



UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

DAYANE FREIRE FERNANDES

WILSON RAPHAEL TOMASI DE ANDRADE

**SISTEMA PARA CONTROLE DE ILUMINAÇÃO RESIDENCIAL COM USO DA
PLATAFORMA ARDUINO**

Palhoça
2018

DAYANE FREIRE FERNANDES
WILSON RAPHAEL TOMASI DE ANDRADE

**SISTEMA PARA CONTROLE DE ILUMINAÇÃO RESIDENCIAL COM USO DA
PLATAFORMA ARDUINO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica Telemática da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Fábio Ignácio da Rosa

Palhoça
2018

DAYANE FREIRE FERNANDES
WILSON RAPHAEL TOMASI DE ANDRADE

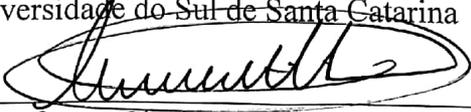
**SISTEMA PARA CONTROLE DE ILUMINAÇÃO RESIDENCIAL COM USO DA
PLATAFORMA ARDUINO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Eletricista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Elétrica Telemática da Universidade do Sul de Santa Catarina.

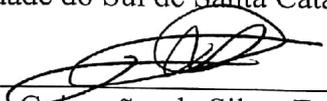
Palhoça, 28 de Junho de 2018.



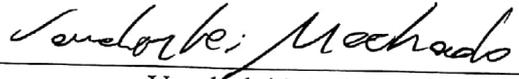
Professor e orientador Fábio Ignácio da Rosa, Eng.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Professor Clécio Marquetti, Eng.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Robson Guimarães da Silva, Eng.
Statkraft Energias Renováveis S.A.



Vanderlei Machado, Eng.
Dígito Tecnologia S.A.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao nosso orientador, professor Fábio, por todo apoio durante este trabalho. Aos nossos professores pelos ensinamentos durante esta caminhada. Aos membros da banca, pelo auxílio e contribuição.

Às nossas famílias, amigos e colegas de turma, que de alguma forma nos acompanharam, ajudaram e nos incentivaram nesta jornada.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”. Cora Coralina.

RESUMO

Os compromissos e obrigações do dia a dia demandam de grande agilidade, envolvimento e disciplinas das pessoas. Com isso, atualmente a sociedade busca cada vez mais por sistemas e equipamentos automatizados, que nos auxiliem nessas atividades diárias, devido a grande demanda de afazeres, procurando maior facilidade, aprimoramento de tarefas domésticas, otimização do tempo e conforto. É o que chamamos de *domótica*, que é a ato de automatizar algum processo.

O presente trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de um sistema de automação residencial de baixo custo utilizando a plataforma Arduino®, para o controle de algumas tarefas básicas em uma residência. Todo o sistema de automação é programado e compilado no *software* LDmicro, em linguagem de programação *Ladder* e posteriormente convertido para linguagem de programação do Arduino®, *Processing*.

A solução propõe o emprego de sensores e dispositivos de baixo custo para integração com o Arduino®, visando à possibilidade de conceder uma automação residencial acessível às famílias que possuem um poder aquisitivo mais baixo.

Palavras-chave: Automação residencial. *Domótica*. Arduino. Linguagem de programação *Ladder*.

ABSTRACT

A person's daily commitments and obligations require much agility, involvement and discipline. For this reason, society is continuously searching for automated equipment and systems in order to assist us in our daily tasks, due to a great amount of obligations, with the intent of providing more facility, improving household tasks, optimizing time and providing comfort. It is what we call domotics, which is the act of automating a process.

The purpose of this research is to develop a low-cost residential automation system using the Arduino® platform to control a few basic tasks in a home. The entire automation system is programmed and compiled into LDmicro software, in Ladder programming language, and later converted into Arduino® programming language, Processing.

The solution proposes the use of low-cost sensors and devices for integration with Arduino®, aiming at the possibility of granting affordable residential automation to families with lower purchasing power.

Keywords: Residential automation. Domotics. Arduino. Ladder programming language.

