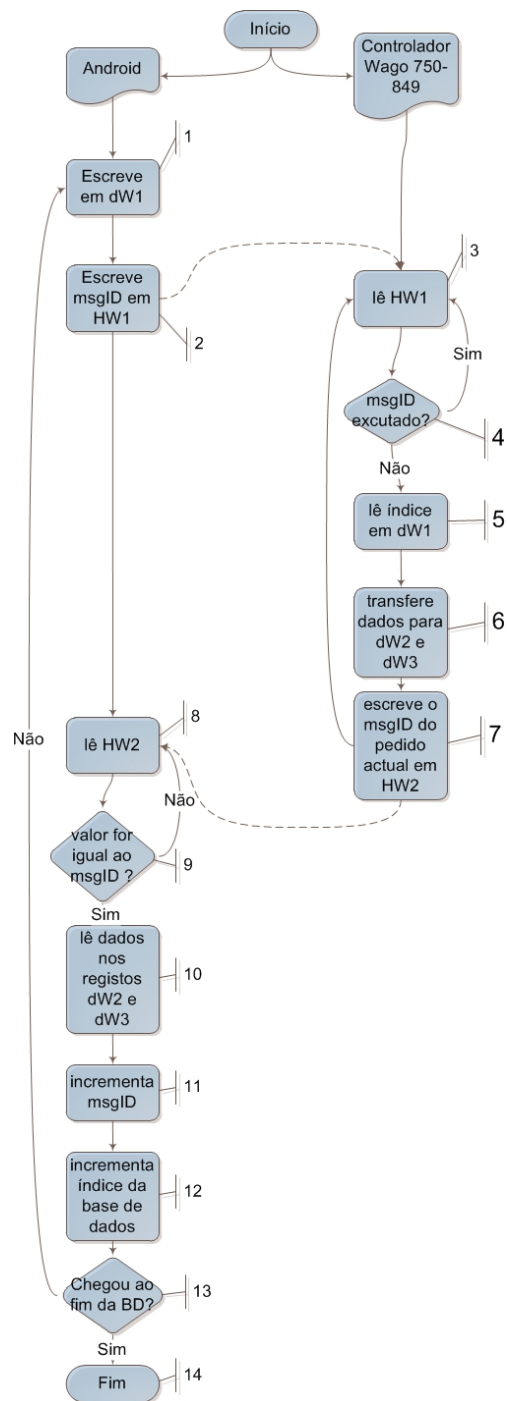


Figura 4.8: Máquinas de estado da aplicação móvel (Android) e da gateway (controlador wago).

O processo de obtenção da base de dados é iniciado pela aplicação móvel enviando uma mensagem que escreve no endereço de memória dW1 da *gateway* o índice da posição da base de dados a obter (ponto 1), de seguida escreve em HW1 o identificador da mensagem. Este identificador vai ser utilizado pelo gestor de base de dados para identificar se recebeu um novo pedido. O gestor da base de dados lê HW1 (ponto 3), se o valor de HW1 já tiver sido lido (ponto 4) então volta ao ponto 3 e aguarda por um novo valor, se ainda não tiver sido lido prossegue para o ponto 5 e lê o valor de dW1.

No passo seguinte (ponto 6) o gestor da base de dados transfere os dados para duas words (dW2 e dW3), no ponto 7 o gestor da base de dados escreve em HW2 o identificador da mensagem que processou. A aplicação móvel vai enviado pedidos de leitura à posição de memória HW2 (ponto 8). No ponto 9, a mensagem HW2 é comparada com HW1, se estas forem iguais prossegue para ponto 10 onde lê os valores de dW2 e dW3, se forem diferentes (HW1 e HW2) volta ao ponto 8 e aguarda por uma nova mensagem. No ponto 11 é incrementado o valor do identificador de mensagem (HW1) e no ponto 12 é incrementado o índice da base de dados (dW1). Em 13 é verificado se já foi atingido o último índice da base de dados, caso este tenha sido atingido o programa de carregamento de base de dados é encerrado, caso seja falso este retorna ao ponto 1.

