

UNIVERSIDADE FEEVALE

GILMAR ADRIANO VOGEL

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL UTILIZANDO CONTROLADOR
LÓGICO PROGRAMÁVEL INTEGRADO À TECNOLOGIA
WIRELESS

Novo Hamburgo
2015

GILMAR ADRIANO VOGEL

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL UTILIZANDO CONTROLADOR
LÓGICO PROGRAMÁVEL INTEGRADO À TECNOLOGIA
WIRELESS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial
à obtenção do grau de Bacharel em
Ciência da Computação pela
Universidade Feevale

Orientador: Roberto Affonso Schilling

Novo Hamburgo
2015

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos os que, de alguma maneira, contribuíram para a realização desse trabalho de conclusão, em especial:

À minha família, que convive comigo diariamente, pelo apoio emocional e pela motivação nos períodos mais difíceis do trabalho, principalmente aos meus pais que nunca mediram esforços para me apoiar e auxiliar na minha formação.

Aos amigos, minha gratidão, pela paciência e por entenderem minha ausência em determinados momentos.

Agradeço também ao Roberto A. Schilling, pela orientação deste trabalho.

A todos que acreditaram em mim, para vencer mais este desafio, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Com a proposta de melhorar a qualidade de vida, proporcionar conforto e segurança para os moradores, a automação de residência (domótica) vem atraindo um número crescente de pessoas. Com a inclusão digital, e utilização de *smartphones* em conjunto com tecnologias *wireless*, a domótica oferece uma interface amigável ao usuário. Ela inclui controles para auxiliar nas tarefas diárias, tais como, controle de iluminação, de persianas automáticas, de condicionadores de ar, CFTV(circuitos fechados de TV), biometria, e muitos outros. A automação residencial cresceu consideravelmente nos últimos anos, mas ainda é considerada um artigo de luxo pelos consumidores, devido ao considerável custo de implantação. Desta forma, este trabalho tem como objetivo propor uma conectividade, utilizando protocolo IEEE 802.11, entre um aplicativo e um controlador lógico programável, a partir de tecnologias existentes e de baixo custo, para que se possa ter controle de equipamentos residenciais.

Palavras-chave: Domótica. Automação Residencial. CLP. *Wireless*.

ABSTRACT

With the proposal to improve the quality of life, providing comfort and safety to the residents, the home automation (home automation) is attracting a growing number of people. With digital inclusion and use of smartphones in conjunction with wireless technology, home automation offers a user-friendly interface. It includes controls to assist in daily tasks such as lighting control, automatic blinds, air conditioners, CCTV (closed circuit TV), biometrics, and many others. The home automation has grown considerably in recent years, but is still considered a luxury item by consumers due to the considerable cost of deployment. Thus, this paper aims to propose a connectivity using IEEE 802.11 protocol between an application and a programmable logic controller, from existing technologies and inexpensive, so you can take control of residential equipment.

Key words: Domotic. Home Automation. CLP. *Wireless*..

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Casa Inteligente_____	16
Figura 1.2 - Arquitetura domótica centralizada _____	17
Figura 1.3 - Arquitetura domótica descentralizada _____	18
Figura 1.4 - Estrutura básica de um CLP _____	20
Figura 1.5 - Lógica matemática de um CLP _____	23
Figura 1.6 - Símbolos da linguagem <i>Ladder</i> _____	24
Figura 1.7 - Exemplo de acionamento de uma lâmpada_____	24
Figura 1.8 - Representação de linguagem FBD _____	25
Figura 1.9 - Representação de lista de instruções_____	26
Figura 1.10 - Linguagem de texto estruturado _____	27
Figura 1.11 - Sensores e Atuadores _____	28
Figura 1.12 - Sensores infravermelhos _____	29
Figura 1.13 - Sensor de temperatura LM35 _____	30
Figura 1.14 - Sensor ultrassônico _____	30
Figura 1.15 - Sensor iônico de fumaça _____	31
Figura 1.16 - Meios de comunicação e configuração KNX _____	36
Figura 1.17 - Cabeamento tradicional e linha BUS _____	37
Figura 1.18 - Modelos OSI da ISO e IEEE _____	40
Figura 1.19 - Equipamento comercial para ponto de acesso _____	41
Figura 2.1 - Sistema de alarme de segurança patrimonial _____	44
Figura 2.2 - Sistema de segurança residencial contra incêndio _____	47
Figura 3.1 - Tela principal de desenvolvimento móvel no RAD Studio XE6 _____	50
Figura 3.2 - Tela inicial de programação do Codesys _____	51
Figura 3.3 - Exemplo de programa em <i>Ladder</i> no Codesys _____	51
Figura 3.4 - Diagrama de caso de uso do aplicativo_____	52
Figura 3.5 – Relacionamentos de classes do aplicativo _____	54
Figura 3.6 - Diagrama de classe do aplicativo _____	54
Figura 3.7 - Tela inicial de aplicativo_____	56
Figura 3.8 - Tela iluminação _____	57
Figura 3.9 - Tela ar condicionado_____	58
Figura 4.1 - Componentes que integram o sistema _____	59

Figura 4.2 - Configuração Modbus no CLP _____	60
Figura 4.3 - Configuração Modbus no CLP 2 _____	60
Figura 4.4 - Configuração IP no CLP _____	61
Figura 4.5 - Configuração entrada/saída CLP _____	62
Figura 4.6 – Configuração IP do <i>software</i> Codesys _____	63
Figura 4.7 - Configuração Modbus no aplicativo _____	64
Figura 4.8 - Comunicação <i>Ethernet</i> entre CLP e <i>Access Point</i> _____	65
Figura 4.9 - Tela inicial DIR-600 _____	66
Figura 4.10 - Configuração de rede DIR-600 _____	66
Figura 4.11 - Reserva de IP para CLP _____	67
Figura 4.12 - IP Smartphone _____	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 - Protocolos de automação _____	33
Quadro 1.2 - Padrões 802.11 a, b e g, e suas principais características _____	40
Quadro 3.1 - Requisitos funcionais do aplicativo _____	53
Quadro 3.2 - Breve descrição das classes do aplicativo _____	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A/D	Analógico/Digital
AC	Corrente Alternada
AP	<i>Access Point</i>
AR	Automação Residencial
BUS	Barramento
CEBus	<i>Consumer Electronics Bus</i>
CLP	Controlador Lógico Programável
CPU	Unidade Central de Processamento
D/A	Digital/Analógico
DC	Corrente Contínua
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DI	Dispositivo Inteligente
EHS	<i>European Home System</i>
EIA	<i>Electronic Industries</i>
EIB	European Installation Bus
FBD	Function Block Diagram
GHZ	Gigahertz
IDE	Ambiente de Desenvolvimento Integrado
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Eletronics Engineers
IP	<i>Internet Protocol</i>
IR	Infravermelho
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
Kbit/s	Quilobits por segundos
LDR	<i>Light Dependent Resistor</i>
LED	Diodo emissor de luz
LLC	<i>Logical Link Control</i>
mA	Miliampère
MAC	<i>Medium Access Control</i>
Mbit/s	Megabit por segundo
MHz	Megahertz

OSI	<i>Open Systems Interconnection</i>
PLC	<i>Power Line Carrier</i>
RF	Radiofrequência
SCR	<i>Silicon Controlled Rectifier</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TRIAC	<i>Triode for Alternating Current</i>
µm	Micrômetro
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
V	Volt
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1 REFERENCIAL TEÓRICO	15
1.1 AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	15
1.1.1 Arquitetura Centralizada	16
1.1.2 Arquitetura Descentralizada	17
1.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL	18
1.2.1 Introdução	18
1.2.2 Arquitetura do CLP	19
1.2.2.1 Fonte de Alimentação	20
1.2.2.2 Unidade Central de Processamento	21
1.2.2.3 Unidade de Memória de Dados e Programas	21
1.2.2.4 Unidade de Entrada e Saída	22
1.2.3 Lógica Matemática	22
1.2.4 Linguagens de programação de CLP	23
1.2.4.1 Linguagem <i>Ladder</i>	23
1.2.4.2 Linguagem FBD	25
1.2.4.3 Lista de Instruções	25
1.2.4.4 Texto Estruturado	26
1.3 DISPOSITIVOS INTELIGENTES	27
1.3.1 Sensores	28
1.3.1.1 Sensor de Movimento	29
1.3.1.2 Sensor de Temperatura	29
1.3.1.3 Sensor Ultrassônico	30
1.3.1.4 Sensor de Fumaça	30
1.3.1.5 Outros Sensores	31
1.3.2 Atuadores	32
1.4 PROTOCOLOS DE AUTOMAÇÃO	33
1.4.1 Powerline	33
1.4.2 X10	34
1.4.3 CEBus	34
1.4.4 KNX	35
1.4.5 Sistema BUS	36
1.5 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO	37
1.5.1 TCP/IP	37
1.5.2 Modbus	39
1.5.3 Protocolo 802.11	39
1.5.3.1 Arquitetura do Protocolo 802.11	40
1.5.3.2 Ponto de Acesso	41
2 CENÁRIOS RESIDENCIAIS UTILIZANDO CLP	42
2.1 Controle de Iluminação	42
2.2 Sistema de Alarme de Segurança Patrimonial	43
2.3 Sistema Contra Incêndio	45
2.4 Climatização	48
3 DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA CONTROLE RESIDENCIAL ...	49
3.1 <i>Softwares</i> Utilizados	49

3.2 Modelagem UML	51
3.2.1 Diagrama de Caso de Uso.....	52
3.2.2 Diagrama de Classes	53
3.3 Telas do Aplicativo.....	55
4 INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS	59
4.1 Configuração CLP	59
4.2 Configuração de Aplicativo.....	63
4.3 Configuração <i>Wireless</i>	64
CONCLUSÃO.....	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

INTRODUÇÃO

A automação residencial cresceu muito nas últimas décadas e atualmente ocupa uma posição de destaque no mercado mundial. Um dos principais objetivos é proporcionar conforto para os moradores, auxiliando nas tarefas diárias e possibilitando a redução do consumo energético (SILVA, 2014).

Segundo Dias (2011), a incorporação da tecnologia ao ambiente residencial oferece novas oportunidades na concepção de espaços interiores, aumentando a qualidade de vida de seus ocupantes, respondendo a suas necessidades de comunicação, segurança, controle e gerenciamento das instalações e, ainda, racionalizando o consumo de energia e água, contribuindo assim com a preservação do meio ambiente.

A indústria de casa inteligente ainda é um mercado nascente que está tentando fazer incursões com os moradores, muitos dos quais desconhecem a tecnologia ou não querem gastar muito dinheiro em tecnologia ainda a ser comprovada. Mas a empresa de pesquisa IHS prevê que o mercado vai crescer para 44,6 milhões de dispositivos instalados em 2018, o que implica um enorme mercado potencial (AURESIDE, 2014).

Muitos dos sistemas domóticos são executados com CLP (Controlador Lógico Programável), [...] que possuem alto grau de confiabilidade e grande capacidade de processamento. (MURATORI; DAL BÓ, 2014, p. 99). Segundo Bryan et al. (1997, tradução nossa), um CLP, pode ser definido como um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para o armazenamento interno de instruções para implementações específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos.

Quanto à forma de comunicação entre os dispositivos, as soluções propostas pela domótica geralmente são cabeadas ou por radiofrequência. Dentro das soluções cabeadas, podem ser utilizados cabos de dados ou a rede elétrica (TERUEL, 2008, p.29).

As áreas de automação, tanto residencial como industrial, vêm buscando cada vez mais as novas tecnologias de comunicação sem fio. Em função disso, o mercado de redes de transmissão de dados também está se expandindo, principalmente em redes sem fio para ambientes locais (ESCHNER, 2011).

A conectividade *wireless* para computadores já é um fato consolidado e praticamente todos os novos dispositivos (*laptops*, *tablets*, celulares, etc.) incluem esta alternativa de

comunicação (TELECO, 2015). Ainda, segundo Teleco (2015), uma rede Wi-Fi é uma rede que está em conformidade com a família de protocolos 802.11 do IEEE (Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos). Esse padrão IEEE 802.11 tem, entre outras, as seguintes premissas: suportar diversos canais; sobrepor diversas redes na mesma área de canal; apresentar robustez com relação à interferência; oferecer privacidade e controle de acesso ao meio.

Tendo em vista que a automação residencial tem como objetivo a integração de equipamentos, onde procura-se centralização em um sistema inteligente e de fácil controle, o presente trabalho propõe uma automação residencial a partir de tecnologias existentes e de baixo custo. Para isto, escolheu-se um roteador *wireless* para ser integrado a um CLP, com isto, utilizando uma conexão sem fio, no protocolo IEEE 802.11, o controle de equipamentos poderá ser realizado através de aplicação móvel, em um *smartphone*, por exemplo.

Este trabalho está dividido em 4 capítulos. No primeiro capítulo será abordado o referencial teórico, como o conceito de automação residencial ou domótica, descrevendo o surgimento, e suas definições. Também abordará os dispositivos inteligentes, como sensores e atuadores. Ainda nesse capítulo, serão descritos os protocolos de automação e os protocolos de comunicação, e que são a base de comunicação para uma automação residencial. O capítulo 2 segue com cenários residenciais, descrevendo alguns exemplos. No capítulo 3, será descrito o passo a passo do desenvolvimento de um aplicativo básico para controle de alguns componentes de residências. E por fim, no capítulo 4 serão abordados os passos para que a integração entre todos os componentes necessários para a automação, um CLP, um roteador *wireless*, e um aplicativo, seja realizada com sucesso.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

A automação residencial é um ramo da automação predial especializada no controle de operações no âmbito doméstico. Ela se utiliza de sistemas de controle para gerenciar equipamentos eletroeletrônicos e eletromecânicos reduzindo a necessidade de intervenção humana. Em geral, coletam-se informações sobre o ambiente por meio de sensores, analisam-se seus parâmetros e tomam-se decisões segundo um programa específico. Essas decisões podem disparar ações que, por sua vez, podem alterar o estado de atuadores que modificarão o ambiente (BOLZANI, 2010). No Brasil, a definição de Automação Residencial (AR) surgiu com analogia de *Home Automation*, utilizado no mercado americano (MURATORI; DAL BÓ, 2014).

Outra denominação utilizada, o termo domótica, surgiu na Europa, mais precisamente na França, onde houve as primeiras experiências relacionadas à domótica. A palavra resulta da junção de “domus” (casa) com robótica (controle automatizado de algo) (MURATORI; DAL BÓ, 2014). É possível conceituar o termo domótica, como sendo a integração de tecnologias e serviços, aplicados a residências ou pequenos prédios, ou seja, um processo que possibilita o usuário usufruir de uma melhor qualidade de vida na sua residência, utilizando diferentes equipamentos e soluções.

Na figura 1.1, é possível visualizar uma residência disposta no seu interior arquitetônico, equipamentos automatizados, possuindo sensores e detectores, termostatos, etc. A integração de tecnologias se exemplifica na figura, todas as interfaces visualizadas podem ser integradas de forma a ter uma residência inteligente.

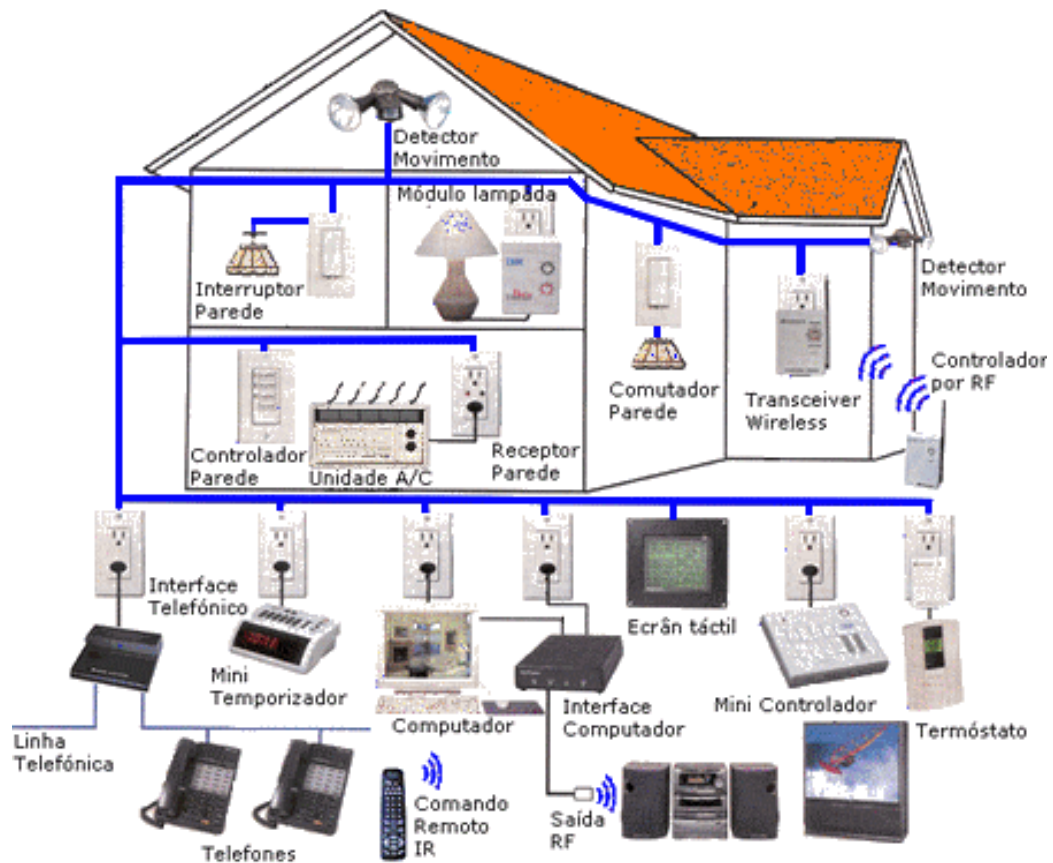


Figura 1.1 - Casa Inteligente
Fonte: ELETRONICA PT, 2015.

A arquitetura de um sistema domótico especifica como os elementos dentro do sistema de controle irão se localizar. Existem 2 tipos de arquiteturas, centralizada e descentralizada.

1.1.1 Arquitetura Centralizada

Em um sistema de domótica com arquitetura centralizada, um controlador centralizado, envia as informações para os atuadores e interfaces segundo o programa, a configuração e as informações que recebe dos sensores, sistemas interconectados e as ações dos usuários (CASADOMO, 2008).

A arquitetura centralizada, representada pela figura 1.2, traz como principal benefício o fato de a implantação do sistema possuir um custo reduzido comparando-a com a arquitetura descentralizada, entretanto, traz consigo também a desvantagem da grande quantidade de cabeamento, a complexidade do interfaceamento homem-máquina de modo que não corresponde a filosofia dos sistemas domóticos. Muitos sistemas são executados com

CLPs, outros sistemas não possuem *bus* de comunicação e inexistente comunicação entre equipamento (DÍAZ, PARDO, PULIDO, 2001).

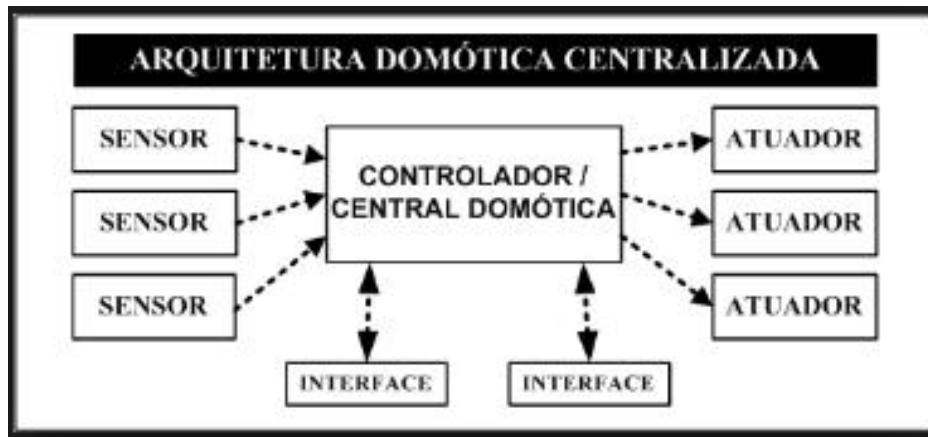


Figura 1.2 - Arquitetura domótica centralizada

Fonte: CASADOMO, 2008.