LISTA DE SIGLAS

AURESIDE – Associação Brasileira de Automação Residencial

CDC – *Communication Device*

CLP – Controlador Lógico Programável

DVR – *Digital Video Recorder*

I/O – *Input/output*

ICSP – *In Circuit Serial Programming*

IDE – *Integrated Development Environment*

LED – *Light Emitting Diode*

MHz – Megahertz

ONG – Organização não Governamental

PIR – *Passive InfraRed*

PWM – *Pulse Width Modulation*

USB – *Universal Serial Bus*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Diagrama em blocos do sistema proposto	17
Figura 2 - A integração e automação dos sistemas <i>domóticos</i> de uma residência	20
Figura 3 - Sistemas automatizados existentes em uma residência	21
Figura 4 - Arquitetura centralizada.....	24
Figura 5 - Arquitetura descentralizada	25
Figura 6 - Arduino UNO	27
Figura 7 - Arduino MEGA 2560	27
Figura 8 - Arduino LEONARDO	28
Figura 9 - Arduino MICRO	29
Figura 10 - Arduino NANO	29
Figura 11 - Sensor de pressão – manômetro	31
Figura 12 - Sensor magnético de abertura	32
Figura 13 - Sensor infravermelho passivo.....	33
Figura 14 - Partes constituintes de um contator	34
Figura 15 - Representação da linguagem <i>Ladder</i>	35
Figura 16 - Estrutura da linguagem <i>Ladder</i>	36
Figura 17 - Exemplo de simbologias de entradas e saídas da linguagem <i>Ladder</i>	36
Figura 18 - Exemplos de simbologia da linguagem <i>Ladder</i>	37
Figura 19 - Circuito com chaveamento em paralelo (a) e diagrama na linguagem <i>Ladder</i> (b).....	38
Figura 20 - Visão geral da situação atual	39
Figura 21 - Visão da proposta do trabalho	40
Figura 22 - Plataforma de programação do LDmicro.....	41
Figura 23 - Representação do sensor magnético de abertura de janela.....	42
Figura 24 - Parte do código <i>Ladder</i> do controle de abertura das janelas	42
Figura 25 - Partes do esquema elétrico para controle de abertura das janelas (a) e (b)	43
Figura 26 - Representação dos sensores LED e interruptor de acionamento da iluminação....	44
Figura 27 - Parte do código <i>Ladder</i> do controle de iluminação	45
Figura 28 - Partes do esquema elétrico para controle de iluminação (a) e (b)	46
Figura 29 - Parte do código <i>Ladder</i> do controle de iluminação	47
Figura 30 - Partes do esquema elétrico para controle de iluminação (a) e (b)	47
Figura 31 - Parte do código <i>Ladder</i> para controle de iluminação	48
Figura 32 - Partes do esquema elétrico para controle de iluminação (a) e (b)	48

Figura 33 - Parte do código <i>Ladder</i> para controle do portão de entrada.....	49
Figura 34 - Partes do esquema elétrico para controle do portão de entrada (a) e (b).....	50
Figura 35 - Parte do código <i>Ladder</i> para integração com sistema de monitoramento	50
Figura 36 - Partes do esquema elétrico para integração com sistema de monitoramento (a) e (b)	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Entradas e saída do controle de abertura das janelas no código <i>Ladder</i>	43
Tabela 2 - Entradas e saídas do controle de iluminação no código <i>Ladder</i>	48
Tabela 3 - Levantamento de custos dos materiais utilizados	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 TEMA	13
1.2 PROBLEMA.....	15
1.3 JUSTIFICATIVA	16
1.4 OBJETIVOS	16
1.4.1 Geral.....	16
1.4.2 Específico	16
1.5 DELIMITAÇÃO.....	17
1.6 PROPOSTA DA SOLUÇÃO	17
1.7 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	18
1.8 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1 AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	19
2.1.1 Benefícios da automação residencial	22
2.1.1.1 Segurança	22
2.1.1.2 Conforto.....	22
2.1.1.3 Economia.....	23
2.1.1.4 Acessibilidade.....	23
2.1.2 Tecnologias para automação residencial	24
2.1.3 Mercado da automação residencial	25
2.1.4 Solução Arduino	26
2.1.5 Escalabilidade do Arduino	29
2.1.6 Arduino como solução para Automação Residencial	30
2.1.7 Dispositivos de interface	30
2.1.7.1 Sensores.....	31
2.1.7.2 Sensores de pressão	31
2.1.7.3 Sensores magnéticos de abertura.....	32
2.1.7.4 Sensores de presença e de movimento	32
2.1.7.5 Atuadores.....	33
2.1.7.6 Relés	33
2.1.8 Linguagem de programação do Arduino	34
2.2 LINGUAGEM <i>LADDER</i>	34

2.2.1 Diagrama <i>Ladder</i>	36
3 DESENVOLVIMENTO	39
3.1 FERRAMENTA DE DESENVOLVIMENTO <i>LADDER</i>	40
3.2 CONTROLE DE ABERTURA DAS JANELAS	41
3.3 CONTROLE DE ILUMINAÇÃO	44
3.4 CONTROLE DE ABERTURA/FECHAMENTO DO PORTÃO DE ENTRADA	49
3.5 INTEGRAÇÃO SIMPLES COM O SISTEMA DE MONITORAMENTO	50
3.6 LEVANTAMENTO DE CUSTOS	51
3.7 DEFICIÊNCIAS DO SISTEMA	52
4 CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS	55
ANEXOS	58
ANEXO A - CÓDIGO <i>LADDER SOFTWARE</i> LDMICRO MÓDULO 1	59
ANEXO B - CÓDIGO <i>LADDER SOFTWARE</i> LDMICRO MÓDULO 2	61
ANEXO C - ESQUEMA ELÉTRICO MÓDULO 1	62
ANEXO D - ESQUEMA ELÉTRICO MÓDULO 2	63

1 INTRODUÇÃO

Descrevem-se neste capítulo as definições gerais do projeto: tema, problema, justificativa, objetivo, delimitação e proposta da solução.