A base de dados obtida pelo processo a cima referido é então manipulada de forma esta seja transformada numa base de dados local. Essa base de dados é construída de forma a facilitar o processo de envio de comando por parte da aplicação móvel e igualmente facilite o processo de configuração da interface gráfica.

A construção da base de dados é efectuada da seguinte forma.

Após a leitura da base de dados, são obtidos os códigos distintos que identificam cada divisão e cada aplicação. Dado que dentro da mesma divisão existem diversas aplicações, o que faz com o mesmo código seja repetido várias vezes. Esta separação permite saber directamente o número de andares existentes, o número de divisões distintas (não o número de divisões) assim como o número de aplicações distintas existentes.

Após obter o número de divisões distintas, é calculado o número de divisões existentes por andar. Os seus códigos identificadores são guardados numa matriz bidimensional em que a coluna identifica o andar (por ex. a coluna 0 corresponde ao andar número 0), e as linhas as divisões

existentes nesse mesmo andar.

De maneira similar, é calculado o número de aplicações por divisão e por andar, sendo desta vez guardadas numa matriz tridimensional como representado na figura 4.9. As primeiras duas dimensões (x , y) identificam a divisão (x) e a aplicação (y), tal como na matriz referida anteriormente, o processo de armazenamento é efectuado de maneira idêntica, coluna identifica a divisão (por ex. a coluna 0 corresponde à divisão número 0). A terceira dimensão (z) corresponde ao andar, deste modo conseguimos saber a localização exacta da aplicação.

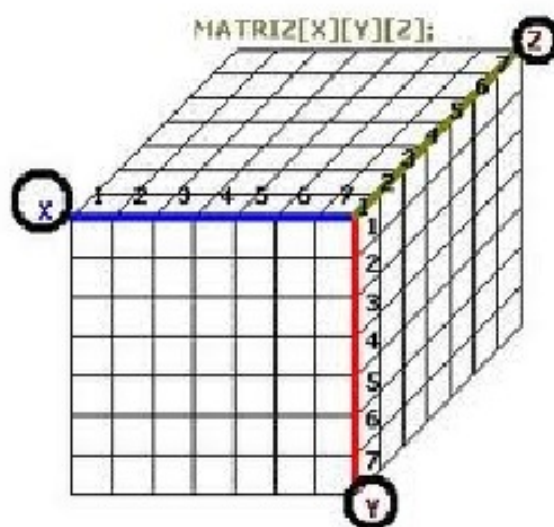


Figura 4.9: Matriz tridimensional

#### 4.1.3.2 Interface gráfica

A interface gráfica desempenha um papel muito importante na funcionalidade da infra-estrutura de comando. Neste contexto foi desenvolvida uma interface gráfica que numa primeira fase reflecta o conceito de área. Assim, o utilizador quando selecciona uma área, por exemplo um quarto todas as funções desse quartos lhe ficarão acessíveis. Agrupamento de funções nomeadamente funções centrais também são possíveis, contudo não foram implementadas nesta primeira versão.

De seguida, é descrita a interacção entre o utilizador e a aplicação do *smartphone*, para o exemplo dado neste caso de estudo. A figura 4.10 representa o ecrã de abertura da aplicação, que permite

aceder às funções da habitação, bem como fazer o carregamento da mesma.



**Figura 4.10:** Ecrã de abertura da aplicação

A interface permite ao utilizador comum o controlo da sua habitação, sem que seja necessário a compreensão da instalação domótica em si.

A partir deste ecrã é possível executar todas as tarefas, tais como entrar no menu de selecção da aplicação a controlar, ou efectuar o carregamento da base de dados/estrutura da habitação. O carregamento da estrutura está explicado de seguida.

### **Carregamento da estrutura**

A aplicação do *smartphone* permite carregar a estrutura da habitação de modo a reconhecer o seu Conteúdo. Esta operação só é necessário efectuar uma vez.