1.1.2 Arquitetura Descentralizada

Em um sistema domótico com arquitetura descentralizada, existem vários controladores, interconectados por um *bus*, que possibilitam o envio de informação entre eles. Já os atuadores, as interfaces e os sensores não necessariamente comunicam-se com mais de um controlador diretamente, ou seja, a proposta é dividir o sistema para suprir necessidades complexas (CASADOMO, 2008).

Esse modelo de arquitetura tem como benefícios tornar os sistemas mais robustos a falhas, fácil desenho das instalações, grande facilidade de uso, ou seja, cumpre todos os requisitos que um sistema domótico deve ter. Entretanto, dependendo do sistema empregado pode haver uma má relação do ponto controlado em relação ao seu preço e o custo de integração mais elevado em função das tecnologias empregadas (DÍAZ, PARDO, PULIDO, 2001). A figura 1.3 exemplifica uma arquitetura descentralizada.

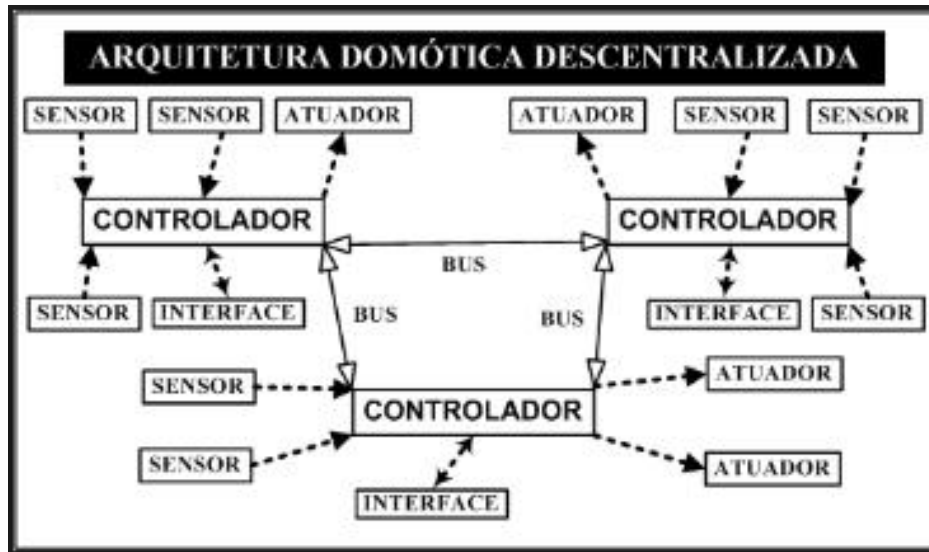


Figura 1.3 - Arquitetura doméstica descentralizada
Fonte: CASADOMO, 2008.

1.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

1.2.1 Introdução

Controlador Lógico Programável, ou CLP, é um equipamento eletrônico, baseado em um microprocessador, que desempenha instruções para programar funções específicas, tais como módulos de entrada saída, temporização, e sequenciamento lógico.

Conforme descreve Filho (1999), os CLPs, são equipamentos eletrônicos utilizados em sistemas de automação flexível. São ferramentas de trabalho muito úteis e versáteis para aplicações em sistemas de acionamentos e controle, e por isso são utilizados em grande escala no mercado industrial. Permitem desenvolver e alterar facilmente a lógica para acionamento das saídas em função das entradas. Desta forma, pode-se associar diversos sinais de entrada para controlar diversos atuadores ligados nos pontos de saída.

O CLP nasceu dentro da General Motors, em 1968, devido à grande dificuldade de mudar a lógica de controle dos painéis de comando a cada mudança na linha de montagem. Tais mudanças implicavam em altos gastos de tempo e dinheiro. Sob a liderança do engenheiro Richard Morley, foi preparada uma especificação que refletia as necessidades de muitos usuários de circuitos e relés, não só da indústria automobilística como de toda a indústria manufatureira (FILHO, 1999, p. 3).

Atualmente existe uma preocupação em padronizar protocolos de comunicação para os CLP's, de modo a proporcionar que o equipamento de um fabricante “converse” com o equipamento outro fabricante, não só CLP's, como Controladores de Processos, Sistemas

Supervisórios, Redes Internas de Comunicação, entre outros. Isso proporciona uma integração a fim de facilitar a automação, gerenciamento e desenvolvimento de plantas industriais mais flexíveis e normalizadas, fruto da chamada Globalização (MELLO, 2015).

Segundo Prudente (2011), Os CLPs podem ser ligados em uma rede BUS de automação predial com o uso de módulos especiais de interfaceamento construídos por vários fabricantes. A esses microcontroladores é possível ligar sensores do tipo industrial, o que aumenta notavelmente a performance da automação. Muitas soluções de automação podem ser realizadas usando o sistema BUS aberto tipo EIB/Konnex, este será descrito mais adiante neste trabalho, com a conexão de CLP. Essa possibilidade serve para distribuir notavelmente a inteligência da instalação.

Conforme Mello (2015), com o avanço da tecnologia e consolidação da aplicação dos CLPs no controle de sistemas automatizados, é frequente o desenvolvimento de novos recursos dos mesmos. O CLP monitora o estado das entradas e saídas, em resposta às instruções programadas na memória do usuário, e energiza ou desenergiza as saídas, dependendo do resultado lógico conseguido através das instruções de programa. O programa é uma sequência de instruções a serem seguidas pelo CLP para executar um processo. A tarefa do CLP é ler, de forma cíclica, as instruções contidas neste programa, interpretá-las e processar as operações correspondentes.

No capítulo 3, referente ao desenvolvimento de aplicativo de *smartphone* para controle de dispositivos residenciais, serão desenvolvidas funcionalidades de controles em conjunto com um CLP. Este CLP receberá instruções do aplicativo e este poderá enviar os comandos até alguma saída do controlador e executar os processos desejados.

1.2.2 Arquitetura do CLP

Para Prudente (2011), os CLPs são atualmente produzidos por numerosos fabricantes em variados modelos e configurações. Na figura 1.4 é representado o esquema de blocos de um controlador lógico genérico. Eles são constituídos de:

- Uma fonte de alimentação.
- Uma unidade central ou CPU.
- Uma unidade de memória de dados e programas.
- Uma ou mais unidades de entradas e saídas.

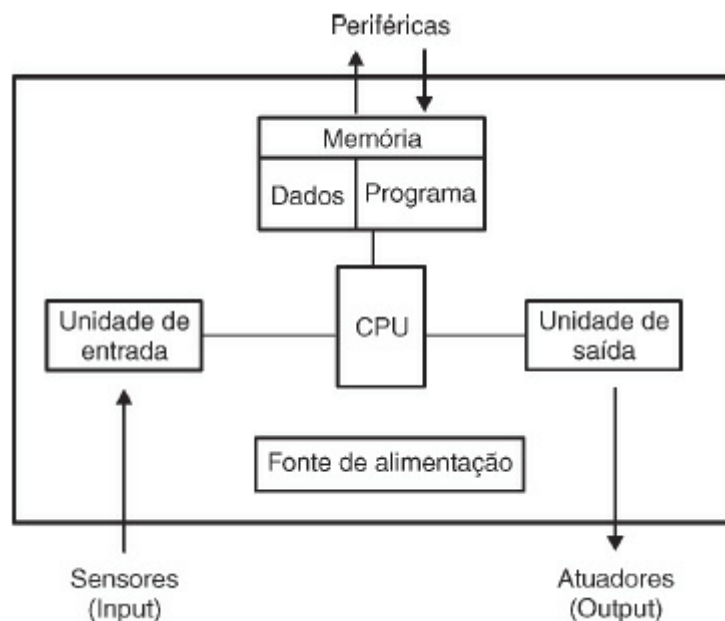


Figura 1.4 - Estrutura básica de um CLP

Fonte: FILHO, 1999.

O programa do CLP constitui a lógica que avalia a condição dos pontos de entrada e dos estados anteriores do CLP, executando as funções lógicas desejadas e acionando as saídas. O CLP lê ciclicamente os sinais dos sensores que são aplicados às suas entradas, transferindo-os para uma unidade de memória denominada memória de imagem. Estes sinais são associados entre si e aos sinais internos. Ao término do ciclo de varredura, os resultados são transferidos à memória imagem de saída e então aplicados aos terminais de saída (ALIEVI, 2008).

1.2.2.1 Fonte de Alimentação

A fonte de alimentação é utilizada para converter uma tensão alternada de rede (geralmente 220V) em uma tensão contínua (geralmente 12/24 V) para o funcionamento da CPU e dos dispositivos de entrada (sensor, transdutor, botão, etc.) (PRUDENTE, 2011).

A fonte de alimentação do controlador lógico pode ser integrada ou externa ao CLP. O CLP com fonte de alimentação interna, é ligado diretamente à tensão de rede, e pode alimentar também outro aparelho que faz parte do sistema que está sendo controlado. Ele providencia automaticamente e fornece as tensões e corrente para o circuito interno e para o módulo de expansão e de comunicação, garantindo ainda o isolamento elétrico. Se a corrente absorvida pelos sensores envolvidos no processo ou eventuais módulos de entrada/saída ultrapassar um determinado limite, deve ser utilizada uma fonte de alimentação externa (PRUDENTE, 2011).

No caso do CLP com fonte de alimentação externa, conforme Prudente (2011), a fonte será dimensionada adequadamente, de modo a distribuir ao CLP as tensões e corrente corretas, para seu bom funcionamento, e para os vários módulos de expansão.

Em cada caso as fontes de alimentação são sempre providas de um fusível de proteção do lado AC e de um LED que assinala a presença da tensão de rede. Além da fonte de alimentação, o CLP é provido de uma bateria de backup que salva os dados em caso de falta de alimentação.

1.2.2.2 Unidade Central de Processamento

É composta por microcontroladores ou microprocessadores (Intel 80xx, Motorola 68xx, PIC 16xx). Endereçamento de memória de até 1MB, velocidades de *clock* de 4 a 30 MHz, manipulação de dados decimais, octais e hexadecimais (SILVA, 2008).

A CPU lê os sinais de entrada e carrega as informações provenientes, por exemplo, de um botão, sensores e/ou transdutores. Se existe uma variação de sinal (por exemplo, para acionamento de um botão), a CPU reage elaborando novos dados, segundo a lógica interna do programa, e gera os sinais na amplitude certa de saída. O sinal de saída comanda o dispositivo atuador, permitindo assim o movimento, por exemplo, de uma válvula de gás, motor elétrico de persiana e outros segundo a sequência desejada (PRUDENTE, 2011).

1.2.2.3 Unidade de Memória de Dados e Programas

No CLP, a memória é subdividida em diversas zonas, cada uma apta a uma tarefa diferente. Conforme Silva (2008), pode-se, em geral, considerar as seguintes subdivisões:

- Memória do programa supervisor: O programa supervisor é responsável pelo gerenciamento de todas as atividades do CLP. Não pode ser modificado pelo usuário e fica normalmente em memórias do tipo PROM, EPROM, EEPROM.

- Memória do usuário: Espaço reservado ao programa do usuário. Constituída por memórias do tipo RAM ou EEPROM. Também é possível a utilização de cartuchos de memória, para proporcionar agilidade e flexibilidade.

- Memória de dados: Armazena valores do programa do usuário, tais como valores de temporizadores, contadores, códigos de erros, senhas, etc. Nesta região se encontram também as memórias de imagem de entrada e a saída. Estas funcionam como tabelas virtuais onde a CPU busca informações para o processo decisório.

1.2.2.4 Unidade de Entrada e Saída

A unidade de entrada e saída é composta de dispositivos apropriados para permitir a “conversa” do CLP com os sinais de entrada e de saída provenientes do campo.

A unidade de entrada opera sob sinal de entrada proveniente dos sensores da instalação para torná-la compatível com a CPU do CLP. A unidade de saída trata os sinais emitidos pela CPU para enviá-los aos dispositivos que devem ser acionados, chamados atuadores (motor elétrico, lâmpadas, válvulas de gás ou água e outros). A construção prática dessas unidades, que são geralmente chamadas de “módulos I/O” (*Input/Output*), é efetuada sobre a base de sinais, que podem ser digitais (*on/off*) ou analógicos (PRUDENTE, 2011).

O ponto de entrada digital possui apenas dois estados: ligado ou desligado, enquanto que o ponto de entrada analógica pode interpretar mais de um sinal dependendo do número de bits usados pelo conversor A/D. Por exemplo, um conversor A/D de 10 bits possui 1024 estados. Um ponto de saída é um sinal controlado pelo CLP, o que significa que o CLP abre ou fecha os contatos de um relé (ou similar), permitindo acionar dispositivos ou componentes do sistema de controle (atuadores) (SILVEIRA e SANTOS, 2003).

Um ponto de saída pode ser analógico ou digital. As saídas digitais possuem apenas dois estados, enquanto as saídas analógicas possuem mais de dois estados. O número de estados depende do número de bits usado pelo conversor D/A. Por exemplo, um conversor D/A de 8 bits permite 256 estados (níveis de tensão) na saída. Os pontos de saída digitais podem ser implementados por relés (dispositivos eletromecânicos), transistores, ou ainda por SCR e TRIAC. Esses dispositivos são usados para acionar lâmpadas, motores, solenóides, válvulas, etc. Os pontos analógicos de saída podem fornecer vários níveis de corrente como, por exemplo, 4 a 20mA, bem como de tensões citando como exemplo o valor de 0 a 10V (MORRISS, 1995).

1.2.3 Lógica Matemática

A lógica binária possui apenas dois valores que são representados por 0 e 1 (0 para tensão ausente e 1 para tensão presente), e a partir desses dois valores constrói-se então uma base numérica binária. A partir desses conceitos foram criadas as portas lógicas (AND, OR, NOT), que são circuitos utilizados para combinar níveis lógicos digitais de formas específicas (ALIEVI, 2008). A figura 1.5 ilustra a lógica matemática de um CLP.


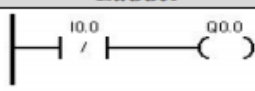

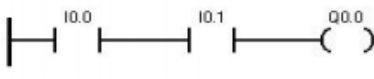

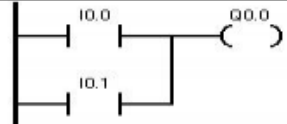
Portas Lógicas	Símbolo	Expressão	Ladder
NOT	A  S	$S = \bar{A}$	
AND	A  B S	$S = A \cdot B$	
OR	A  B S	$S = A + B$	

Figura 1.5 - Lógica matemática de um CLP

Fonte: FILHO, 1999.

1.2.4 Linguagens de programação de CLP

Uma linguagem é um meio de transmissão de informações entre dois ou mais elementos que podem se comunicar. Esses elementos não se referem apenas aos seres humanos, mas também às máquinas que podem ter a mesma capacidade. Na computação, uma instrução significa um comando que permite a um sistema computacional realizar determinada operação (FRANCHI, CAMARGO, 2008).

A programação de controladores lógicos programáveis atualmente se tornou mais flexível e também mais simples do que antes, principalmente porque foram desenvolvidas ao longo dos anos várias linguagens proprietárias (CUNHA, 2012). Algumas das linguagens de programação de CLP são descritas a seguir:

1.2.4.1 Linguagem *Ladder*

Os CLPs vieram a substituir elementos e componentes eletro-eletrônicos de acionamento e a linguagem utilizada na sua programação é similar à linguagem de diagramas lógicos de acionamento desenvolvidos por eletrotécnicos e profissionais da área de controle, esta linguagem é denominada linguagem de contatos ou simplesmente *Ladder* (FILHO, 1999).

A Linguagem *Ladder* é uma linguagem gráfica baseada na lógica de relés e contatos elétricos para a realização de circuitos de comandos de acionamentos elétricos. Sendo a primeira linguagem utilizada pelos fabricantes, é a mais difundida e encontrada em quase todos os CLPs da atual geração (FRANCHI, CAMARGO, 2008). A linguagem permite que se desenvolva lógicas combinacionais, sequenciais e circuitos, utilizando-se de operadores, como entradas e saídas, estados e registros numéricos.

A figura 1.6 mostra os três principais símbolos de programação utilizados na linguagem *Ladder*.







Tipo	Símbolo	Equipamento elétrico
Contato aberto		
Contato fechado		
Saída		

Figura 1.6 - Símbolos da linguagem *Ladder*
Fonte: FILHO, 1999.

Na figura 1.7, pode-se observar um exemplo básico de um programa desenvolvido para acender uma lâmpada residencial.

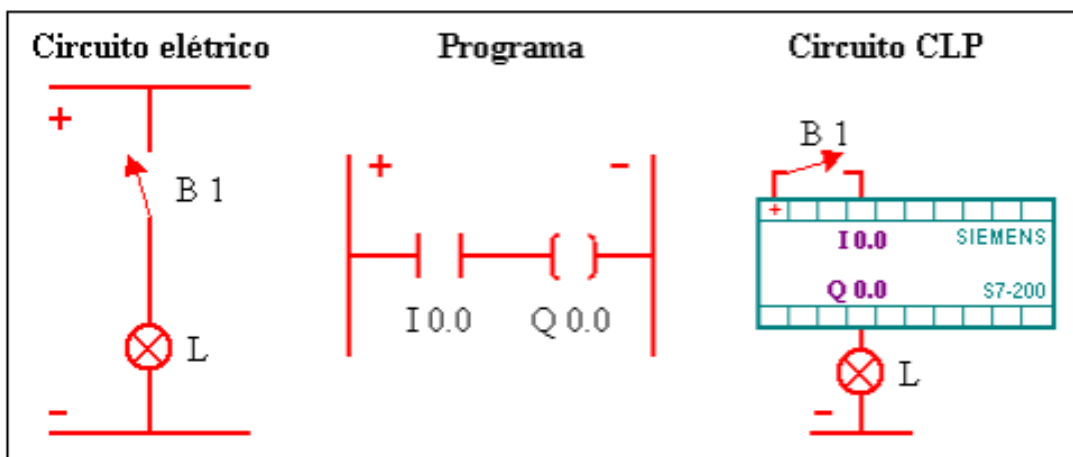


Figura 1.7 - Exemplo de acionamento de uma lâmpada
Fonte: FILHO, 1999.

A figura mostra o circuito elétrico aberto do botão B1. Este botão está ligado a entrada I0.0 no circuito CLP e a lâmpada está ligada à saída Q0.0. Quando B1 é acionado, respectivamente I0.0 é acionado e a saída Q0.0 é energizada. Para a lâmpada ser desligada após B1 ser acionado, bastaria trocar o contato aberto por um contato normal fechado, o que representaria a função NOT.

A flexibilidade dos CLPs é percebida neste momento, pois as alterações lógicas podem ocorrer com grande facilidade, sem que sejam necessárias alterações do hardware ou inclusão de componentes eletrônicos ou elétricos. Esta é a principal característica dos sistemas

de automação flexíveis e o que faz dos CLPs ferramentas de grande aplicação nas estruturas de automação (FILHO, 1999).

1.2.4.2 Linguagem FBD

Linguagem com diagrama de blocos funcionais ou simplesmente FBD, é uma linguagem composta de uma série de símbolos gráficos clássicos da lógica combinatória (AND, OR, XOR e outros). É preferida pelos técnicos com experiência em eletrônica digital (PRUDENTE, 2011).

Segundo Franchi e Camargo (2008), diagrama de bloco de funções é uma linguagem representada por blocos interligados, que permite um desenvolvimento hierárquico e modular do software, uma vez que podem ser construídos blocos de funções mais complexos a partir de outros mais simples. A figura 1.8 ilustra um exemplo de programação em FBD.