1.1 TEMA

Com o crescimento da tecnologia, o uso de sistemas automatizados está cada vez mais se tornando algo indispensável para a maioria da população. Esta dependência possui grande abrangência no cotidiano da sociedade, onde, dentre as aplicações pode-se citar as realizações domésticos, como também a segurança pessoal e patrimonial da família. Este movimento guiado pela tecnologia tem como objetivo aumentar a qualidade de vida das pessoas, auxiliando ainda em uma diminuição das tarefas domésticas e redução dos custos com serviços básicos no dia a dia das famílias. Para atender esta demanda, surgiu então a *domótica*. O termo *domótica*, nasceu da fusão da palavra “*Domus*”, que significa casa, com a palavra “*Robótica*”, que está ligada ao ato de automatizar, isto é, realizar ações de forma automática.

Segundo Muratori e Dal Bó (2011):

Domótica é a automatização e o controle aplicados à residência. Esta automatização e controle se realizam mediante o uso de equipamentos que dispõem de capacidade para se comunicar interativamente entre eles e com capacidade de seguir as instruções de um programa previamente estabelecido pelo usuário da residência e com possibilidades de alterações conforme seus interesses. Em consequência, a *domótica* permite maior qualidade de vida, reduz o trabalho doméstico, aumenta o bem-estar e a segurança, racionaliza o consumo de energia e, além disso, sua evolução permite oferecer continuamente novas aplicações.

Este conceito de automação busca soluções que deem resposta à necessidade do homem de querer realizar o mínimo esforço nas atividades diárias e rotineiras. Assim, a *domótica*, além de introduzir conforto e melhoria de vida aos seus utilizadores, introduz ainda novos conceitos, tais como a comunicação e segurança. Esta concepção utiliza e associa as vantagens dos meios eletrônicos e informáticos, de forma a obter uma utilização e uma gestão integrada dos diversos equipamentos de um edifício ou uma casa, permitindo assim o controle do sistema de forma mais automatizada. Como exemplo podemos citar a economia de energia, sendo utilizada somente quando necessário, onde podem ser criadas programações de acordo com interesse do usuário. Outro fator é a vigilância eletrônica com monitoramento à distância, com envio de alarmes e imagens via celular. Dessa forma, a facilidade do controle remoto e

do acesso às funções do mesmo, através da Internet ou do telemóvel, deixa de ser uma utopia para ser uma realidade dos nossos dias. Diversas são as possibilidades de automação residencial, dentre elas podemos citar:

- **Controle de iluminação:** Controladores com funções de regular intensidade, podendo reduzir consumo de energia, associado a sensores de movimento e de luminosidade, sem preocupação de apagar as luzes quando um cômodo fica vazio, ou ligar uma iluminação externa quando começa a escurecer;
- **Segurança:** Com o auxílio de sensores é possível identificar fuga de gás, inundações, incêndios. A segurança na detecção de intrusos também é relevante e levada em consideração pelo sistema, com o uso de sensores de movimento. Abertura de portão de entrada. Controle de acesso de pedestres e veículos.
- **Climatização:** Controle no acionamento de ar condicionado, ventilação, monitoramento de janelas, cortinas e persianas.

No quesito segurança, podemos destacar a reportagem abaixo, divulgada em 2017.

Índice aponta Brasil como 11º país mais inseguro do mundo. A ONG americana *Social Progress Imperative* mantém um *ranking* da qualidade de vida em 132 países, o Índice de Progresso Social. Entre os principais aspectos analisados, está a segurança pessoal, em que o Brasil aparece como o 11º país mais inseguro do mundo. Para avaliar o nível de segurança de cada país, cinco critérios foram examinados: número de homicídios, de crimes violentos, percepção da criminalidade, terrorismo e mortes no trânsito. Em uma escala de 0 a 100, com 0 para a máxima insegurança, o Brasil recebeu 37,5 pontos. Como país mais inseguro do mundo, aparece o Iraque, com 21,5 pontos. Do outro lado do *ranking*, como país mais seguro, aparece a Islândia, com 93,4 pontos. (FUENTES, 2017).

A violência e insegurança são preocupações crescentes na vida dos brasileiros, tanto na cidade como no campo. Como fator relevante e considerado um dos grandes motivos da ascensão da violência no Brasil está o tráfico de drogas e entorpecentes, ganhando proporções alarmantes e atingindo todas as classes sociais. No primeiro semestre de 2017, de acordo com dados das secretarias de segurança pública, o Brasil chegou a 28,2 homicídios dolosos, lesões corporais seguidas de morte e latrocínios. (CARVALHO, 2017).

Com base nos dados citados acima, o uso de sistemas de *domótica* pode ser um aliado em nossas residências em diversos aspectos, não somente pela segurança, como também pelo conforto, economia, praticidade e diminuição de atividades manuais, proporcionando diversos benefícios aos usuários, trazendo a sensação de melhoria de vida e bem-estar.