Para carregar a estrutura é necessário pressionar o botão de menu do *smartphone*, deste modo é aberto o menu “opções”, como demonstra a figura 4.11. Dentro do menu opções, é possível encontrar mais funções de momento desactivadas excepto o botão “*Search*” que permite o início do processo de carregamento da base de dados.

A estrutura carregada contém toda a informação relativa a habitação, desde o número de andares à localização das aplicações existentes.



**Figura 4.11:** Menu de carregamento da aplicação

Concluído o carregamento da base de dados e correspondente e correspondente geração de uma base de dados local já descrito, todos o sistema de menus é gerado dinamicamente. Ou seja com base na base de dados local a aplicação tem agora capacidade de mapear a estrutura do edifício e respectivas funções da instalação de domótica num sistema de menus para o utilizador. Igualmente foi desencadeado o processo que permite mapear as acções efectuadas sobre a interface gráfica em serviços de comunicação que representam comandos sobre a instalação de domótica.

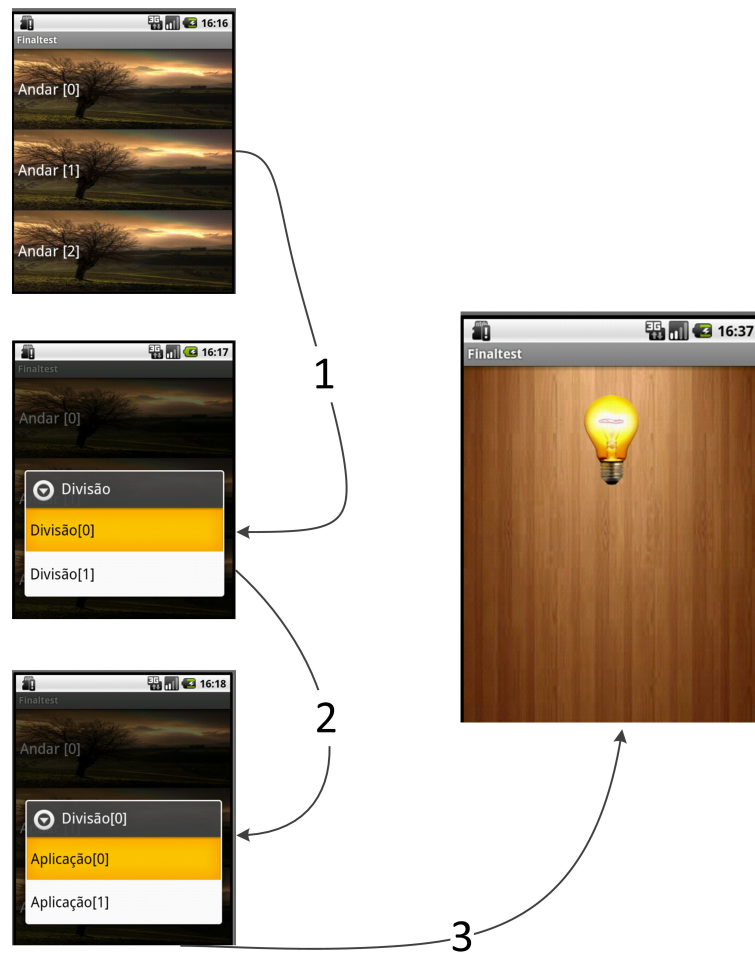
Após o carregamento estar concluído é aberta a interface de selecção que vai permitir ao utilizador escolher qual a aplicação a controlar.

### **Interface de selecção**

A interface de selecção consiste na abertura de uma nova janela, onde é permitido ao utilizador efectuar a escolha do andar, da divisão e, por fim, da aplicação a ser controlada.

A figura 4.12 representa os passos que devem ser seguidos, de modo a escolher a aplicação que o utilizador pretende controlar.