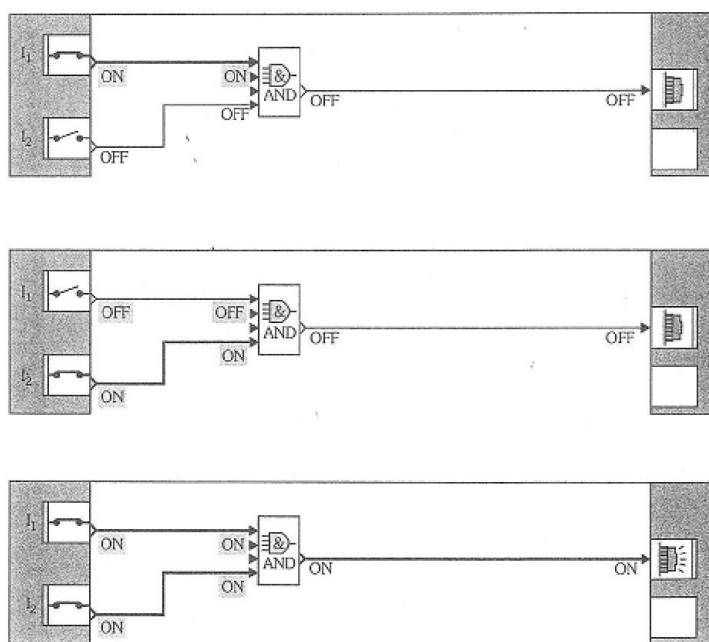


Figura 1.8 - Representação de linguagem FBD

Fonte: FRANCHI, CAMARGO, 2008.

1.2.4.3 Lista de Instruções

Programação praticamente idêntica à linguagem de máquina, parecida com *Assembler* ou (*Assembly*), ou seja, utiliza diretamente as instruções do microcomputador, é um sistema pouco prático e pouco intuitivo, não tem representação gráfica e requer muito tempo do programador para pesquisa de eventuais falhas no programa. Alguns tipos de CLPs não permitem esse tipo de sistema, porém em outros é indispensável para se usar plenamente a potencialidade do CLP (PRUDENTE, 2007). A figura 1.9 ilustra um exemplo de linguagem de lista de instruções.

```

RETex:  LD seletor      (* seletor = 0 ou 1 ou 2 *)
        ANY_TO_BOOL   (* conversão para binário *)
        JMPC teste1   (*se seletor > 0 pula para TESTE1*)
        LD TRUE       (* se seletor = 0 então *)
        ST motor1     (* liga motor1 *)
        LD 0          (* carrega 0 para o acumulador*)
        RET           (* retorna 0 para rotina principal *)

Teste1: LD seletor
        SUB 1         (* diminui a variável seletor *)
        ANY_TO_BOOL   (* conversão para binário *)
        JMPC teste2   (*se resultado > 0 pula para TESTE2*)
        LD true       (* se resultado = 0 então *)
        ST motor2     (* liga motor2 *)
        LD 1          (* carrega 1 para o acumulador*)
        RET           (* retorna 1 para rotina principal *)

Teste2: LD true
        ST motor3     (* liga motor3 *)
        LD 2          (* carrega 2 para o acumulador*)
        RET           (*retorna 2 para rotina principal *)

```

Figura 1.9 - Representação de lista de instruções

Fonte: FRANCHI, CAMARGO, 2008.

1.2.4.4 Texto Estruturado

Linguagem textual de alto nível, muito poderosa, inspirada na linguagem Pascal, portanto mais recomendada para aplicações complexas envolvendo descrição de comportamento sequencial contém todos os elementos essenciais de uma linguagem de programação moderna, incluindo as instruções condicionais (*IF-THEN-ELSE* e *CASE OF*) e instruções de iterações (*FOR*, *WHILE* e *REPEAT*). Como o seu nome sugere, encoraja o desenvolvimento de programação estruturada, sendo excelente para a definição de blocos funcionais complexos, os quais podem ser utilizados em qualquer outra linguagem IEC (FRANCHI, CAMARGO, 2008). A figura 1.10 representa um programa em linguagem de texto estruturado.

```

FUNCTION_BLOCK DrilControl

  VAR_IN                                (* Parâmetros de entrada *)
    Comando, Pos_Partida, Pos_Reducacao, Pos_Fim: BOOLEAN;
  END_VAR

  VAR_OUTPUT                             (* Parâmetros de saída *)
    Avanco, Rotacao, Retrocesso: BOOLEAN;
  END_VAR

  (* Corpo do bloco de função *)

  IF Comando = 0 AND Pos_Partida = 1 THEN
    Avanco:=0; Retrocesso:=0; Rotacao:=0; (* Posição de partida *)
  ELSIF Comando = 1 AND Pos_Partida = 1 THEN
    Avanco:=1; (* Comando de partida *)
  END_IF

  IF Pos_Reducacao = 1 THEN
    Avanco:=0; Rotacao:=1; (* Ponto de redução *)
  END_IF

  IF Pos_Fim = 1 THEN
    Avanco:=0; Rotacao:=0; Retrocesso:=1; (* Ponto de retrocesso *)
  END_IF

END_FUNCTION_BLOCK

```

Figura 1.10 - Linguagem de texto estruturado

Fonte: NATALE, 2003.

1.3 DISPOSITIVOS INTELIGENTES

O uso de CLP para domótica depende de vários subsistemas inteligentes em uma residência. Com a revolução das redes domésticas e da evolução da automação residencial, a comunicação entre os subsistemas vem sendo realizado através de um controlador central.

Os dispositivos inteligentes, também chamados de DIs, são uma parte fundamental para a concepção de uma residência inteligente. Estes dispositivos são equipamentos eletroeletrônicos específicos para desempenhar as funções para as quais foram concebidos e que podem ser ligados e gerenciados a partir de um único ponto. DIs são chamados “inteligentes” porque empregam controle de dispositivos que se comunicam um com os outros por meio de microprocessadores, aprimorando assim a funcionalidade e desempenho do sistema (SILVA, 2009).

A integração do CLP na domótica está na interoperabilidade dos equipamentos inteligentes, interligados por cabeamento estruturado ou por rádio frequência. Com isso, pode-se comunicar os equipamentos residenciais em um único controlador, CLP, e usufruir das tecnologias empregadas.

Segundo Prudente (2011), para que se possa executar determinadas operações de forma automática em uma residência, é necessário ter:

- Um componente que “escuta” uma certa situação predefinida;
- Um componente que “transmite” essa informação a um outro componente;
- Um componente ao qual é transmitida a informação e que efetue uma operação consequencial.

O mercado possui diversos tipos de dispositivos inteligentes, mas dois dos principais para domótica são os sensores e atuadores, que possibilitam monitoramento de eventos e grandezas físicas. Os sensores transformam fenômenos físicos (umidade, fumaça, temperatura, etc.) em sinais elétricos para que os atuadores possam tomar decisões, conforme o impulso recebido. A figura 1.11 demonstra o envio de informações dos sensores a sistemas de controle, que reenviam a atuadores.

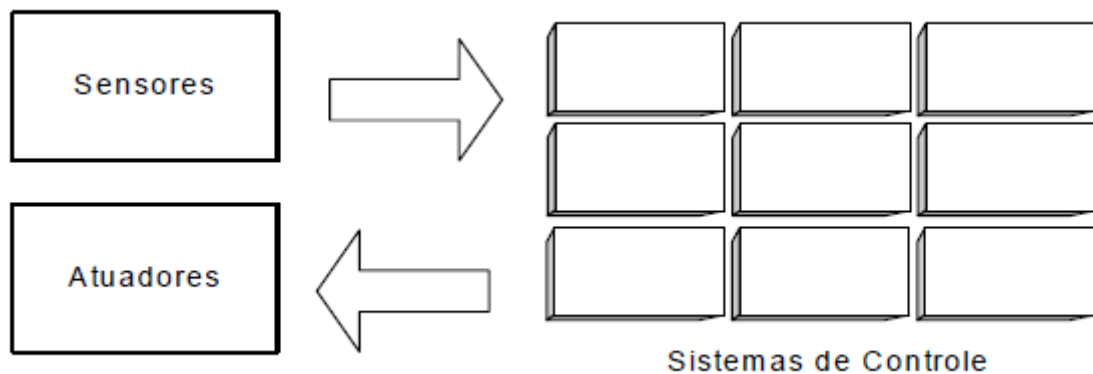


Figura 1.11 - Sensores e Atuadores
Fonte: BOLZANI, 2004.

1.3.1 Sensores

É possível definir os sensores como sendo dispositivos usados para detectar, medir ou gravar fenômenos físicos tais como calor, radiação, entre outros, e que respondem transmitindo informação, iniciando mudanças ou operando controles (MOREIRA, 2002). Um sensor é posicionado a fim de detectar um evento pontual, relativo à grandeza monitorada, e enviar a informação na forma de sinais elétricos que serão reconhecidos pelo equipamento de controle (BOLZANI, 2004). Existem inúmeros tipos de sensores que podem ser instalados para o auxílio do controle de um ambiente inteligentes. Alguns dos sensores que destacam-se são:

1.3.1.1 Sensor de Movimento

Os mais comuns são os infravermelhos ativos (figura 1.12) que emitem feixes infravermelhos entre dois pontos lineares (um transmissor e um receptor) e, ao serem interrompidos, acionam o alarme. Os mais seguros são os de feixe duplo. Outro modelo é o infravermelho passivo que detecta o movimento de fontes de calor tais como o corpo humano. Existe também um sensor que opera com micro-ondas, como um radar. Este tipo de sensor emite sinais de frequências de rádio e detecta o movimento através das ondas que refletem nos objetos e retornam ao sensor (BOLZANI, 2004).



Figura 1.12 - Sensores infravermelhos
Fonte: SILVA, 2009.

1.3.1.2 Sensor de Temperatura

Tipos de sensores responsáveis pela medição da temperatura próxima a eles. Geralmente utilizados em processos comerciais e industriais, como refrigeração de alimentos e compostos químicos, refrigeradores domésticos, aquecedores, fornos elétricos e de micro-ondas (NATALE, 2003).

Bolzani (2004), destaca que este tipo de sensor tem como elemento central um termistor, que altera a resistência elétrica em seus terminais de acordo com a temperatura do meio. Podem ser alimentados pela própria rede de dados ou por um cabeamento dedicado. Já os sensores infravermelhos de temperatura utilizam-se da detecção da emissão da energia radiante no espectro dos infravermelhos. As cores escuras chegam a ter 0,97 μm e 0,98 μm de emissão, enquanto as claras têm entre 0,7 μm e 0,92 μm .

Existem diversos tipos de sensores de temperatura para aplicações em automação. Destaca-se o PT-100, termopar, sensores tipo transistor, por exemplo, o LM35 (figura 1.13) da *National Instruments*, entre outros.



Figura 1.15 - Sensor iônico de fumaça

Fonte: SILVA, 2009.

1.3.1.5 Outros Sensores

A seguir são listados mais alguns sensores, bem como suas funções (BOLZANI, 2004).

- Termovelocimétricos: detectam a velocidade de variação da temperatura no tempo.
- Sensores de umidade relativa: sensores do tipo capacitivo que fornecem a medida instantânea da umidade relativa sob a forma de sinais analógicos ou barramento de dados proprietário.
- Sensores de qualidade de ar: medem o nível de CO₂ existente num ambiente.
- Detectores magnéticos de abertura: utilizados normalmente nas portas e janelas a serem controladas.
- Sensores de intensidade de iluminação: têm como elemento principal o LDR cuja resistência é função da intensidade de iluminação que nele incide.
- Sensores de pressão e força: os sensores de força são compostos por um dispositivo principal que tem sua resistência elétrica alterada conforme a força aplicada na membrana.
- Tacométricos: são sensores de velocidade angular.
- Detectores de gás: fornecem informação digital da presença de gás (butano ou propano).
- Detectores sísmicos ou de vibração: trata-se de dispositivos piezo-elétricos, normalmente cerâmicos, que geram tensão em seus terminais quando sujeitos à aceleração segundo um dado eixo.
- Detectores de chama: estes sensores são baseados em um dispositivo opto eletrônico sensível a uma determinada radiação eletromagnética, infravermelha ou ultravioleta.

- Detectores de nível: são compostos por bóias que acionam interruptores ou relés quando um determinado nível de líquido é atingido.
- Sensores acústicos: utilizados para detectar a quebra de vidros de janelas ou portas.
- Botões de pânico: são detectores de toque, com fio ou sem fio, cujo objetivo principal é de alertar sobre a existência de algum evento anormal num ambiente.

1.3.2 Atuadores

Uma residência inteligente não é composta apenas de sensores, projetos mais avançados incluem meios de controle de equipamentos mecânicos, como por exemplo, motores e solenoides que possibilitam a movimentação de portas, janelas, persianas, cortinas, telas de projeção entre outros (SILVA, 2009). Segundo Bolzani (2004), esses dispositivos são chamados de atuadores, onde têm suas características alteradas de acordo com impulsos elétricos recebidos, ou seja, convertem os sinais elétricos recebidos das saídas de um CLP, em outros sinais, ligando ou desligando algum elemento.

Para Muratori e Dal Bó (2014), o termo “atuador” representa todo e qualquer dispositivo que está conectado a uma ou mais saídas do controlador de automação residencial, e que produz uma ação. As válvulas solenoides são exemplos de atuadores e são utilizadas para a liberação ou bloqueio (abertura ou fechamento) do fluxo de um determinado fluído em uma tubulação.

Os atuadores diferentes dos sensores atuam ainda no comando das cargas e são ligados a uma linha de sinal (cabo BUS), que por sua vez é ligada a uma linha de potência (127 V ou 220 V) para a alimentação das cargas. Um exemplo simples é um sensor de luz que detecta uma diminuição de luz natural, como o pôr do sol, após transmite esse sinal por meio do cabo BUS, e um atuador recebe esse sinal, que, elaborado, fecha, por exemplo, um relé, e a luz se liga (PRUDENTE, 2011).

A seguir é listada uma série de atuadores, utilizados em sistemas domóticos, bem como suas funções (BOLZANI, 2004).

- motores de passo e motores miniatura: variam a posição angular;
- solenóides, hidráulicos e pneumáticos: variam a posição linear;
- mini-bombas de circulação: escoamento de líquidos;
- células Peltier: arrefecimento ou aquecimento de superfícies;

- folhas aquecedoras: aquecimento de superfícies.

1.4 PROTOCOLOS DE AUTOMAÇÃO

Um protocolo é representado por um conjunto de regras que definem a maneira como os equipamentos irão se comunicar em uma rede de dados (MURATORI; DAL BÓ, 2014).

Segundo os mesmos autores, para que um equipamento se comunique nessa rede é necessário que nele tenha sido inserido esse conjunto de regras, ou seja, o protocolo. Isso fará com que o equipamento entenda a comunicação proveniente da rede de dados, ou seja, dos demais equipamentos que estão ligados da rede e também que ele possa ser entendido quando for transmitir seus comandos na rede. Em resumo, para que equipamentos distintos possam se comunicar em uma rede de dados faz-se necessária a utilização de um protocolo que seja reconhecido por todos os dispositivos que irão participar dessa rede. Alguns dos principais protocolos de automação residencial são demonstrados no quadro 1.1.

Quadro 1.1 - Protocolos de automação

Protocolos europeus	Protocolos americanos	Protocolo Japonês
EIB	X10	HBS
EHS	CEBus	
BatiBus	LONWorks	
KNX		
My Home		

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em PRUDENTE, 2011.

1.4.1 Powerline

Os primeiros sistemas voltados para a automação residencial surgiram no início dos anos 70 e eram baseados na tecnologia chamada PLC que utiliza a própria rede elétrica para fazer a transmissão dos comandos. Essa tecnologia deu origem a uma categoria de redes denominadas *Powerline Networks* (MURATORI; DAL BÓ, 2014, p. 104).

Os desenvolvedores que se basearam nessa tecnologia partiram da necessidade de seus clientes de controlar a iluminação e, até mesmo, eletrodomésticos, presentes em diferentes pontos da casa, sem a necessidade de executar a instalação de um novo cabeamento. O controle é feito pelo envio de mensagens dos transmissores aos receptores utilizando a própria rede elétrica existente, incorporando funções básicas do tipo liga/desliga, dimerização e cenários (MURATORI; DAL BÓ, 2014, p. 104).

1.4.2 X10

O sistema X10 é considerado como a primeira tecnologia desenvolvida exclusivamente para a automação residencial. É um protocolo difundido nos Estados Unidos, idealizado para comandar a distância interruptores ocasionalmente deslocados de uma habitação. As vantagens desse protocolo são o baixo custo e a simplicidade de gestão. O sistema é formado de um pequeno módulo lógico ligado a uma tomada elétrica, e o módulo lógico é comandado de um pequeno console (PRUDENTE, 2011).

O sistema opera da mesma forma que o protocolo Powerline. Com isso, é recomendado para aplicações autônomas e não integradas, seu uso limitado se baseia em funções simples do tipo liga/desliga e dimerização de luzes.

A patente original do protocolo X10 expirou em dezembro de 1997, possibilitando a vários fabricantes desenvolver e fabricar novos produtos baseados em X10. Dessa forma, mesmo com o surgimento de novas tecnologias, o X10 ainda mantém seu espaço, principalmente considerando o seu legado instalado (MURATORI; DAL BÓ, 2014, p. 105).

1.4.3 CEBus

Conforme Prudente (2011), o protocolo CEBus é um protocolo de automação de equipamentos eletrônicos voltados ao consumidor, criado pela EIA em 1984, tem como objetivo a padronização da utilização e industrialização de produtos de comunicação infravermelha usados em controles remotos para evitar incompatibilidades e interferências, motivadas principalmente pelos consumidores, em decorrência de ineficácia na utilização de controles para videocassetes, TVS e aparelhos em geral.

Ainda segundo Prudente (2011), é possível utilizar diversos meios de comunicação, como são demonstrados a seguir:

- linha de energia elétrica;
- cabo par trançado;
- cabo coaxial;
- infravermelho (IR);
- ondas de frequência de rádio (RF);
- fibra óptica;

- cabos para áudio e vídeo.

Caracteriza-se por elevada flexibilidade e modularidade. Os equipamentos que trabalham com o protocolo CEBus devem ter uma potência de elaboração suficiente para a gestão dos dados que transitam na rede, por isso são muito caros (PRUDENTE, 2011).

1.4.4 KNX

A tecnologia KNX ou Konnex é o resultado da associação de conhecimento e experiência obtido pelas tecnologias EIB, EHS e BatiBus. Em 1997, esses três consórcios decidiram unir esforços para desenvolver o mercado de domótica, formando a associação KNX com o objetivo de desenvolver uma nova norma comum a todos e que pudesse também ser proposta como norma internacional. Em 2002 a especificação KNX foi publicada (MURATORI; DAL BÓ, 2014, p. 113).

A Konnex é hoje o único padrão internacional para automação de casas e edifícios aprovados em nível mundial (PRUDENTE, 2011). Conforme Muratori e Dal Bó (2014), até o presente momento, os órgãos normativos que já regulamentaram o KNX foram:

- norma internacional ISSO/IEC 14543-3 em 2006;
- normas europeias: CENELEC EN 50090 em 2003 e CEN EN 13321-1 e EN 13332-2 (KNXnet/IP) em 2006;
- norma chinesa SAC GB/Z 20965 em 2007;
- norma americana ANSI/ASHRAE 135 em 2005.

Muratori e Dal Bó (2014) apontam que o processo de certificação KNX garante que produtos diferentes, de fabricantes diferentes, utilizados em aplicações diferentes, funcionem e se comuniquem uns com os outros. Dessa forma, assegura-se um elevado nível de flexibilidade na expansão e modificação das instalações.

Conforme Prudente (2011), os meios de comunicação do protocolo Konnex são de vários tipos: o cabo telefônico tipo par trançado (TP), o sistema Powerline (PL), RF (868 MHz), IR, Ethernet. Os modos de configuração são o *System mode*, *Easy mode* e *Automatic mode*. Na figura 1.16 visualiza-se os meios de comunicação e a configuração do protocolo Konnex.