1.2 PROBLEMA

Atualmente, os compromissos diários requerem maior agilidade e disciplina das pessoas, acarretando assim em um maior desgaste ao final de mais um dia de trabalho. Esta condição conduz a sociedade a buscar por sistemas automatizados que possibilitem maior comodidade, conforto e aperfeiçoamento de afazeres domésticos, conforme destaca Bolzani (2007).

É fato que nos últimos anos a automação residencial tem novamente despertado o interesse das pessoas. A computação pessoal e a internet são as principais responsáveis pela naturalidade com que conversamos sobre tecnologias em nossas casas usando um jargão antes restrito apenas aos analistas de sistemas. Muitos já fazem da automação residencial sua fonte principal de recursos, seja desenvolvendo e construindo novos equipamentos, seja integrando-os.

O grande apelo por sistemas automatizados, esta no fato de que estes possam centralizar todo o controle da automatização da residência, garantindo assim maior facilidade de operação do mesmo, quanto flexibilidade em manutenção quando se fizer necessário.

A automação residencial tem demonstrado que a integração de dispositivos eletroeletrônicos e eletromecânicos aumenta consideravelmente os benefícios, se comparados com sistemas isolados, de eficiência limitada. É também uma aliada na redução de consumo de recursos como água e energia elétrica, além de trazer maior conforto e segurança aos usuários. (BOLZANI, 2007).

A automação no médio e longo prazo conduz a uma economia financeira devido ao controle mais eficaz dos gastos gerados com necessidades básicas. A reportagem de Daniel Tremel, na Folha de São Paulo, ganha destaque com o tema “automação residencial quer ganhar o morador pela economia”, garantindo uma redução de energia de 20 a 30%. E o retorno do investimento é em média de sete anos. (TREMEL, 2013).

Para atender as demandas destacadas anteriormente, uma gama de sistemas para automação residencial podem ser encontrados no mercado, no entanto, em maioria, tais sistemas são proprietários e não permitem a interação com periféricos de diferentes empresa. Somado a esta dependência, apesar dos custos com as soluções para automação residencial apresentarem uma redução nos últimos anos, os valores ainda são altos, conforme destaca a revista Saber Eletrônica.

O preço da automação custava cerca de 5% do valor do imóvel, agora representa apenas 3%. Porém, mesmo com essas quedas de preços, o custo para automatizar uma casa ainda é alto quando se trata de uma automação simples para uma residência de classe média, visto que esta classe, ainda não vê com bons olhos a automação residencial devido ao seu alto investimento. Contudo, soluções de baixo custo são alternativas para este tipo de automação de pequenas e médias residências, buscando assim uma maior aceitação da automação residencial nesta classe social. (SILVA; CARVALHO, 2012).

Com base no exposto acima, apesar dos benefícios que a automação residencial agrega para o dia a dia das pessoas, o principal problema acerca da *domótica* é o seu alto custo, tornando-se acessível apenas a poucas famílias, as quais possuem condições financeiras para tal investimento. Assim, este trabalho tem como objetivo, propor uma solução de baixo custo para automação residencial, utilizando como solução de *hardware* a plataforma Arduino®, possibilitando obter custos inferiores quando comparado aos sistemas atuais encontrados no mercado.

1.3 JUSTIFICATIVA

O mercado para sistemas de automação residencial aumentou rapidamente nos últimos anos, tendo como subsídio para isso o surgimento de novas tecnologias e equipamentos que sustentam essa evolução. Esse movimento é motivado pela necessidade de facilitar as tarefas realizadas pela sociedade, fornecendo também um melhor controle das despesas com serviços básicos para a sobrevivência humana. No entanto, os sistemas disponíveis atualmente no mercado para atender essas demandas apresentam soluções proprietárias e com custo elevado, não estando ao alcance de todos. Assim, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema para automação residencial de baixo custo mediante o uso da plataforma Arduino®. Tal solução propõe realizar um controle sobre a iluminação, abertura de portão e monitoramento de janelas, bem como a integração com um simples sistema de monitoramento.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Geral

Desenvolver um sistema de automação residencial de baixo custo mediante o uso da plataforma Arduino®, que possa realizar o controle de algumas tarefas básicas em uma residência.

1.4.2 Específico

- Estudo do uso da plataforma Arduino®;

- Estudo da linguagem *Ladder* para programação do Arduino®;
- Pesquisar sensores de baixo custo disponíveis no mercado que possam ser utilizados na solução para integração com o Arduino®.

1.5 DELIMITAÇÃO

O sistema proposto neste trabalho fica restrito ao desenvolvimento da solução para uma residência modelo. Vale ressaltar também, que este trabalho não contempla qualquer tipo de implantação física na residência modelo, ficando limitado apenas ao desenvolvimento da solução, juntamente com simulações para comprovar o funcionamento do mesmo.