Quando se abre a primeira janela, selecciona-se o andar pretendido. Depois desta escolha, são carregadas as divisões existentes nesse andar (passo 1). De seguida, após seleccionar a divisão, o



**Figura 4.12:** Menu de carregamento da aplicação

programa abre um novo submenu com as aplicações existentes nessa divisão (passo 2). Por fim, depois de seleccionar a aplicação pretendida, o programa abre uma nova janela apenas com a aplicação seleccionada (passo 3), que neste caso foi a aplicação que controla as luzes.



## Capítulo 5

# Conclusão

Neste trabalho, foi desenvolvida uma infra-estrutura de comando para redes de domótica KNX. A solução proposta é mais um contributo para que se maximize as vantagens da utilização da domótica em edifícios. A arquitectura do sistema engloba um conjunto de tecnologias demonstrado um elevado nível de incorporação soluções técnica no sistema.

Apresenta como elementos chave a possibilidade do utilizador dispor todas as funcionalidade do edifício (ou as mais relevantes), sem ter nenhum conhecimento das funções de domótica existentes no edifício, nem sequer ter que presente todos os detalhes da constituição do edifício.

Trabalha com o estado da arte da tecnologia de comunicações móveis à qual alia a capacidade de gerar dinamicamente uma interface para o utilizador, que represente as áreas dos edifícios e correspondentes funções da instalação. Os resultados do sistema desenvolvido demonstram as grandes virtudes do conceito sendo passível de ser melhorado.

### **Trabalho Futuro**

Como trabalho futuro há duas vertentes de valorização do sistema proposto.

Uma resulta no adicionar de novas funcionalidades e inclusão de algumas protecções não implementadas nesta primeira versão nomeadamente:

- Adicionar à interface a capacidade de comandar funções centrais;
- Capacidade de atribuir nomes às áreas dos edifícios;

- Assegurar a concorrência em acessos simultâneos à base de dados;
- Fazer *refresh* à base de dados local quando eventualmente ocorra alterações nas configurações da instalação de domótica.

Uma segunda vertente de desenvolvimento significativamente mais ambiciosa, que versa a tentativa de automatização do processo de geração da base de dados na *gateway*. Esta base de dados está dependente do projecto da instalação de domótica e da tecnologia de onde é implementada.

---

---



# Bibliografia

- [1] Ed Burnette, *Hello, android introducing google's mobile development platform*, 2010.
- [2] Tiago Manuel da Silva Mendes, *Rede domótica knx sobre rede física can*, (2010).
- [3] A. L. Osório F. Ferreira, J. M. F. Calado, and C. S. Pedro, *Building automation interoperability – a review*, 2010.
- [4] Android Developers © Google, *What is android?*,  
<http://developer.android.com/guide/basics/what-is-android.html>, 2012.
- [5] Christof Hübner, Hermann Merz, and Thomas Hansemann, *Building automation*, 2009.
- [6] F. Heiny, Dr. Y. Kyselytsya, and Dr. Th. Weinzierl, *Virtual knx/eib devices in ip networks*, (2004).
- [7] Tomas Katysovas, *A first look at google android*, 2008.
- [8] KNX, *Energy efficiency with knx*, (2006).
- [9] Hans-Joachim Langels, *Knx ip – using ip networks as knx medium*, (2010).
- [10] M-Bus, *The m-bus: An overview*, <http://www.m-bus.com/info/prologue.php>.
- [11] Reto Meier, *Professional android 2 application development*, 2010.
- [12] Modbus, *Modbus application protocol specification v1.1b*, 2006.
- [13] \_\_\_\_\_, *Modbus messaging on tcp/ip implementation guide v1.0b*, 2006.

- [14] Renato Jorge Caleira Nunes, *Análise comparativa de tecnologias para domótica*, 2002.
- [15] Lewis Roberts, *Default gateways*,  
[http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc779696\(v=ws.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc779696(v=ws.10).aspx), 2008.
- [16] tev, *Ethos*, <http://www.tev.pt/pages/pageid/342>.
- [17] WAGO, *Knx ip router*, <http://64.78.1.67/products/14505.htm>.