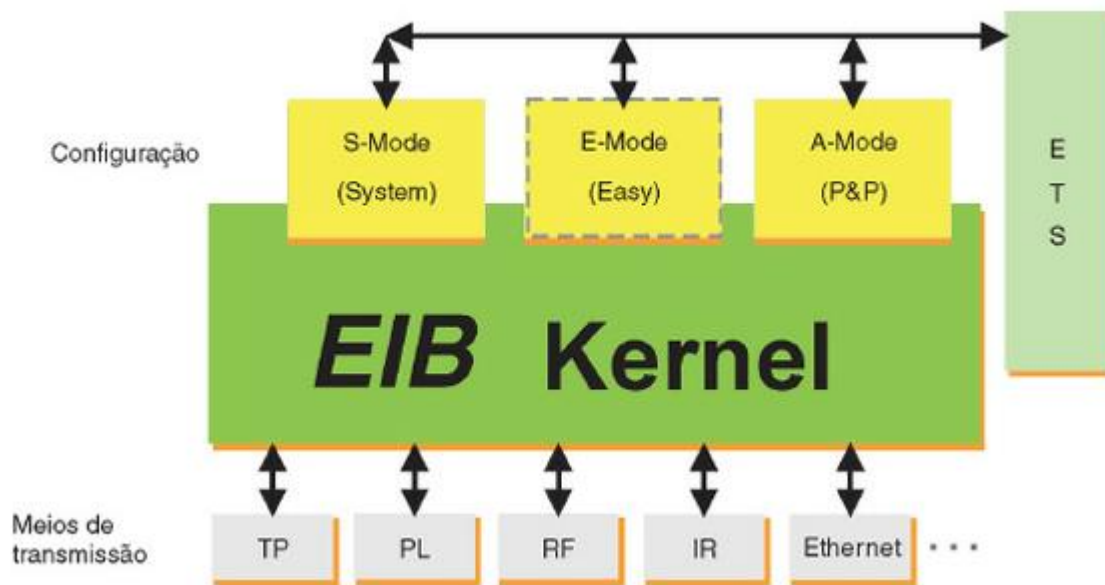


Figura 1.16 - Meios de comunicação e configuração KNX
 Fonte: PRUDENTE, 2011.

1.4.5 Sistema BUS

Conforme descreve Prudente (2011), as tecnologias BUS (barramento) surgiram nos anos 1980 nas instalações elétricas prediais com o objetivo principal de satisfazer as exigências de conforto e maior necessidade de segurança e de melhorar a economia energética. Essa tecnologia é a base de qualquer automação residencial ou predial.

Ainda segundo o mesmo autor, em um sistema BUS, cada equipamento, como por exemplo um simples interruptor, torna-se “inteligente”, ou seja, capaz de detectar os sinais provenientes do barramento BUS e de elaborar as informações enviadas pelo BUS e, assim, enviar um comando a um atuador, por exemplo uma lâmpada.

A característica fundamental da tecnologia BUS é o cabeamento. A instalação tradicional caracteriza-se por um cabeamento do tipo ponto a ponto, no qual cada dispositivo de comando é fisicamente ligado ao próprio atuador. No caso da tecnologia BUS, a instalação apresenta um cabeamento subdividido em duas linhas elétricas completamente separadas (PRUDENTE, 2011). A figura 1.17 exemplifica tal afirmação.

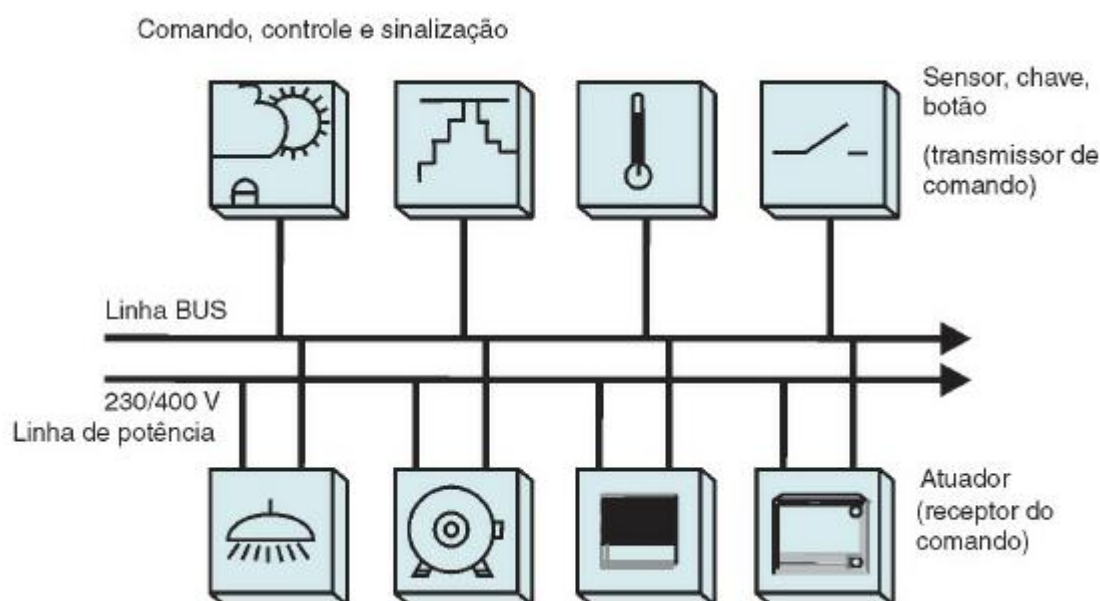


Figura 1.17 - Cabeamento tradicional e linha BUS

Fonte: PRUDENTE, 2011.

Para melhor entendimento do funcionamento de um sistema domótico utilizando a linha BUS, descreve-se em 2 passos, conforme explica Prudente (2011):

passo 1: Um sensor, chave ou botão envia uma informação de comando (chamada geralmente de telegrama) sobre o cabo BUS com um protocolo definido;

passo 2: O telegrama é captado por um dispositivo inteligente. Esse dispositivo, às vezes chamado simplesmente de interface, tem a tarefa de traduzir a informação enviada pelo sensor e de endereçá-la, por meio do cabo BUS, ao atuador de destino, que, como consequência, acionará, por exemplo, uma veneziana. A veneziana é alimentada pela linha de potência a 230 V AC.

1.5 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO

1.5.1 TCP/IP

A arquitetura TCP/IP surgiu com a criação de uma rede patrocinada pelo departamento de defesa do governo dos Estados Unidos com o objetivo de manter os órgãos do governo e universidades alertados contra catástrofes que afetassem aquele país. Desta forma surgiu a ARPANET, uma rede que permaneceria intacta caso um dos servidores perdesse ligação. A ARPANET necessitava então de um modelo de protocolos que assegurasse tal funcionalidade esperada, mostrando-se confiável, flexível e de fácil

implementação. É então desenvolvida a arquitetura TCP/IP. A ARPANET cresceu e tornou-se a rede mundial de computadores a Internet (SILVA, 2008).

Conforme o mesmo autor, o protocolo IP atua na camada de rede e fornece os serviços de endereçamento e empacotamento tais como:

- identificação de computadores locais ou remotos;
- fragmentação dos pacotes para permitir o seu envio no caso do caminho de destino da rede utilizar um tamanho diferente do pacote;
- eliminação de pacotes antigos (*time to live*);
- envio dos pacotes para a camada superior.

Conforme Silva (2008), o TCP é um protocolo do nível da camada de transporte (camada 4) do modelo OSI sendo a sua principal função o controle de fluxo e de erros. As características fundamentais deste protocolo são:

- *full duplex*: é possível a transferência simultânea em ambas direções (cliente-servidor) durante toda a sessão;
- orientado à conexão: a aplicação envia um pedido para o destino e utiliza a conexão física para transferir dados;
- ponto a ponto: uma ligação TCP é estabelecida entre o equipamento de origem e o equipamento de destino;
- confiabilidade: o protocolo TCP permite a recuperação de dados corrompidos, eliminação de pacotes duplicados, recuperação de pacotes perdidos e pode recuperar a conexão em caso de problemas no sistema e na rede;
- entrega ordenada: a aplicação faz a entrega ao TCP de blocos de dados com um tamanho arbitrário num fluxo de dados, tipicamente em *bytes* (também denominados de octetos no contexto de rede de computadores e telecomunicações);
- controle de fluxo: o receptor, à medida que recebe os dados, envia mensagens de reconhecimento, confirmando a recepção de um segmento. O transmissor pode transmitir segmentos com um número de *bytes* permitido. Existe a possibilidade de limitar o número de segmentos que circulam entre receptor e transmissor. O TCP garante que, no final da conexão, todos os pacotes foram bem recebidos.

1.5.2 Modbus

Modbus é um protocolo de comunicação de dados criado na década de 1970 pela Modicon, e é bastante utilizado em sistemas de automação industrial, principalmente em redes de controladores lógicos programáveis, para a aquisição de sinais de instrumentos e comandar atuadores. O protocolo Modbus pode ser descrito como um protocolo atuando segundo um sistema mestre-escravo. Neste sistema existe um nó mestre que envia comandos para o escravo e processa a sua resposta. Os escravos não transmitem dados sem existir uma requisição do nó mestre e nem comunicam com outros escravos. O nó mestre inicia somente uma transação Modbus de cada vez, podendo estar enlaçados a cada nó mestre 247 escravos (SILVA, 2008).

O protocolo Modbus é encapsulado no protocolo TCP/IP e transmitido através de redes padrão Ethernet (NOGUEIRA, 2009). Trata-se de um protocolo mestre escravo, porém ao ser encapsulado no protocolo TCP/IP, esta nova variante do Modbus, acaba viabilizando a implantação de vários mestres e escravos em um mesmo barramento. Em Modbus TCP não é utilizada a verificação de erros convencional do protocolo Modbus. Este deixa a verificação de erros a cargo do protocolo TCP/IP (GONÇALVES, 2009).

1.5.3 Protocolo 802.11

O IEEE constituiu um grupo de pesquisa para criar padrões abertos que pudessem tornar a tecnologia sem fio cada vez mais realidade. Esse projeto, denominado de Padrão IEEE 802.11, nasceu em 1990, mas ficou por aproximadamente sete anos inerte. A causa principal era a baixa taxa de transferência de dados que a tecnologia inicialmente oferecia (na faixa de kbit/s) (TELECO, 2006).

Conforme Teleco (2006), uma rede Wi-Fi é uma rede que está em conformidade com a família de protocolos 802.11 do IEEE. Dentro desta família de protocolos existem 3 que se destacam, conforme visto na quadro 1.2.

Quadro 1.2 - Padrões 802.11 a, b e g, e suas principais características

Padrão	Taxa de bits
802.11a	até 54 Mbit/s (na banda de 5 GHz)
802.11b	até 11 Mbit/s (na banda de 2,4GHz)
802.11g	até 54 Mbit/s (na banda de 2,4GHz)
802.11n	até 288,9 Mbit/s (na banda de 2,4GHz)

Fonte: TELECO, 2006.

A mobilidade trazida pelas redes sem fio é de fundamental importância ainda mais em um ambiente residencial. As redes sem fio são a base de comunicação de dados de inúmeros dispositivos encontrados hoje nas residências, entre eles os *smartphones* e *tablets*. Atualmente, diversos sistemas residenciais utilizam a infraestrutura das redes sem fio para serem implementados, o principal exemplo são as atuais interfaces dos sistemas de automação residencial que são operadas através dos *smartphones* e *tablets* conectados via uma rede sem fio.

1.5.3.1 Arquitetura do Protocolo 802.11

A figura 1.18 apresenta uma comparação entre o Modelo do IEEE com o modelo de OSI da ISO. Neste modelo, o conjunto de padrões IEEE 802.11 aparece composto de 2 camadas, utilizando como suporte o meio de transmissão aéreo (TELECO, 2015).

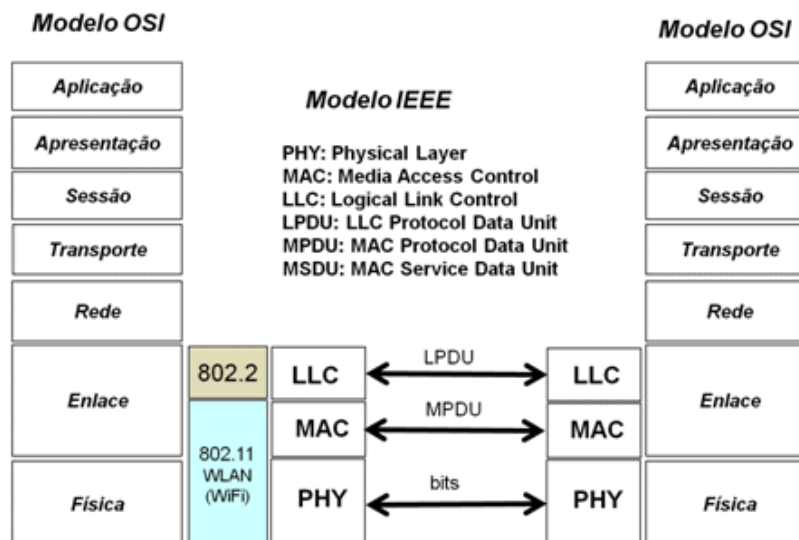


Figura 1.18 - Modelos OSI da ISO e IEEE

Fonte: TELECO, 2015.

Segundo Teleco (2015), há dois tipos de dispositivos de radiocomunicação (estações) nas faixas dedicadas, os Ponto de Acesso e os clientes. Os clientes acessam serviços de telecomunicações através dos APs.

A camada física define as características mecânicas, elétricas, funcionais e os procedimentos para ativar, manter e desativar os meios físicos para a transmissão de bits. A camada enlace de dados é dividida em duas subcamadas: a subcamada MAC, para controle de acesso ao meio, e a subcamada LLC, para controle do enlace lógico. O controle de acesso se faz necessário já que o meio de transmissão é compartilhado por várias estações (TELECO, 2015).

1.5.3.2 Ponto de Acesso

Para ter uma rede sem fios simples são necessários 2 equipamentos: o AP e a placa de rede sem fio. O *Access Point* por um lado está ligado a uma rede com fios e por outro faz a comunicação através de ondas de rádio com outros equipamentos sem fios. A placa de rede instalada ou nativa em um equipamento, como por exemplo, um *notebook*, se liga ao ponto de acesso e à rede propriamente dita através de ondas de rádio.

Conforme Teleco (2006), um AP é um componente sem fio equivalente ao *hub* de uma rede tradicional, que tem a função de receber, armazenar e transmitir os dados entre a rede sem fio e a rede cabeada. Um AP é normalmente conectado à rede cabeada através de um cabo Ethernet padrão, e se comunica com a rede sem fio através da antena. A figura 1.19 ilustra um equipamento comercial para ponto de acesso.



Figura 1.19 - Equipamento comercial para ponto de acesso

Fonte: TELECO, 2006.

2 CENÁRIOS RESIDENCIAIS UTILIZANDO CLP

Conforme Bolzani (2004), uma residência inteligente contém vários subsistemas que gerenciam todos os aspectos físicos pertinentes, permitindo um maior conforto com menor gasto de energia.

Neste capítulo serão ilustrados cenários residenciais que poderão ser configurados em um microcontrolador programável. Os subsistemas que serão listados compreendem algumas das principais abordagens utilizadas em automação residencial e serão abordados alguns dos quais são possíveis de se implantar em conjunto a um CLP.

2.1 Controle de Iluminação

A iluminação pode ser controlada remotamente, ou por meio do interruptor convencional de parede. Pode ser feita por meio de uma programação com a ajuda de sensores de luminosidade e ocupação integrados (BOLZANI, 2004).

Bolzani (2004) aponta que um sistema simples requer pouco mais que módulos liga-desliga controlados por sinais enviados pelos próprios cabos da rede elétrica. Os controladores têm uma gama maior de estilos podendo variar de interruptores simples até complexos teclados de parede ou consoles de mesa. Cada botão deste console pode enviar sinais de comando do tipo: ligar/desligar e/ou regular (aumentar/diminuir) a intensidade da potência luminosa, aos vários módulos espalhados pela residência.

Existem vários tipos de sistemas de iluminação, sendo o mais simples chamado de sistema Powerline, ou X10, o qual utiliza a própria rede elétrica para acionar pontos de iluminação e tomadas. Para tanto, utiliza uma tomada especial, que substitui as tomadas convencionais, ou um módulo externo que é plugado às tomadas. Nesse sistema, cada módulo recebe um endereço digital que será utilizado pelos CLP para identificar cada um dos módulos emitindo para eles os sinais de controle necessários (OSORIO et al., 2010). No aplicativo que será desenvolvido no próximo capítulo, terão disponíveis botões de liga e desliga lâmpadas, onde no desenvolvimento serão configurados endereços digitais para acionar sinais na porta lógica de um CLP.

Osorio et al (2010) apontam que sistemas de iluminação mais sofisticados podem incluir ainda *timers* ou sensores de luz solar, permitindo que as lâmpadas sejam acesas conforme um horário programado ou quando a luz solar for insuficiente.

2.2 Sistema de Alarme de Segurança Patrimonial

Segundo Bolzani (2004), para se realizar um bom projeto de segurança patrimonial em uma residência é imprescindível criar soluções que sejam não somente compatíveis, mas também complementares, além de cumprir fundamentalmente os seguintes pontos, considerados básicos em um sistema com tal propósito:

- prevenção ou dissuasão – utilização de sistemas que inibam e promovam a desistência da ação de intrusão;
- detecção e alarmes – utilização de sistemas que permitam a detecção de ações de intrusão e possibilitem o acionamento de diversos tipos de alarmes;
- reconhecimento ou identificação – a residência inteligente deve ser capaz de tomar decisões e cumprir processos baseados no reconhecimento e identificação do usuário;
- reação – o sistema deve realizar as funções de reação, disparando ações contra o processo de intrusão.

Abaixo, na figura 2.1, é apresentada um modelo de programa de alarme para CLP.

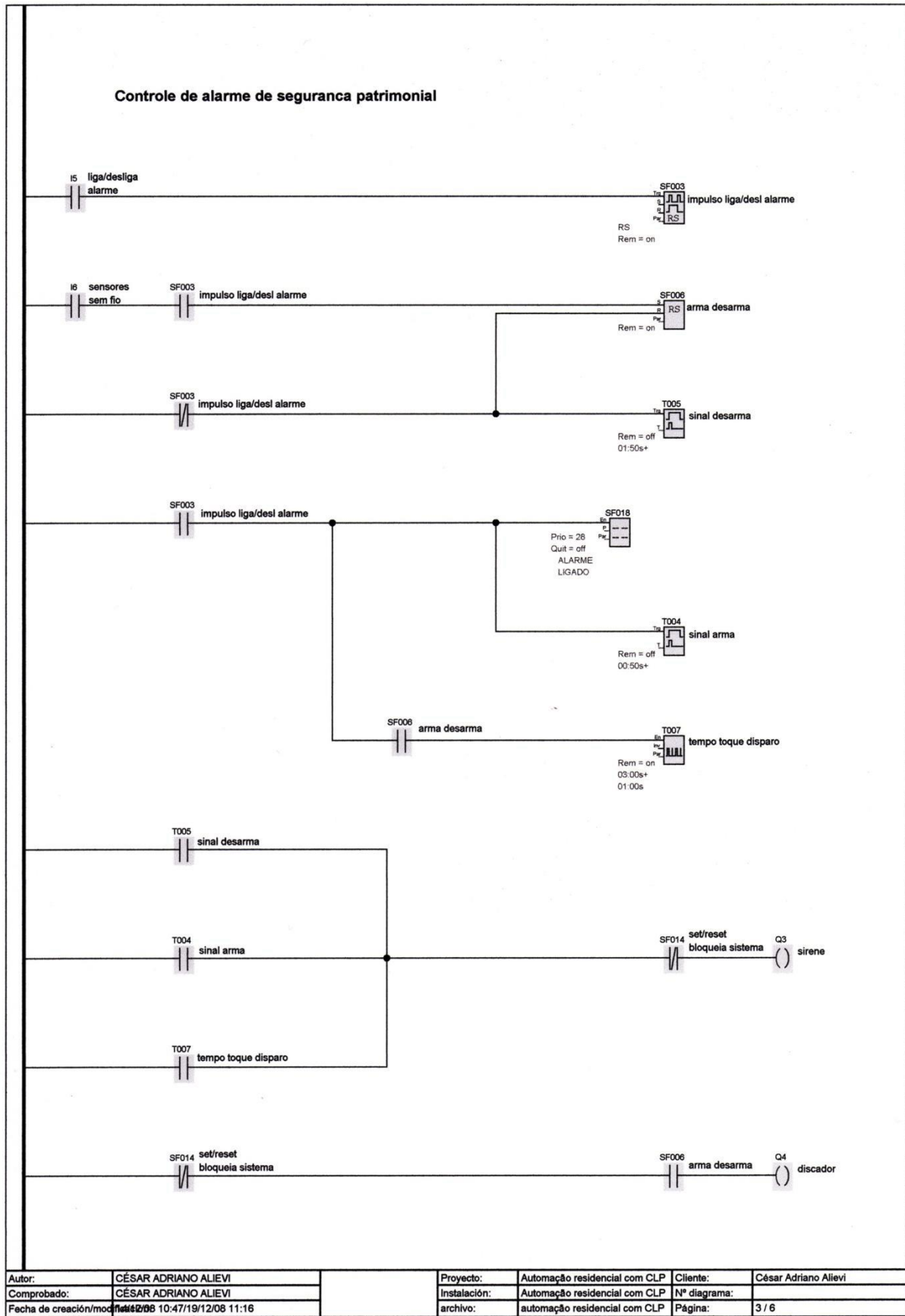


Figura 2.1 - Sistema de alarme de segurança patrimonial
 Fonte: ALIEVI, 2008.