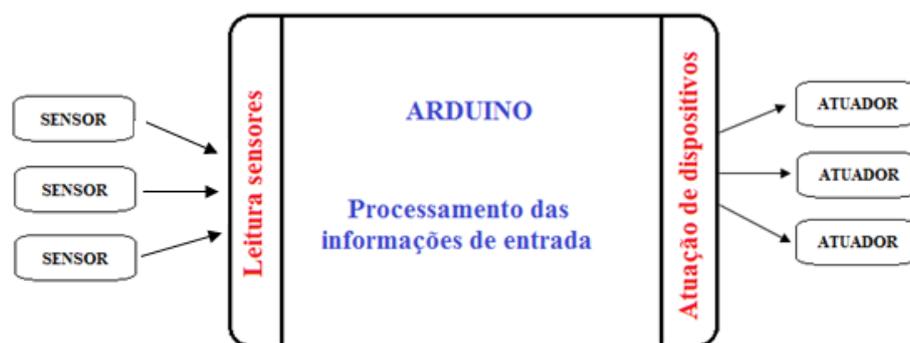
1.6 PROPOSTA DA SOLUÇÃO

A proposta deste trabalho é a concepção de um sistema de automação residencial de baixo custo. Tal solução objetiva o controle no acionamento de lâmpadas, bem como o controle de portão e o monitoramento de janelas, os quais atualmente ocorrem de modo totalmente manual. Os processos os quais serão automatizados são destacados a seguir:

- Controle de abertura das janelas;
- Controle de iluminação;
- Controle de abertura/fechamento do portão de entrada;
- Integração simples com o sistema de monitoramento.

Abaixo segue uma ilustração em diagrama em blocos acerca do sistema.

Figura 1 - Diagrama em blocos do sistema proposto



1.7 METODOLOGIA DE PESQUISA

Este trabalho consiste de uma pesquisa bibliográfica, pois busca conhecimentos em livros, artigos ou fontes fidedignas. Tal solução é apresentada através da simulação do sistema automatizado em ambiente dedicado, permitindo assim que se possa avaliar o funcionamento do sistema.

1.8 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA

Para que se tenha uma visão clara e objetiva deste trabalho, o conteúdo do mesmo foi organizado da seguinte forma:

- **Capítulo 1:** Apresenta as definições do projeto, tais como: tema, problema, justificativa, objetivos, delimitações, proposta da solução e metodologia de pesquisa.
- **Capítulo 2:** Apresenta a fundamentação teórica, necessário para o desenvolvimento do trabalho.
- **Capítulo 3:** Apresenta o desenvolvimento da solução, funcionamento e simulações do projeto.
- **Capítulo 4:** A conclusão do trabalho é apresentada neste capítulo, como também os problemas enfrentados no decorrer do seu desenvolvimento.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados os fundamentos teóricos em que se baseia este trabalho. Como definição de automação residencial, o conceito da plataforma Arduino® e a linguagem de programação utilizada no desenvolvimento.

2.1 AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

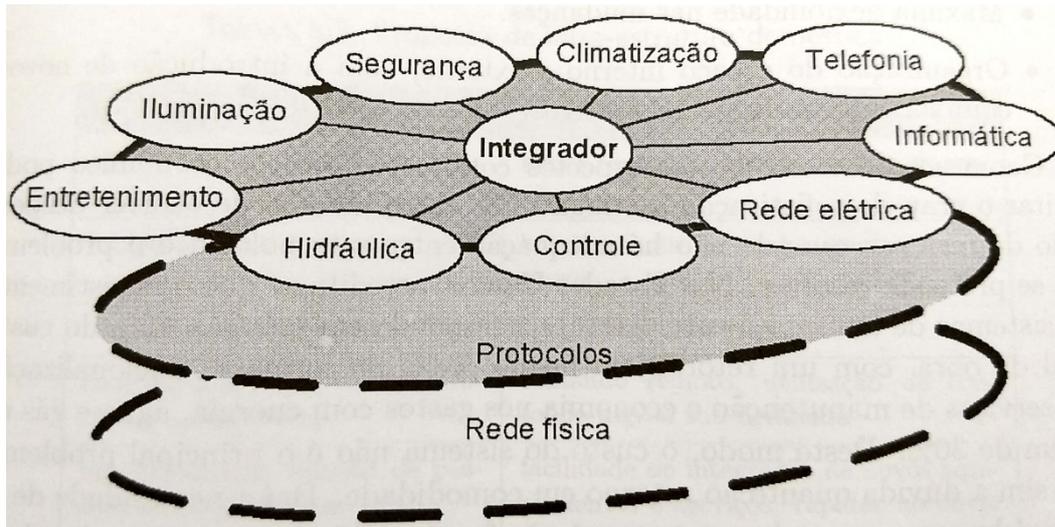
Automação residencial é a utilização da tecnologia para promover, facilitar e tornar automáticas algumas tarefas do dia a dia de uma residência, o qual seriam realizadas por seus moradores. Segundo Prudente (2011, p. 1):

A automação predial e residencial (em inglês, *home & building automation*) é a tecnologia que estuda a automação de um prédio ou habitação. *Domótica* é o termo muitas vezes utilizado para identificar a automação residencial (*home automation*), que deriva do neologismo francês “domotique”, que significa literalmente “casa automática”. A automação residencial refere-se a uma unidade habitacional particular (por exemplo, uma residência ou um apartamento).