As características principais de funcionamento de um sistema de alarme são descritas a seguir (ALIEVI, 2008):

1) Em um controle remoto, um botão do mesmo acionará um relé de um receptor de dois canais. Um canal atuará na entrada I5 do CLP, liga/desliga alarme, fazendo com que o alarme seja ativado ou desativado.

2) Serão utilizados sensores sem fio em cada porta e janela da residência, codificados de tal forma a acionarem um segundo receptor, este atuando um de seus relés, enviando um sinal na entrada I6 (sensores sem fio), com o que o alarme será disparado em caso de violação de qualquer das portas ou janelas da residência;

3) Haverá ligada na saída Q3 do CLP uma sirene, que dará indicações sonoras a cada habilitação ou desabilitação do alarme. Esta sirene também será o meio de indicação de disparo do alarme em caso de violação;

4) Na saída Q4 do CLP será ligado um discador telefônico o qual poderá discar para até 7 números de telefones diferentes, através de sua programação específica, sempre que houver um disparo do alarme;

5) No momento em que se liga o alarme, via controle remoto, o *display* que é incorporado ao CLP mostrará uma mensagem, “ALARME ESTÁ LIGADO”. Com isto será possível identificar a situação de alarme ligado.

2.3 Sistema Contra Incêndio

Além dos sistemas convencionais de detecção e extinção como difusores (*sprinklers*), extintores e hidrantes, existem outras formas baseadas em processos integrados e automáticos. Por meio de sinais enviados pelos sensores e detectores, o controlador central deverá proceder e cumprir um programa preestabelecido, assim como executar medidas adicionais que são possíveis graças à integração entre os sistemas de gerenciamento das instalações e o de segurança contra incêndios (BOLZANI, 2004).

Um sistema para segurança contra incêndio, elaborado por Alievi (2008), utiliza um sensor de vazamento de gás e outro sensor de fumaça. As características de funcionamento desse sistema são descritos a seguir, e a figura 2.2 ajuda a exemplificar o sistema descrito.

1) Na entrada I16 do CLP será recebido o sinal do sensor de vazamento de gás e na I17 o sinal do sensor de fumaça. Ambos estarão localizados na cozinha, ponto da residência mais sujeito a princípios de incêndio;

2) Caso algum dos sensores atue será automaticamente bloqueada a válvula de alimentação de gás, através da saída Q12 do CLP;

3) A lógica desenvolvida para este sistema, também bloqueará todas as demais saídas do CLP, garantindo assim que em caso de vazamento de gás ou incêndio a eletricidade dos demais sistemas da residência estejam desligados;

4) No momento em que houver algum vazamento de gás ou caso haja fumaça no ambiente, no *display* incorporado ao CLP será mostrada uma mensagem, “VAZAMENTO DE GAS, FUMACA. SISTEMA BLOQUEADO”, com isto será possível identificar a situação de alarme ligado.

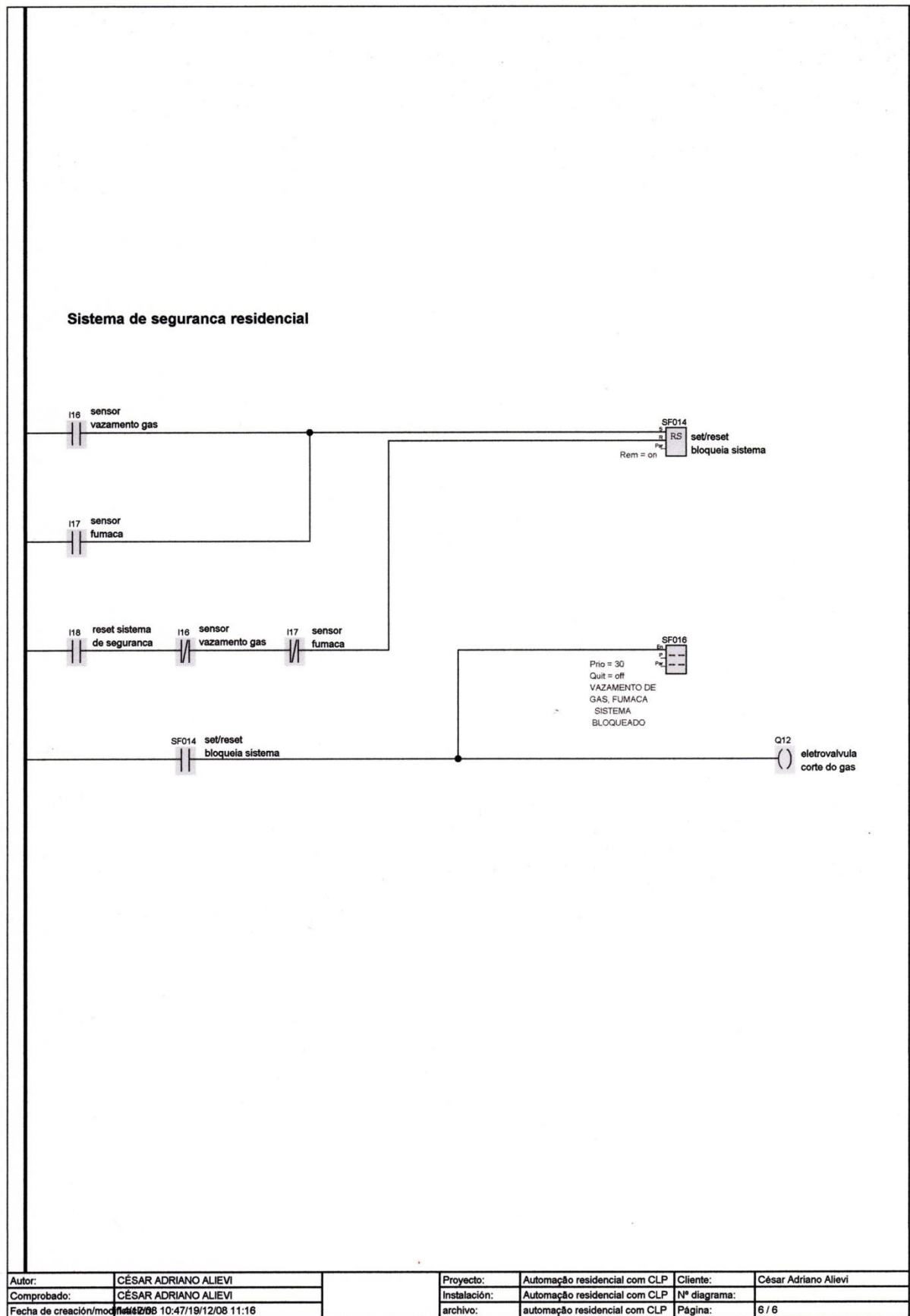


Figura 2.2 - Sistema de segurança residencial contra incêndio
Fonte: ALIEVI, 2008.

2.4 Climatização

Os equipamentos de ar condicionado são controlados, em sua maioria, por emissores de sinais de infravermelho. Esses módulos emissores fazem às vezes do controle remoto original do equipamento. Dessa forma, não há necessidade de fazer qualquer alteração interna nos equipamentos e mantém-se a garantia dos fabricantes (MURATORI; DAL BÓ, 2014, p. 38).

Esse sistema deve proporcionar o controle de climatização do ambiente (aquecedores e condicionadores de ar) através de comandos integrados ao sistema de comando central. Dessa forma, poderão possibilitar o acionamento ou desligamento automático desses equipamentos de maneira programada, em horários definidos ou, até mesmo, permitir seu controle remotamente através de *smartphone* (OSORIO et al., 2010).

Segundo Bolzani (2004), alguns equipamentos já são passíveis de serem controlados remotamente. Além de controlarem a temperatura e a função de liga-desliga, estes controladores eletrônicos permitem alterar as funções de aquecimento, umidade, purificação e renovação do ar.

Para prover o controle de climatização em um CLP, deve-se usar em conjunto receptores e emissores de infravermelho. Para emitir comandos, um aplicativo de *smartphone* por exemplo, envia os parâmetros para o CLP e o transmissor IR conectado a este enviará o comando infravermelho até o receptor de IR do ar condicionado para proceder com o que se deseja.

Mas antes disso, porém, o CLP deverá ter o aprendizado dos comandos disponíveis de um ar condicionado. Para isto, deve-se apontar o controle remoto do equipamento que se quer capturar e pressionar o botão correspondente ao comando a ser armazenado, o infravermelho aguarda a recepção do comando e o armazena em uma variável definida pelo programador do CLP (DEXTER, 2015).

Na aplicação para *smartphone* no qual será desenvolvida no próximo capítulo, serão implantados controles de ar condicionado. Controles diretamente a um equipamento físico não serão possíveis de se realizar através de infravermelho, mas serão aplicadas funcionalidades de envio de parâmetro de temperatura até um CLP. Em trabalhos futuros, a integração de CLP junto com infravermelho poderá ser possível e junto a isso uma automação completa de ar condicionado.

3 DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA CONTROLE RESIDENCIAL

Neste capítulo serão apresentados os processos de desenvolvimento de um aplicativo móvel básico e funcional para *smartphones*, na plataforma Android, para automação residencial. Primeiramente, serão abordadas as tecnologias utilizadas e, após, serão apresentados o desenvolvimento do aplicativo e as programações necessárias.

O aplicativo desenvolvido se trata de um aplicativo móvel com apenas duas opções de controle residencial, de iluminação e de ar condicionado, visto que o mais importante será a comprovação da conectividade entre *smartphone* e CLP, do que propriamente o desenvolvimento de um aplicativo complexo com muitas opções.

Neste aplicativo terá uma tela inicial onde o usuário poderá escolher dentre dois ícones, a qual funcionalidade desejar. Um ícone será de uma lâmpada, onde ao ser clicada, levará o usuário até uma segunda tela, no qual haverão opções de liga e desliga lâmpadas. Outro ícone na tela inicial será de um ar condicionado, onde ao ser pressionado levará o usuário até opções de controle do mesmo, um botão de liga e desliga estará disponível e também uma caixa de texto que será para enviar um parâmetro de temperatura até uma porta de saída do CLP, simulando o envio de uma temperatura para ar condicionado.

3.1 Softwares Utilizados

Para o desenvolvimento do aplicativo recomenda-se a utilização de dois diferentes *softwares*. O primeiro deles é a plataforma RAD Studio XE6. Pode-se observar o menu principal de desenvolvimento móvel na figura 3.1. Produzido pela Embarcadero, o *software* é um compilador e uma IDE para desenvolvimento de programas em linguagem Delphi. Essa ferramenta é recomendada, por consistir no desenvolvimento rápido de aplicações. Trata-se de um modelo de desenvolvimento de software iterativo, que enfatiza o reuso de código, possibilitando um ciclo de desenvolvimento extremamente curto, além de possuir compatibilidade com o protocolo Modbus, que será necessário para a comunicação entre aplicativo e CLP, através de TCP/IP, que será abordado no próximo capítulo.

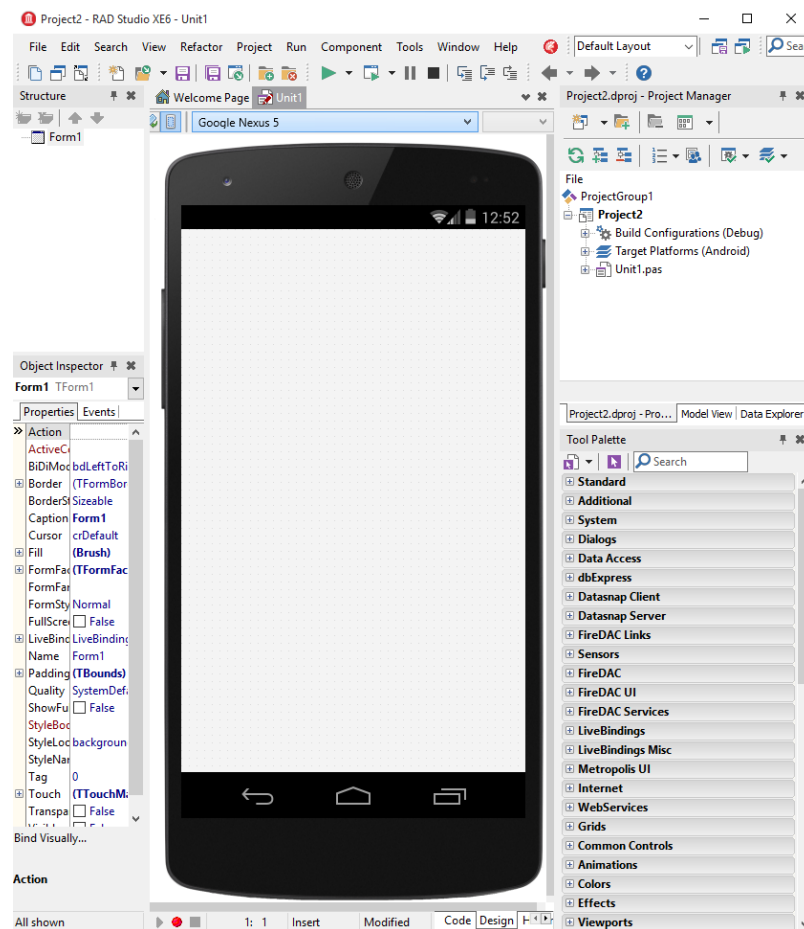


Figura 3.1 - Tela principal de desenvolvimento móvel no RAD Studio XE6
 Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

O segundo *software* será utilizado para a programação do CLP. Sugere-se o programa Codesys, a tela inicial de programação pode ser visualizada na figura 3.2 e um exemplo prático na figura 3.3. Produzido pela 3S *Smart Software Solutions GmbH*, este *software* de automação é independente de *hardware* para o desenvolvimento de aplicações em CLP. Neste software podem ser programados as linguagens *ladder*, FDB e código estruturado.

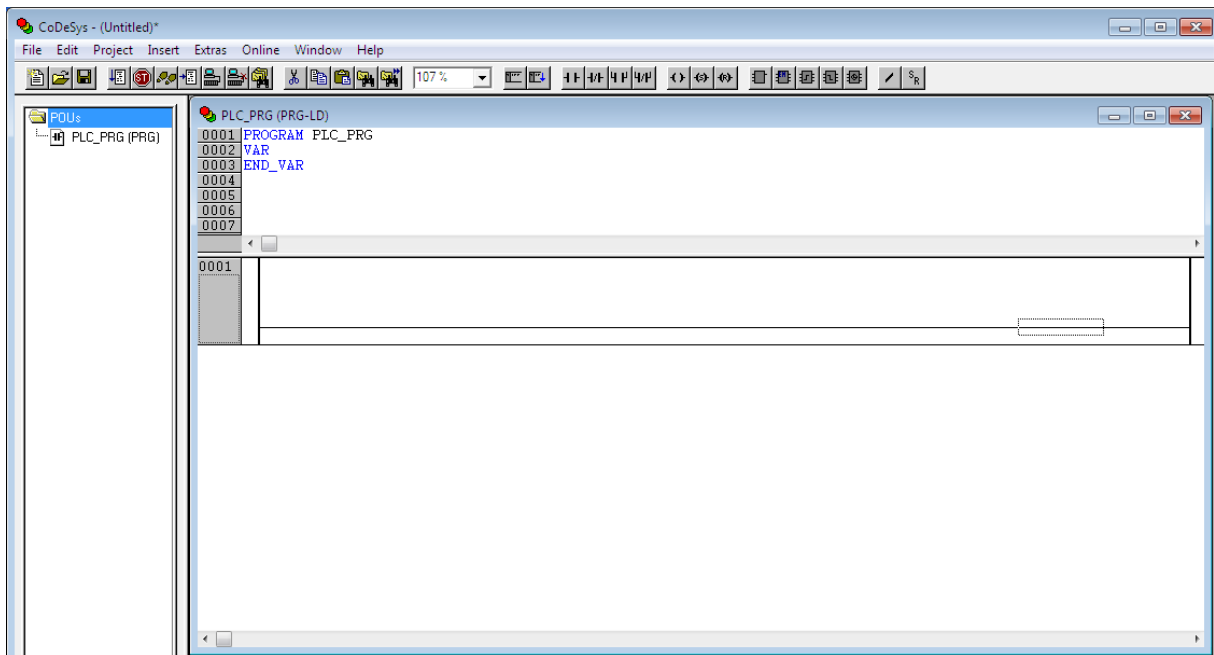


Figura 3.2 - Tela inicial de programação do Codesys
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

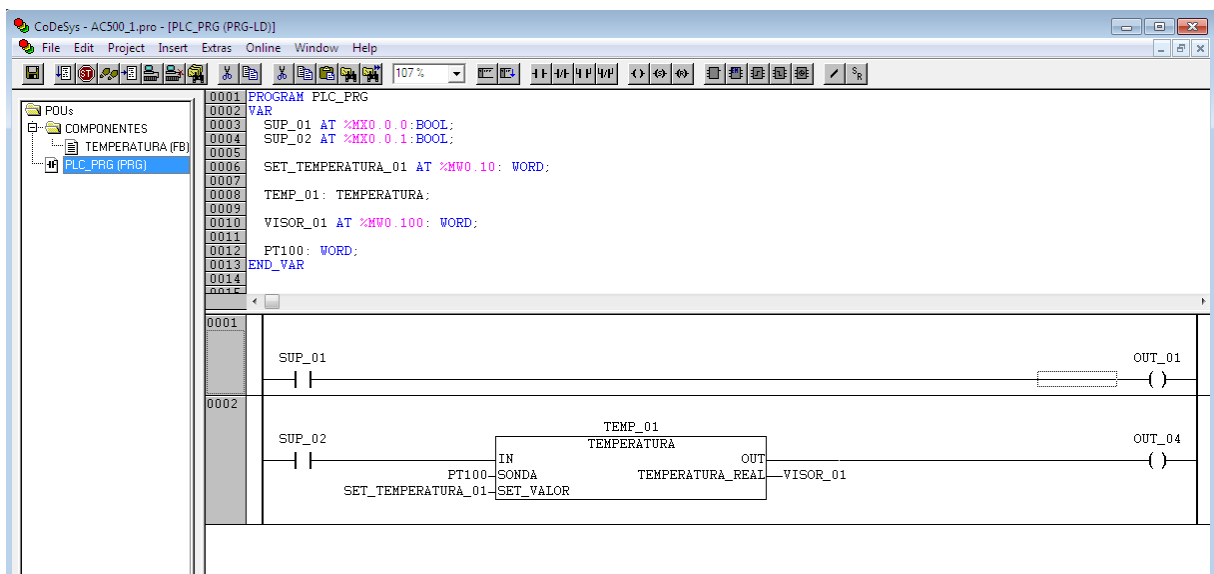


Figura 3.3 - Exemplo de programa em Ladder no Codesys
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

3.2 Modelagem UML

O aplicativo teve seus diagramas de caso de uso e de classe especificados através da linguagem UML. Segundo Ferreira (2009), a linguagem UML é o padrão de mercado que representa as melhores práticas da engenharia de *software* em modelagem de *software*. A UML permite que desenvolvedores visualizem o software através de modelos e de um conjunto de diagramas. A modelagem visual facilita o entendimento e a comunicação do “que” precisa ser feito e “como” deve ser feito o *software*.

3.2.1 Diagrama de Caso de Uso

Diagramas de casos de uso fornecem um modo de descrever a visão externa do sistema e suas interações com o mundo exterior. Assim, podem representar uma visão de alto nível de funcionalidades intencionais mediante requisições feitas pelo usuário. Os diagramas de caso de uso apresentam uma visão externa sobre como esses elementos podem ser utilizados no contexto do sistema sendo representado (FERREIRA, 2009).

O diagrama de caso de uso, ilustrado na figura 3.4, tem por finalidade descrever e definir os requisitos funcionais do aplicativo. O quadro 3.1 descreve os requisitos funcionais.

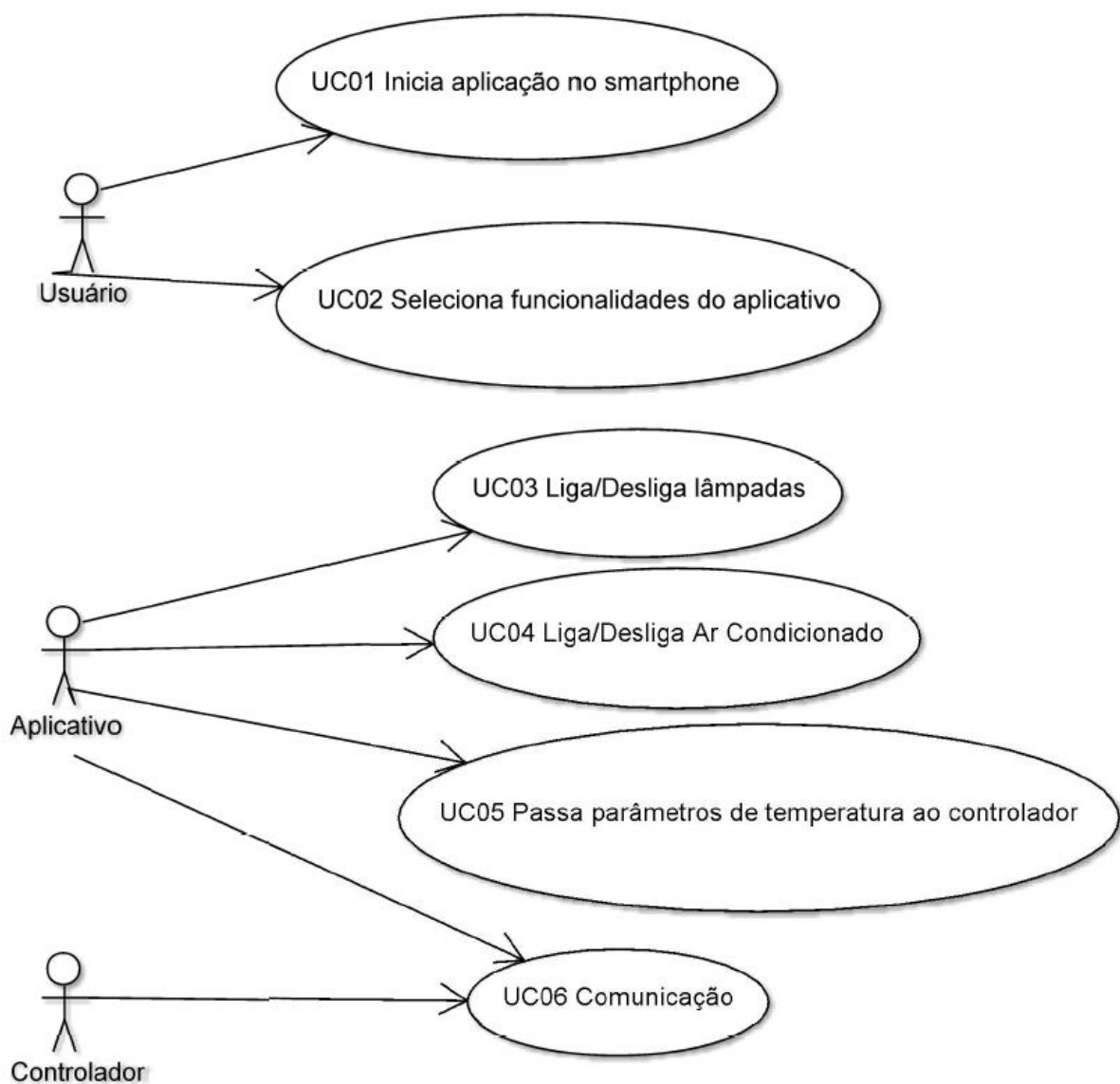


Figura 3.4 - Diagrama de caso de uso do aplicativo

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Quadro 3.1 - Requisitos funcionais do aplicativo

Requisitos Funcionais	Caso de Uso
RF01: O usuário deverá conseguir inicializar o aplicativo pelo <i>smartphone</i> .	UC01
RF02: O usuário deverá conseguir enviar comandos aos dispositivos após selecionar as funcionalidades desejadas.	UC02
RF03: O aplicativo deverá permitir ligar e desligar lâmpadas.	UC03
RF04: O aplicativo deverá permitir ligar e desligar ar condicionado.	UC04
RF05: O aplicativo deverá permitir passar parâmetros de temperatura ao controlador.	UC05
RF06: O controlador e aplicativo deverão possuir comunicação de maneira automática.	UC06

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

3.2.2 Diagrama de Classes

Diagrama de classe é um diagrama que demonstra a estrutura das classes de um sistema e seus relacionamentos. Os relacionamentos são mostrados no diagrama juntamente com as suas estruturas internas, que são os atributos e operações (FERREIRA, 2009).

O aplicativo desenvolvido neste trabalho foi implementado utilizando uma arquitetura de três telas, conforme se visualiza no relacionamento entre elas na figura 3.5 e seu diagrama de classes na figura 3.6.

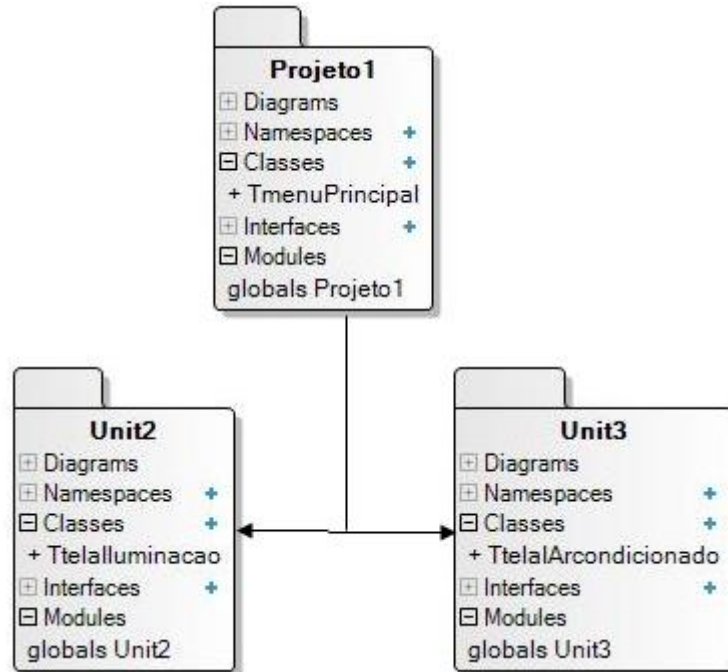


Figura 3.5 – Relacionamentos de classes do aplicativo
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

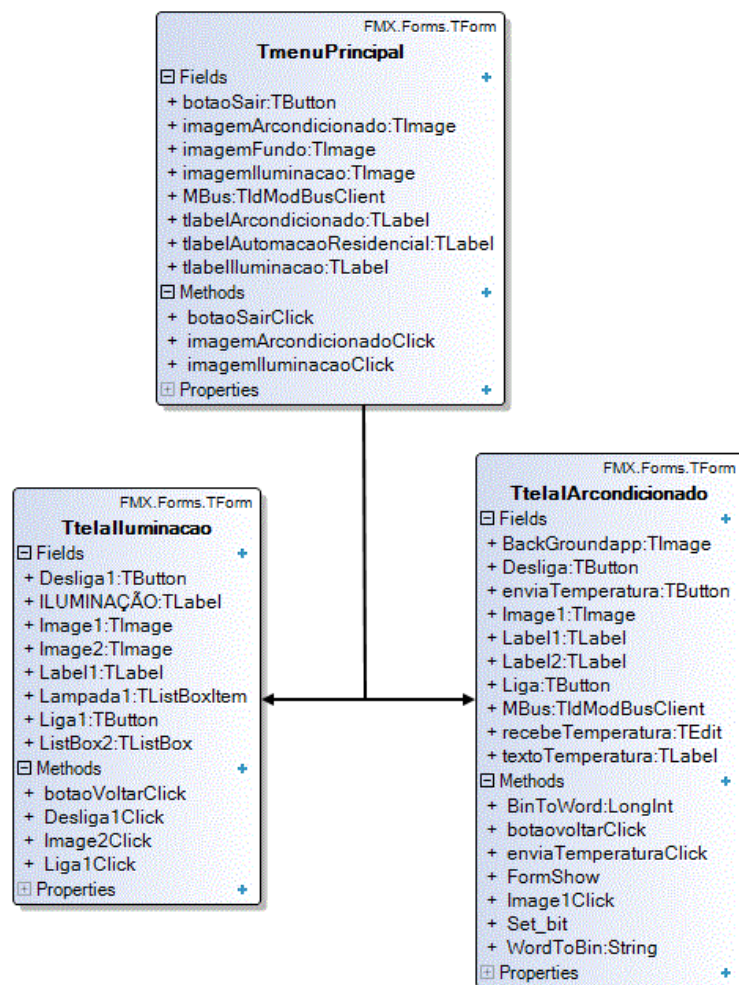


Figura 3.6 - Diagrama de classe do aplicativo
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

O quadro 3.2 apresenta uma breve descrição do diagrama de classes do aplicativo.

Quadro 3.2 - Breve descrição das classes do aplicativo

Interface	Propósito
TmenuPrincipal	A classe representa a tela principal do aplicativo, onde será possível selecionar outras duas telas, a de controle de iluminação e também a de controle de ar condicionado.
TtelaIluminação	A classe representa a tela de controle de iluminação, onde será possível ligar e desligar lâmpadas.
TtelaArcondicionado	A classe representa a tela de controle de ar condicionado, onde é possível ligar e desligar um equipamento e, passar um parâmetro de temperatura.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

3.3 Telas do Aplicativo

O aplicativo básico deste projeto foi desenvolvido com o intuito de controlar a iluminação e ar condicionado de uma residência que estejam conectados diretos ou parcialmente ao CLP e que este já tenha as programações previamente configuradas pelo *software* do CLP. A tela principal do aplicativo é ilustrada na figura 3.7.



Figura 3.7 - Tela inicial de aplicativo

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Ao executar o aplicativo, o usuário tem acesso à tela principal, onde estarão disponíveis três opções de escolha. Serão descritas as funcionalidades de cada item a seguir:

- clicando na figura de uma “lâmpada”, o usuário será direcionado a uma próxima tela, onde será possível ter o controle de iluminação. Há seis opções de lâmpadas disponíveis, ou seja, se houvesse seis lâmpadas conectadas em um CLP, utilizando o protocolo de comunicação Powerline, a partir de cabos da rede elétrica, poderia ser possível ligá-las ou desligá-las. A imagem que representa a tela de iluminação se ilustra na figura 3.8. Ao pressionar o botão de ligar, será enviado o comando do aplicativo até o CLP e este repassará a transmissão à lâmpada referenciada, e a ligará. O aplicativo informará uma mensagem de “lâmpada ligada”. Para desligar a lâmpada, pressiona-se o botão desliga, e a mensagem de “lâmpada desligada” aparecerá na tela do aplicativo.



Figura 3.8 - Tela iluminação
 Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

- voltando ao menu principal do aplicativo, clicando no ícone de um ar condicionado, o usuário será direcionado à tela de controle de um ar condicionado. Nesta tela há somente a opção de controle de um equipamento, ou seja, só seria possível controlar um único equipamento. As opções disponíveis são de ligar, desligar e de envio de uma temperatura desejada. Ao pressionar o botão de ligar, será enviado o comando do aplicativo até o CLP e este repassará a transmissão ao equipamento referenciado, e o ligará. O aplicativo informará uma mensagem de “ar condicionado ligado”. Para desligar o ar condicionado, pressiona-se o botão desliga, e a mensagem de “ar condicionado foi desligado” aparecerá na tela do aplicativo. No campo de digitar e enviar a temperatura desejada será possível passar um parâmetro de valor inteiro até o CLP, simulando uma temperatura. O CLP receberá este valor e encaminhará até uma de suas saídas digitais que esteja conectada um emissor de IR.

A tela de controle de ar condicionado pode ser visualizada na figura 3.9.

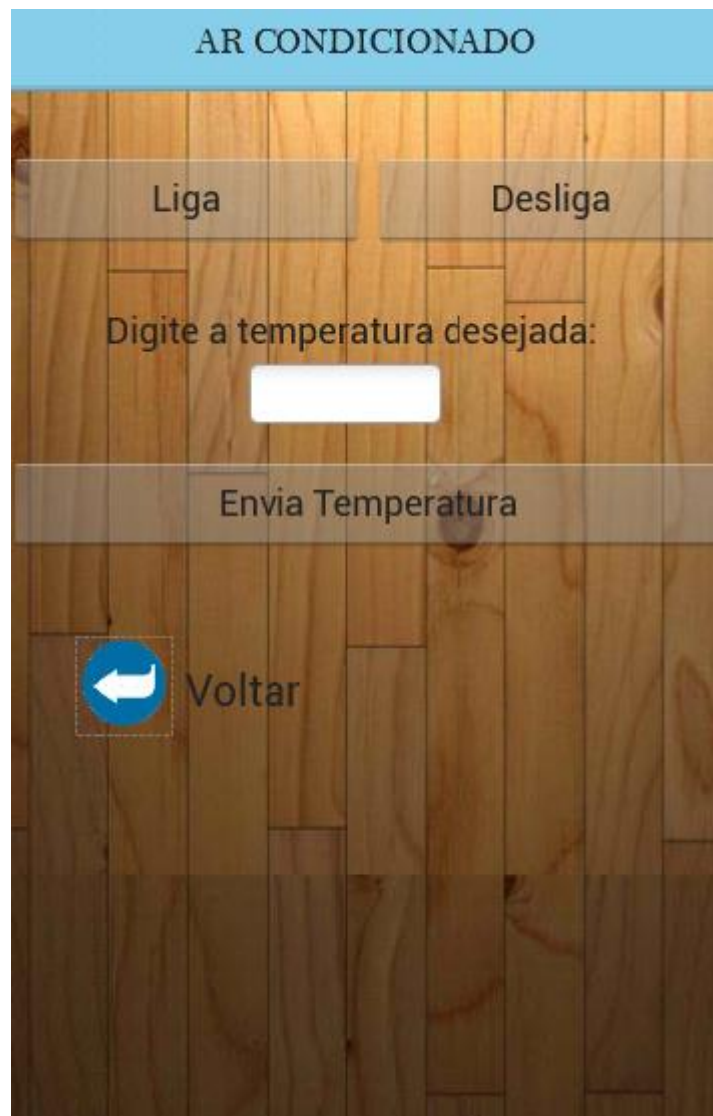


Figura 3.9 - Tela ar condicionado
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

4 INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS

Neste capítulo serão descritos os procedimentos necessários para que um CLP tenha comunicação com um aplicativo de *smartphone*. A integração divide-se em objetos distintos, com funções diferentes entre si, mas que juntos, irão interagir na solução do problema proposto. A figura 4.1 mostra a estrutura que representa os componentes do sistema envolvidos no desenvolvimento do projeto. Os componentes estão divididos e representados em objetos diferentes de acordo com suas funcionalidades.

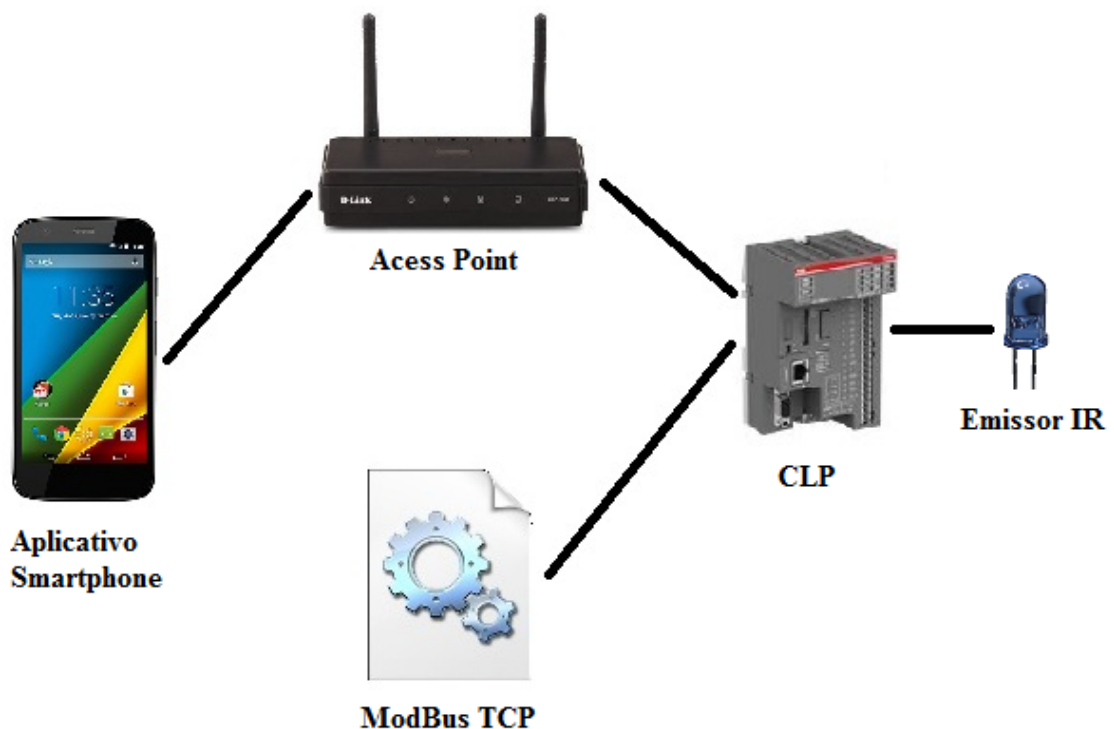


Figura 4.1 - Componentes que integram o sistema

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

4.1 Configuração CLP

Para o primeiro passo serão necessárias as configurações do CLP. Para isso, pode-se utilizar o software ABB *configurator*, sendo o *software* responsável pela configuração do *hardware* do CLP utilizado neste projeto. Inicialmente, no programa ABB *configurator*, terá de ser selecionado a opção “file”, “new project”, após, deve-se selecionar o modelo do CLP, no caso, o escolhido foi o modelo AC500 PM554-ETH V2.0.

O segundo passo é a configuração do CLP para obter a funcionalidade de comunicação no protocolo Modbus. As figuras 4.2 e 4.3 exemplificam os passos da configuração.