No conceito de automação residencial, o termo *domótica* também é muito utilizado, possuem os mesmos princípios, que se baseiam em propiciar a interação do morador com os equipamentos dentro da sua residência, restringindo ao máximo o contato. Para isso, emprega a tecnologia para facilitar e tornar automáticas algumas atividades e afazeres diários dos residentes. Como exemplo, atualmente, as residências possuem diferentes sistemas automatizados, como: telefonia, rede elétrica, segurança, iluminação, climatização, hidráulica e gás. Assim, também permite poupar tempo com afazeres repetitivos, economia de energia e dinheiro, aumento do conforto e segurança. (BOLZANI, 2004, p. 52).

A ilustração a seguir fundamenta a integração da *domótica* com sistemas tecnológicos de uma residência. Com essa tecnologia é possível integrar e conectar várias instalações, como exemplos, comandos de portas e janelas, comando e controle de sistemas de alarmes e controle de acesso. Os protocolos são o conjunto de padrões de comunicação, que regulam o formato e a troca de informações entre os sistemas. A rede física representa o meio de interligação dos equipamentos, podendo ser guiado (cabos, conectores) ou não.

Figura 2 - A integração e automação dos sistemas *domóticos* de uma residência



Fonte: BOLZANI, 2004.

Para um perfeito funcionamento desses sistemas, é necessário um bom planejamento e orçamento, saber o que pode ser instalado em cada cômodo da casa e seus custos. E projetar a integração desses sistemas, conhecendo as opções disponíveis, necessidades e limitações do usuário. De acordo com Bolzani (2004, p.58) existem quatro regras a serem seguidas para o sucesso do integrador de sistemas residenciais:

- 1º. Assimilar os requisitos e objetivos a atingir: conhecer as pessoas envolvidas na execução da obra, desde o usuário, engenheiro, arquiteto, mestre encarregado até fornecedores de materiais e demais profissionais envolvidos na execução do projeto.
- 2º. Compreender a tecnologia: conhecer todas as soluções disponíveis e estar atualizado.
- 3º. Pesar os prós e os contras: basear sua escolha em critérios pré-estabelecidos tais como limitações de custo de necessidades. Compreender as tendências da tecnologia e reconhecer quando o sistema se torna obsoleto ao longo do tempo.
- 4º. Identificar as escolhas tecnológicas criativas: direcionar seu projeto a fim de criar ou aumentar as perspectivas e oportunidades de todos que irão utilizar o sistema.

A comunicação e integração entre os dispositivos são de importância fundamental para a elaboração do projeto e funcionamento, para que o sistema possua uma padronização, tornando-o eficaz, e podendo ser ampliado futuramente, de acordo com a necessidade. Isso

aumenta consideravelmente os benefícios, se comparados com os sistemas isolados, de eficiência limitada. Essa padronização de vários aspectos e diferentes empresas está tornando-os capazes de se conectar uns aos outros. (AURESIDE, 2016).

A seguir podemos observar um exemplo de alguns sistemas automatizados em uma residência.

Figura 3 - Sistemas automatizados existentes em uma residência



Fonte: GUERRA, 2006.

Na figura 3, pode-se observar alguns processos automatizados em uma residência, como o acionamento de lâmpadas mediante a intensidade de luz solar existente no local, ou ainda, o monitoramento de ambientes de forma remota, através do uso de sistema de monitoramento interligado a rede de dados, controle de acesso por biometria, controle de abertura e fechamentos das persianas, detector de gás em caso de vazamentos, entre outros.

2.1.1 Benefícios da automação residencial

A automação residencial proporciona soluções ao nível de conforto, segurança, economia, utilizando a tecnologia e substituindo várias atividades de rotina por processos automatizados e pré-programados, simplificando a vida do habitante dentro do domicílio e facilitando a sua interação com o ambiente. A seguir será explanado alguns desses benefícios.

2.1.1.1 Segurança

O item segurança é uma das maiores vantagens da automação residencial e um dos principais motivos do crescimento dessa tecnologia, onde implica na proteção da residência e dos seus moradores. Sendo, em questões de assaltos, intrusos ou até mesmo acidentes domésticos, como incêndios, inundações, fugas de gás. Como exemplos:

- Sistemas de proteção por meio de fechaduras eletrônicas e de câmeras para controle sobre o que acontece dentro e fora de residência.
- Controles de acesso através de leitores biométricos ou leitura digital da íris, identificando todas as pessoas que possuem acesso às dependências.
- O chamado botão de pânico que avisa as empresas de segurança, alertando sobre algo grave. São normalmente colocados em locais discretos, onde somente os moradores sabem a localização.
- Alarmes de vazamentos, incêndio ou inundações.

Para Bolzani (2004, p.83) a segurança patrimonial é um dos sistemas mais procurados pelos usuários, onde é indispensável criar soluções que sejam compatíveis, complementares e que cumpram essencialmente os seguintes pontos: prevenção, detecção e alarmes, identificação, retardo e reação. Sendo itens básicos em um sistema de segurança. Contudo, para que esses pontos sejam observados de maneira eficaz, é necessário um fluxo de informações com confiabilidade, rapidez e segurança na transmissão entre os sensores e a central.