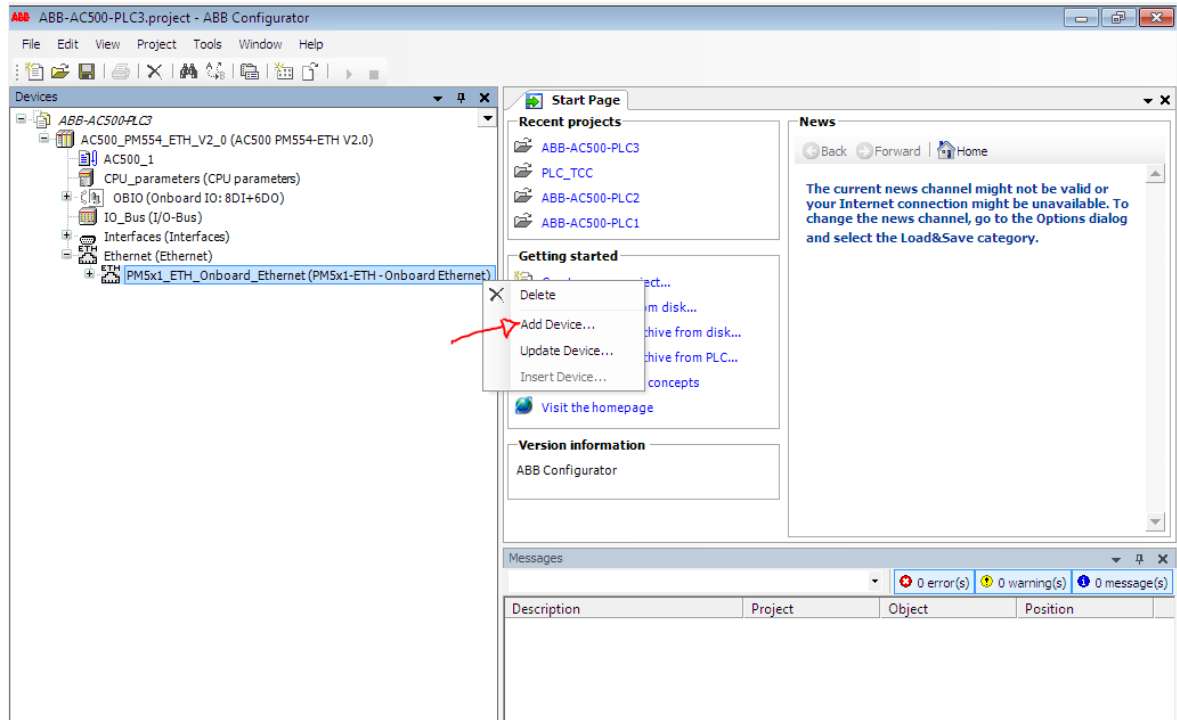


Figura 4.2 - Configuração Modbus no CLP
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

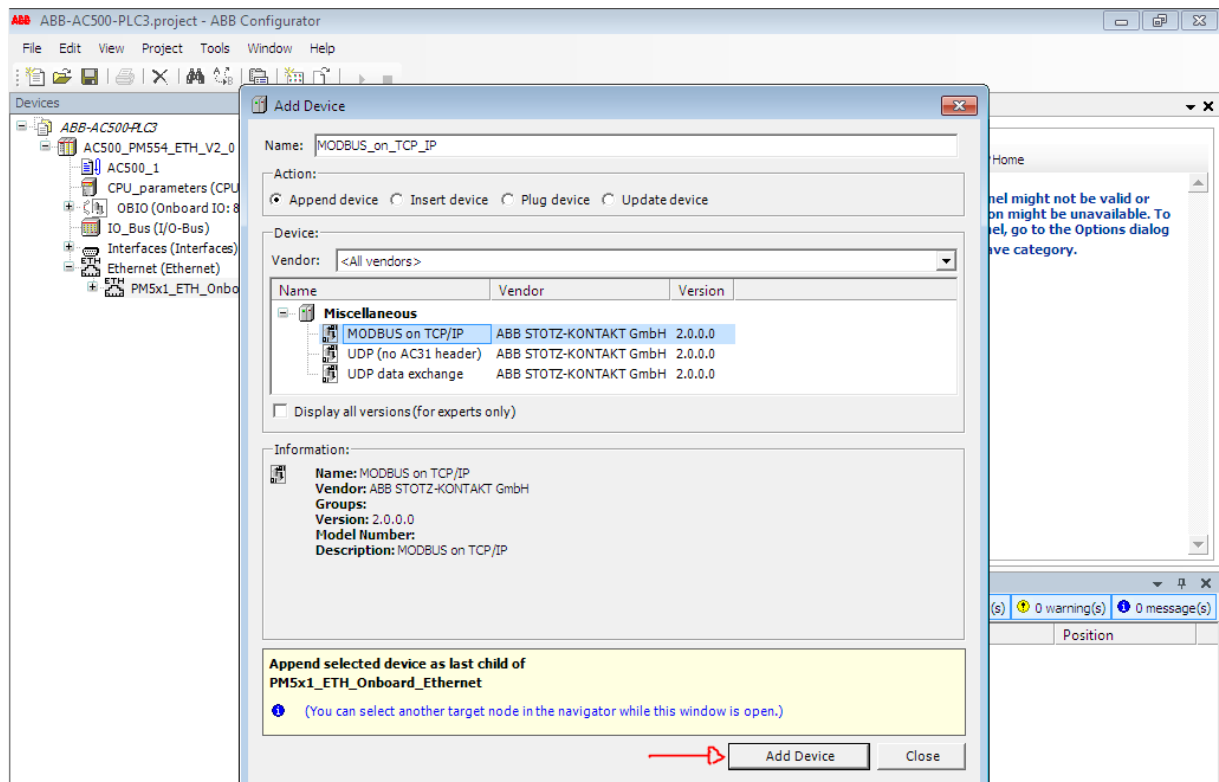


Figura 4.3 - Configuração Modbus no CLP 2
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Após configurar o protocolo Modbus no CLP, segue-se com a configuração IP do próprio CLP. Para isto, clica-se em “*IP_Settings*” nas opções do modelo do controlador em questão e digita-se em “*IP address*” o endereço “192.168.10.90” e a máscara sub-rede “255.255.255.0” em “*Subnetmask*”. A figura 4.4 ilustra a adição do IP no CLP.

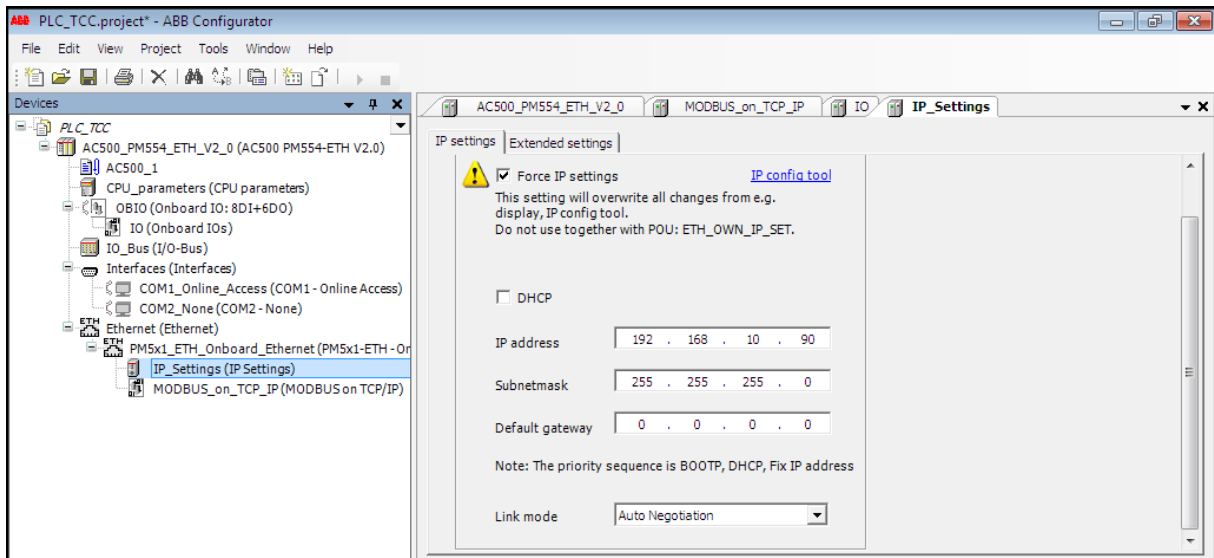


Figura 4.4 - Configuração IP no CLP

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Após configurado o IP no controlador, deve-se configurar as entradas e saídas do mesmo, isto para que os códigos que poderão ser desenvolvidos no Codesys se comuniquem com as saídas digitais do hardware do CLP “*Onboard IOs*”. No caso da figura 4.5, observa-se já renomeadas as entradas IN_01 até IN_08 e as saídas OUT_01 até OUT_07. No Codesys, nos códigos que posteriormente serão desenvolvidos, usa-se os nomes das entradas e saídas do CLP como variáveis para que seja desenvolvidas as programações desejadas.

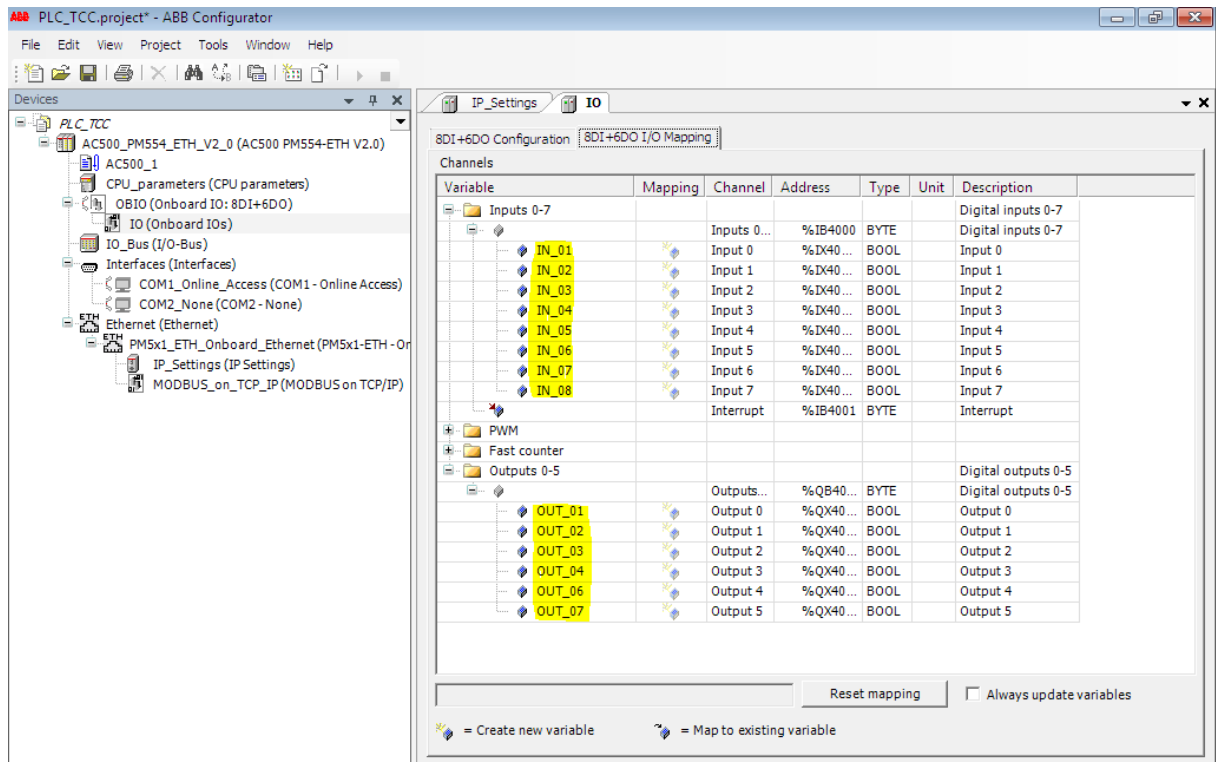


Figura 4.5 - Configuração entrada/saída CLP

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Visto que as configurações de entradas e saídas estejam configuradas no ABB configurator e programações em *ladder* de cenários residenciais estejam implantadas no software Codesys, o próximo passo é efetuar a parametrização da porta de comunicação entre o Codesys e o CLP para efetuar a transferência de dados dos códigos desenvolvidos no Codesys para o controlador. Para isto, no Codesys clica-se na opção “*Online*” e “*Communication Parameters*”. Após, clica-se em “*New*”, seleciona-se a opção *Tcp/Ip*, em *Address* digita-se o IP “192.168.10.90”, sendo este o IP do controlador. A figura 4.6 ilustra a configuração IP do software Codesys.

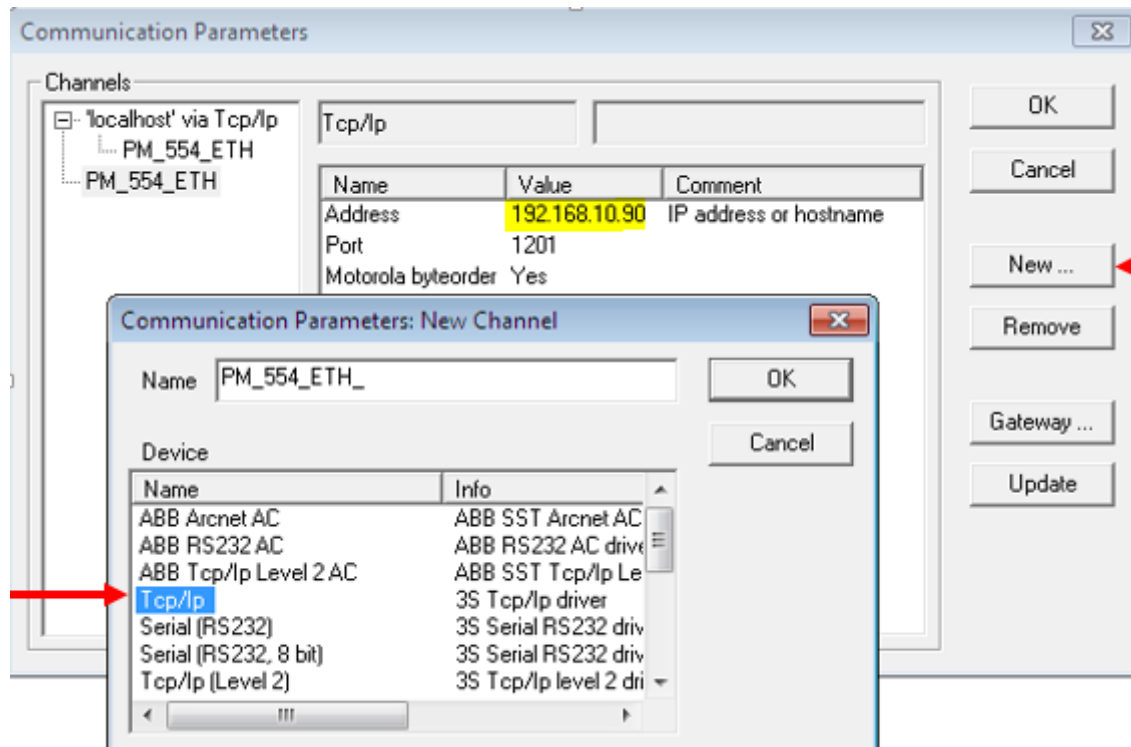


Figura 4.6 – Configuração IP do *software* Codesys

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

4.2 Configuração de Aplicativo

Para que uma comunicação entre aplicativo desenvolvido em Delphi e um CLP seja efetuada com sucesso através de rede Ethernet TCP/IP, será necessário um componente primordial, uma *library*, ou biblioteca. O componente terá de ser instalado no RAD Studio XE6 para que se tenha a comunicação efetuada pelo protocolo Modbus. A biblioteca disponível é a “Delphi ModBusTCP library”, disponível para *download* na internet com o nome de “delphimodbus-1.6.3”. Ela fornece componentes para que seja efetuada a troca de informações entre o aplicativo e o controlador.

Os procedimentos para que o componente seja instalado são detalhados a seguir:

- Primeiramente, deve-se acrescentar nas configurações de *library* do RAD Studio XE6 o caminho da pasta “source”, que se encontra compactada no arquivo da biblioteca Modbus.

- O segundo passo será instalar o pacote “dclDelphiModbusXE6.dpk”, que se encontra na pasta “*packages*” inclusa na biblioteca informada.

- Por fim, após instalado o pacote “dclDelphiModbusXE6.dpk”, resta adicionar o componente “TIdModBusClient” para a tela da aplicação. Nas propriedades do componente, deve-se configurar o campo “Host” com o número IP que anteriormente foi configurado no

CLP, neste caso, o IP “192.168.10.90”. Desta forma, é possível haver comunicação entre aplicativo e CLP. A figura 4.7 ilustra a configuração Modbus na tela da aplicação.

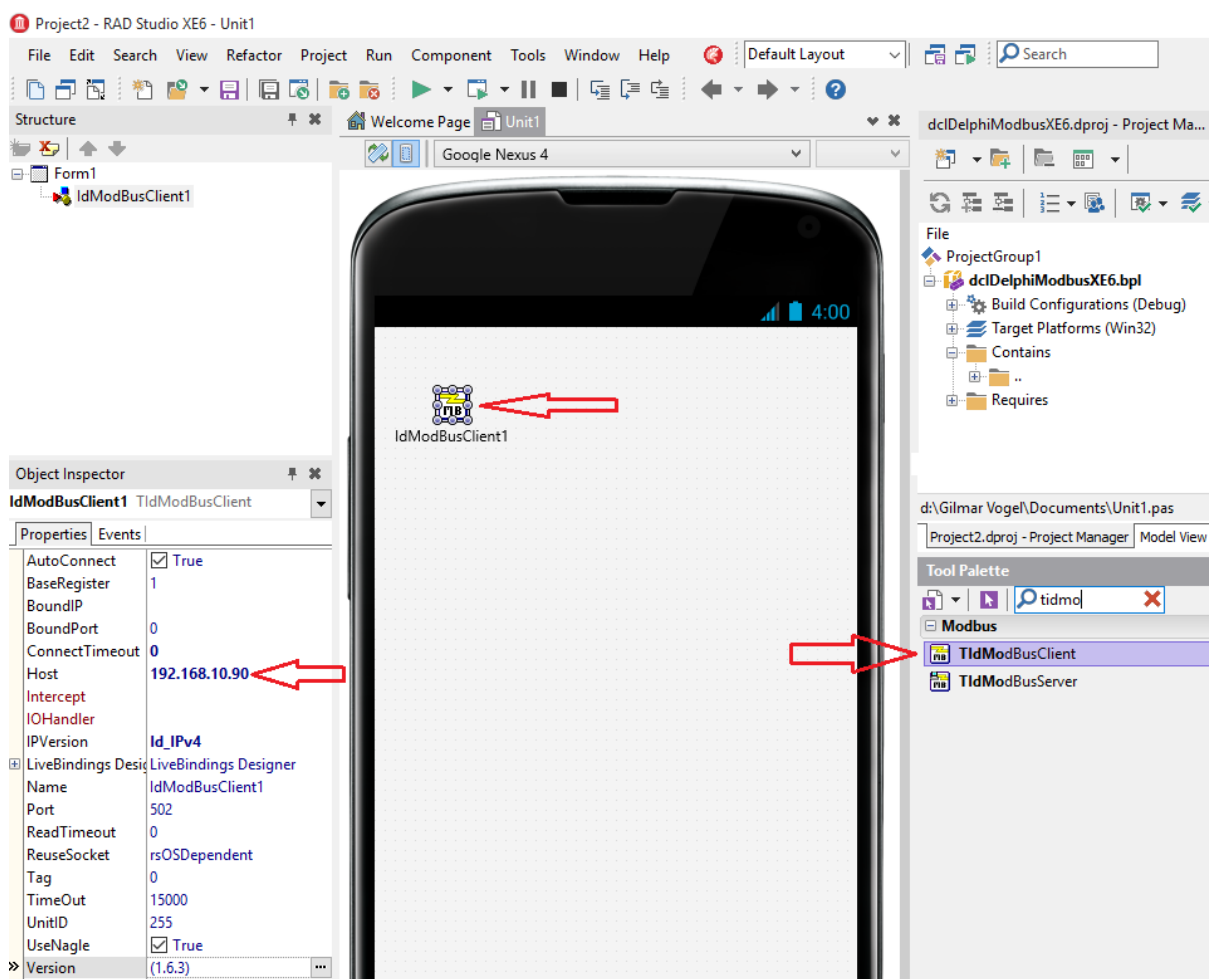


Figura 4.7 - Configuração Modbus no aplicativo

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

4.3 Configuração Wireless

A configuração Wireless do projeto se baseia em definir uma configuração DHCP no *Access Point* para que o *Smartphone* consiga receber um endereçamento IP que esteja na mesma faixa de IP do CLP e configurar uma reserva de IP ao controlador. Segundo Morimoto (2005), o DHCP permite que todos os equipamentos da rede recebam suas configurações de rede automaticamente a partir de um servidor central, nesse caso o *Access Point*, sem se que precise configurar os endereços manualmente em cada um.