2.1.1.2 Conforto

Com a automação de algumas atividades diárias, através de rotinas pré-programadas e otimização de diversas tarefas, a sensação de conforto e comodidade aumenta consideravelmente ao usuário. Produzindo ambientes mais agradáveis sem muito esforço e

dificuldade. Observamos abaixo algumas tecnologias de como a automação residencial pode proporcionar conforto aos moradores.

- Controle de intensidade de iluminação e temperatura, promovendo clima agradável e aconchegante.
- Acionamento automático de luzes dos cômodos, com uso de sensores de presença.
- Controle de irrigação de jardim/horta, através de um horário pré-programado.
- Comandos automáticos de abertura/fechamento de portas e janelas.
- Controle elétrico de cortinas e persianas.

2.1.1.3 Economia

A automação residencial conta com uma gama de sistemas que possibilitam controlar vários ambientes da casa, onde a economia de energia é mais uma das suas principais vantagens e objetivo. Proporcionando uma gestão otimizada do consumo de energia e conduzindo na economia dos custos energéticos. Bolzani (2004, p. 76) destaca que a redução do consumo de energia de uma residência pode ser atingida com o uso de programas de gerenciamento de energia, aliados a sensores, atuadores, podendo aperfeiçoar a utilização dos equipamentos domésticos, sobretudo os de alto consumo de energia, admitindo um uso consciente e inteligente da energia. O controle de portas, janelas e cortinas permitem uma maior utilização da luz natural, contudo, controlando a incidência solar direta para não sobrecarregar o ar condicionado.

2.1.1.4 Acessibilidade

Outro benefício da automação residencial consiste em promover uma qualidade de vida mais independente para idosos e pessoas com alguma deficiência (visual, por exemplo), permitindo que os mesmos possam contar com ajuda da tecnologia, possibilitando conforto em suas casas e auxílio nas atividades, onde muitas das vezes, devido às limitações, quase nunca conseguem realizar alguma tarefa simples, trabalharem ou até mesmo morarem sozinhos.

Se a *domótica* tem representado a comodidade para as pessoas sem limitações motoras, fica fácil prever a sua grande importância se for colocada a serviço da superação das possíveis limitações que um problema de ordem física pode ocasionar ao seu portador. (FERREIRA, 2010, p.1).

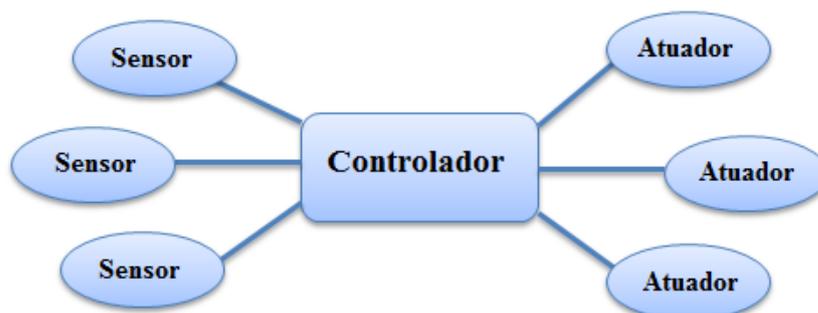
Os ambientes podem ser personalizados de acordo com a necessidade de cada usuário e suas restrições, sendo a versatilidade um dos grandes benefícios da automação residencial nesse caso. Alguns exemplos de sistemas automatizados que promovem acessibilidades: controle de iluminação, portas automatizadas, controle de abertura e fechamento de janelas e mecanismos de acessibilidade na cozinha.

2.1.2 Tecnologias para automação residencial

Dentre as tecnologias para emprego da automação residencial, basicamente existem três níveis possíveis, que são classificados em: sistemas autônomos, sistemas integrados e sistemas inteligentes. Abaixo serão dispostas as características e particularidades de cada um deles.

- **Sistemas autônomos:** Sistemas autônomos, também chamados de independentes ou *stand-alone*, operam de forma independente, exercem funções ao qual foram projetados, de forma isolada para um equipamento específico ou um subsistema, e operam sem a intervenção e integração com um controlador central. Exemplos de sistemas autônomos: automatizadores de portões, relé fotoelétrico para iluminação e centrais de alarme. (TERUEL, 2008).
- **Sistemas integrados:** é quando dois ou mais equipamentos estabelecem uma interoperabilidade, trocando informações para trabalharem em conjunto, projetados para ter vários subsistemas integrados a um controlador comum. Podem ser por comandos e controle local ou remoto. Onde o controlador envia e recebe informações dos sensores e atuadores interligados a ele. (TERUEL, 2008).