No caso do CLP, deve-se reservar um IP fixo e atribuí-lo ao mesmo, pois toda vez que este se conectar à rede, deverá receber o mesmo IP. O IP atribuído a ele será o IP “192.169.10.90”, pois este também foi configurado no protocolo Modbus na configuração do CLP e também na configuração do aplicativo do *smartphone*, visto nos capítulos 4.1 e 4.2.

Caso isto não for efetuado, o DHCP poderá atribuir outro endereço ao CLP e não haverá comunicação do aplicativo com o controlador.

O detalhe do CLP fica por conta da comunicação física entre ele e o AP. Por padrão não há conectividade *wireless* disponível no controlador, deve se conectar um cabo *ethernet* entre os equipamentos para haver comunicação, conforme se visualiza na figura 4.8.

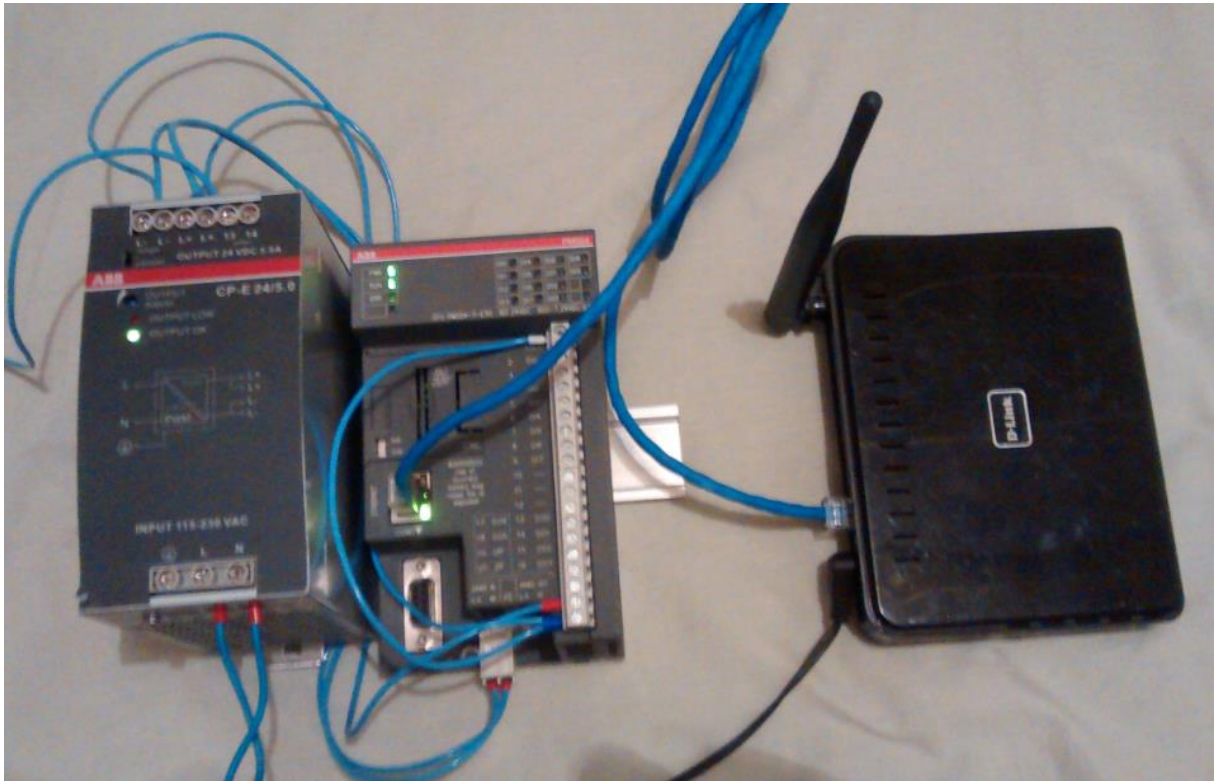


Figura 4.8 - Comunicação *Ethernet* entre CLP e *Access Point*
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

O *Access Point* utilizado neste trabalho foi da marca D-Link, modelo DIR-600. A tela inicial do AP é demonstrada na figura 4.9.

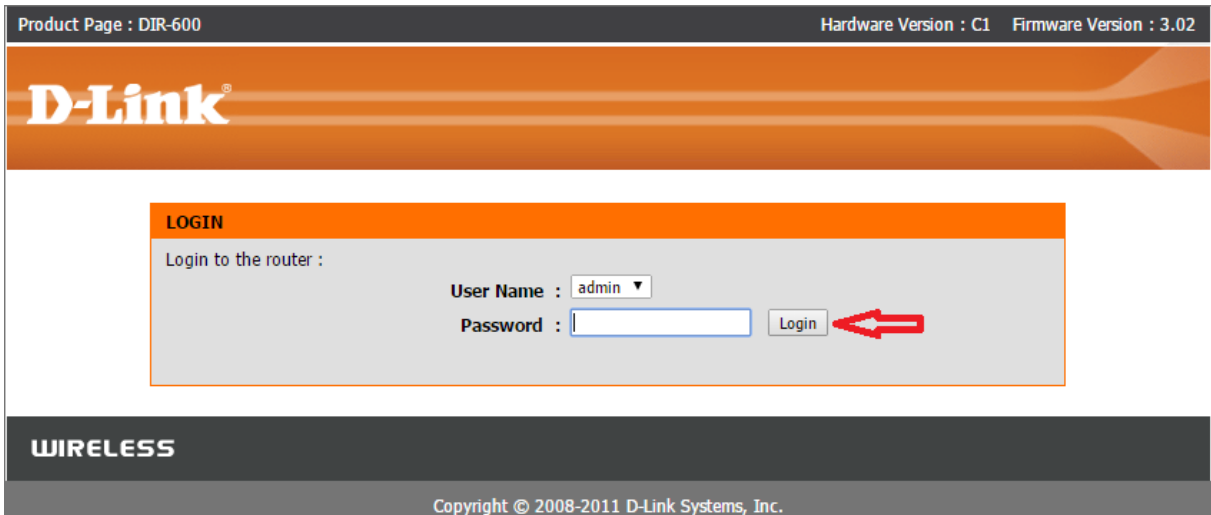


Figura 4.9 - Tela inicial DIR-600

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Após efetuado *login* no AP, o usuário é direcionado à tela de configuração. A figura 4.10 ilustra a configuração de rede do roteador em questão. Na seta 1 é informada a configuração de endereçamento IP do AP. Neste caso, foi definido o endereço “192.168.10.1”, sendo assim, o roteador atribuirá endereços IP “192.168.10.X”, sendo X a faixa de endereço que será definido a seguir. Na seta 2 da mesma figura, é definida a faixa de endereços no qual o DHCP irá atribuir a equipamentos que se conectem ao AP. Foi definido a faixa “90~199”, sendo assim, o roteador irá atribuir endereços entre “192.168.10.90” e ”192.168.10.199”.

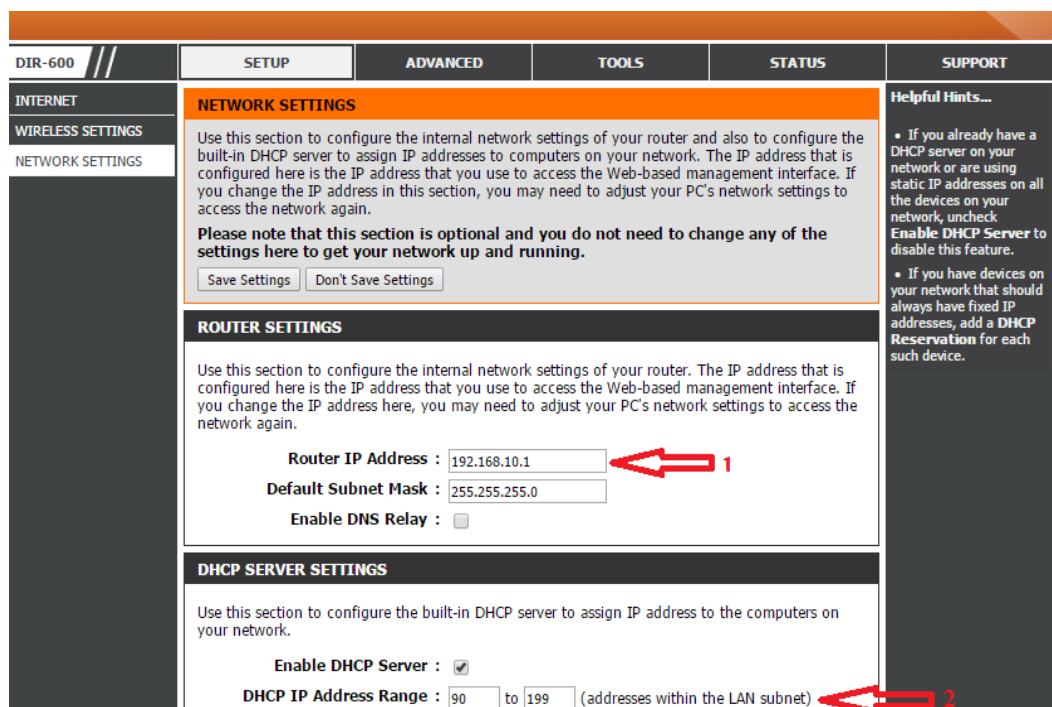


Figura 4.10 - Configuração de rede DIR-600

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Na tela de *setup* do AP, há ainda a configuração de reservas de endereços “*DHCP Reservation*”. Deve-se reservar o IP “192.168.10.90” para o CLP na opção “*IP Address*”, para que todas as demais configurações já efetuadas anteriormente tenham completa eficácia. O “*MAC address*”, é a identificação física do CLP. A figura 4.11 demonstra a configuração de reserva de IP para o controlador.

	Computer Name	IP Address	MAC Address	
<input checked="" type="checkbox"/>		192.168.10.90	00:24:59:02:03:09	<< Computer Name ▼

Figura 4.11 - Reserva de IP para CLP

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

A figura 4.12 ilustra a tela de configuração WI-FI avançado de um *smartphone*. Nesta tela, observa-se o endereço IP que foi atribuído aleatoriamente ao mesmo, podendo ser outro qualquer dentro da faixa de endereços disponíveis, mas não o mesmo que o CLP já tenha recebido. Pode-se visualizar que o endereço recebido pelo aparelho foi o “192.168.10.100”, sendo assim haverá a comunicação com o endereço do CLP, que é “192.168.10.90”.



Figura 4.12 - IP Smartphone
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

O subcapítulo de configuração *wireless* mostrou o passo a passo de configuração de atribuições de IPs ao CLP e também a um *smartphone*. Dessa maneira, é possível haver comunicação entre os dois equipamentos e, conseqüentemente, o funcionamento correto entre todos os dispositivos envolvidos.

CONCLUSÃO

A automação residencial não é mais hoje exclusiva à classe alta da sociedade, ela está acessível a outras classes sociais. O fato é que a modernidade está atingindo diversos lares brasileiros, e a domótica já é uma realidade que proporciona conforto e segurança a seus moradores, satisfazendo cada vez mais um número maior de pessoas. Mas, para que a domótica seja viável, é necessário uma infraestrutura adequada para poder receber os diversos recursos disponíveis. Essa infraestrutura se baseia na utilização de protocolos para que os componentes se comuniquem entre si.

Este trabalho teve como objetivo realizar um estudo geral sobre a automação residencial e os componentes necessários para ser implementada. Como foi visto, diversos tipos de automações podem ser realizadas em uma residência, e na proposta deste trabalho, um sistema domótico menos complexo, e mais acessível, visto que os componentes necessários são de fácil aquisição no mercado atual.

A automação do CLP foi parcialmente efetiva. Pôde-se desenvolver instruções de comandos com sucesso no sentido de controle de iluminação. Instruções para controle de ar condicionado foi possível somente o envio de um parâmetro de temperatura até a saída digital do CLP, de modo geral não se obteve controle por completo do ar condicionado, devido a indisponibilidade de emissores de infravermelho para envio de parâmetro diretamente ao condicionador de ar.

O desenvolvimento do aplicativo básico de *smartphone* para controle de dois componentes residenciais foi realizado com sucesso. De modo geral, nos testes realizados, foi visivelmente funcional, isto só foi possível após a integração entre os três equipamentos necessários, CLP, *Access Point* e *smartphone*, com isso obteve-se comunicação efetiva.

Algumas dificuldades foram encontradas durante o percurso deste trabalho, como por exemplo, problemas ao compilar o aplicativo para *smartphone* na versão android *lollipop*, o software Delphi XE6 não compila corretamente nesta versão do sistema operacional. Só foi possível compilar e executar o aplicativo na versão anterior *kitkat* do android.

Outra dificuldade foi a configuração do CLP no *software ABB configurator*, este programa só pode ser executado em sistema operacional *windows* 32 bits. Como o sistema utilizado no computador para desenvolvimento foi um sistema *windows* de 64 bits, foi

necessário instalar um programa no computador que simula um *windows* virtual de 32 bits. O programa utilizado para tal procedimento foi o *VirtualBox*.

Para trabalhos futuros, poderão ser realizados estudos da comunicação de CLP com emissores e receptores de IR, ou RF para se ter o aprendizado de comandos de equipamentos que possuem controles remotos e com isso obter controles completos de equipamentos que utilizam esta conectividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIEVI, César Adriano. **Automação Residencial com Utilização de Controlador Lógico Programável**. 2008. 84 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Feevale, Novo Hamburgo, 2008.

AURESIDE, (Associação Brasileira de Automação Residencial). 2014. **Empresas de Automação Residencial correm atrás de um hub**. Disponível em: <http://www.aureside.org.br/noticias_recentes/default.asp?file=01.asp&id=368>. Acesso em: março de 2015.

BOLZANI, Caio Augustus Morais. **Residenciais Inteligentes**. 2004. Editora da Física, São Paulo, 2004.

BOLZANI, Caio Augustus Morais. **Análise de Arquiteturas e Desenvolvimento de uma Plataforma para Residências Inteligentes**. 2010. 155 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.bolzani.com.br/artigos/msc.pdf>>. Acesso em: maio de 2015.

BRYAN, L. A, BRYAN, E. A. **Programmable Controllers - Theory and Implementation**. 2 ed. Atlanta: Industrial Text Company, 1997. Disponível em: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9275/2/Industrial_Text_and_Video_PLC_Reference.pdf>. Acesso em: março de 2015.

CASADOMO. **.Domótica - Introducción**. 2015. Disponível em: <<http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?c=14&m=21&idm=21&pat=20&n2=20>>. Acesso em: março de 2015.

CUNHA, Eduardo Henrique. **Automação predial com uso de CLP no aproveitamento de Águas Pluviais**. 2012. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Feevale, Novo Hamburgo, 2012.

DEXTER, (Indústria e Comércio de Equipamentos Eletrônicos Ltda). 2015. **Transmissor de Infravermelho para μ DX200**. Disponível em: <http://www.dexter.ind.br/wa_files/IR-TX_manual.pdf>. Acesso em: outubro de 2015.

DIAS, César Luiz de Azevedo. **DOMÓTICA: Aplicabilidade e Sistemas de Automação Residencial**. 2011. Rio de Janeiro, 2011.

DÍAZ, Oscar Moreno; PARDO, Jose Luís Aller; PULIDO, Ivan Mariano. **Domótica (Instalación y simulación)**. 2015 Disponível em: <<http://ocw.upc.edu/sites/default/files/materials/15012628/40441-3452.pdf>>. Acesso em: abril de 2015.

Electronica PT. **X10 - Casa Inteligente - Home Automation**. 2015. Disponível em: <<http://www.electronica-pt.com/content/view/70/>>. Acesso em: abril de 2015.

ESCHNER, Rodrigo Hommerding. **Sistema de Automação Residencial Baseado em Sensores ZigBee**. 2011. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/37175/000819983.pdf?sequence=1>>. Acesso em: abril de 2015.

FERREIRA, Rildo. **UML - Linguagem de UML Modelagem Unificada**. 2009. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/Ridlo/uml-1858376>>. Acesso em: outubro de 2015.

FILHO, Bernardo Severo da Silva. 1999. **Curso de Controladores Lógicos Programáveis**. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 1999. Disponível em: <<http://www.lee.eng.uerj.br/downloads/cursos/clp/clp.pdf>>. Acesso em: março de 2015.

FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. (2008) **Controladores Lógicos Programáveis - Sistemas Discretos**. 1ª edição. São Paulo, SP, Editora Érica. 2008.

GONÇALVES, T. A. V. **Projeto e Implementação de uma aplicação de pequena rede industrial para controle de ETAR**. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Eletrônica Industrial e Computadores, Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2009.

MELLO, Marilourdes da Silva. **CLP - Controlador Lógico Programável**. 2015. Disponível em: <http://www.ice.edu.br/TNX/encontrocomputacao/artigos-internos/aluno_marilourdes_silva_clp.pdf>. Acesso em: março de 2015.

MOREIRA, Lucia. **Sensores de Temperatura: Princípios e Aplicações**. 2002. Sorocaba – SP. Help Temperatura e Metrologia Treinamento e Consultoria, 2002. 135p.

MORIMOTO, Carlos E. 2005. **Índice do Dicionário Técnico – DHCP**. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/termos/dhcp>>. Acesso em: outubro de 2015.

MORRISS, S. Brian. **Automated Manufacturing Systems: Actuators, Controls, Sensors, and Robotics**. New York: Glencoe/McGraw-Hill. 1995.

MURATORI, José Roberto; DAL BÓ, Paulo Henrique. **Automação Residencial – Conceitos e Aplicações**. 2 ed. Belo Horizonte, MG: Educere, 2014. 200 p.

NATALE, Ferdinando. **Automação Industrial**. São Paulo, SP, Editora Érica. 2003.
NOGUEIRA, T. A. **Redes de Comunicação para Sistemas de Automação Industrial**. Monografia Engenharia e Controle de Automação, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2009.

OSORIO, A. S; FILHO, J. D; MAISSA, C. S; PIMENTEL, V. C. P. **Automação Residencial**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010. Disponível em: <http://www.aureside.org.br/temastecnicos/automacao_residencial_final.pdf>. Acesso em: março de 2015.

PRUDENTE, Francesco. **Automação industrial: PLC, teoria e aplicações: Curso básico**. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 262 p.

PRUDENTE, Francesco. **Automação Predial e Residencial: uma Introdução**. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2011. 211 p.

SILVA, Bruna Roberta Seewald. **Sistema de automação residencial de baixo custo para redes sem fio**. 2014. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/101188/000931903.pdf?sequence=1>> Acesso em: março de 2015.

SILVA, Danise Susy. **Desenvolvimento e Implementação de um Sistema de Supervisão e Controle Residencial**. 2009. Rio Grande do Norte: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009. Disponível em: <<http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/15219/1/DaniseSS.pdf>>. Acesso em: abril de 2015.

SILVA, Luís Filipe Gomes da. **Automação em Ambientes Residenciais**. 2008. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2008. Disponível em: <<http://paginas.fe.up.pt/~ee07367/wordpress/wp-content/uploads/2013/03/2010000495.pdf>>. Acesso em: junho de 2015.

SILVEIRA, Paulo Rogério; SANTOS, Winderson Eugenio. **Automação e controle discreto**. 5º ed. São Paulo: Editora Érica, 2003.

TELECO, (Inteligência em Telecomunicações). **Redes LAN/MAN Wireless I: Padrões 802.11 a, b e g**. 2006. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialr wlanman1/default.asp>>. Acesso em: abril de 2015.

TELECO, (Inteligência em Telecomunicações). **Redes Wi-Fi: O Padrão IEEE 802.11n**. 2015. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialwifiiee/default.asp>>. Acesso em: abril de 2015.

TERUEL, Evandro. Carlos. **Uma proposta de framework para sistemas de automação residencial com interface para WEB**. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2008. 158 p. Disponível em: <<http://www.centropaulasouza.sp.gov.br/pos-graduacao/trabalhos-academicos/dissertacoes/tecnologias-de-informacao-aplicadas/2008/evandro-carlos-teruel.pdf>> Acesso em: abril de 2015.