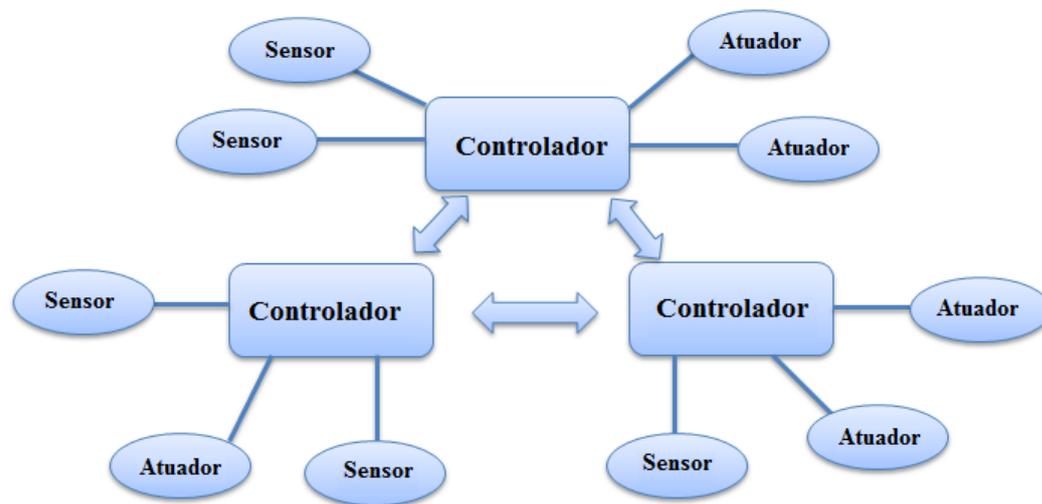
Figura 4 - Arquitetura centralizada



Fonte: Adaptado de FERREIRA, 2008.

- Sistemas inteligentes: é chamado quando os sistemas de uma residência estão interligados, realizando troca de informações e sendo gerenciados através de *software*. Esse tipo de sistema pode ser personalizado, juntamente com projetista, de acordo com as necessidades e desejos do usuário, implementando suas particularidades. (TEZA, 2002). Possuem uma arquitetura descentralizada, com vários controladores interligados por um barramento, trocando informações com sensores a atuadores ligados a estes.

Figura 5 - Arquitetura descentralizada



Fonte: Adaptado de FERREIRA, 2008.

Dentre as tecnologias existentes no mercado podemos citar o uso da plataforma Arduino®, com grande crescimento e ascensão atualmente, devido a sua facilidade de utilização e custo.

2.1.3 Mercado da automação residencial

A automação residencial vem marcando seu crescimento no mercado, de acordo com um levantamento realizado pela empresa *Markets and Markets* e divulgado pela Associação Brasileira de Automação Residencial (AURESIDE) em 2016, esse crescimento é atribuído a fatores como: redução de custos, o grande número de fabricantes que estão expandindo seus produtos e crescente importância do monitoramento remoto das residências. Apontando um crescimento de U\$ 32 bilhões em 2015 para U\$ 78 bilhões em 2022, uma taxa anual composta de 12,5%. Estima-se que, no Brasil, 300 mil casas possuem automação,

porém, um potencial atual para fornecimento de equipamentos para 1,8 milhão de casas. Com isso, a automação residencial possui grandes desafios futuros, onde ainda existe um mercado inexplorado de pelo menos 1,5 milhão de residências. Com interesse de 78% dos consumidores no Brasil. (AURESIDE, 2016).

O número de fornecedores triplicou em menos de cinco anos e embora se trate de um crescimento considerável, ainda vivemos a infância deste mercado, portanto alguns ajustes são inevitáveis entre os personagens que dele participam e isto é natural em qualquer mercado emergente. Canais de distribuição, políticas comerciais e de suporte, entre outras atividades, passam no momento por uma estruturação que, em médio prazo, deverá consolidar bases definitivas para sustentar o seu inevitável crescimento. (MURATORI, 2015).

Esse crescimento da automação residencial no mercado possibilita grandes oportunidades para quem tem interesse no ramo. Podendo ser desde projetos, instalações de sistemas, fornecimentos de equipamentos, sendo um mercado promissor com grandes desafios e possibilidade de crescimento e desenvolvimento profissional. A automação residencial está presente em sua maioria nas residências de classe média alta, porém, atualmente, vem mudando um pouco e atingindo classes mais baixas. O crescimento de empresas buscando essa nova tecnologia e a possibilidade de projetos menos elaborados, com dispositivos de menor custo e implantação, estão proporcionando essa mudança.

Os custos de implantação de sistemas de automação residencial variam muito com a complexidade dos projetos, as necessidades e desejo do usuário. Podendo variar de R\$ 1 mil, em projetos para iluminação de uma sala, por exemplo, até R\$ 250 mil, para projetos mais elaborados com todos os sistemas de uma residência automatizados, como luz, portas, janelas, cortinas, portões e segurança. Uma opção também é automatizar por etapas, sem grande desembolso inicial. (CAVALCANTE, 2011). A utilização do Arduino® na automação residencial é uma grande aliada quando a opção é não ter um grande custo inicial, podendo ser implementado por meio de sistemas automatizados independentes.

2.1.4 Solução Arduino

O Arduino® é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em *hardware* e *software* simples. Executam leituras de entradas e transformam em uma saída, realizando algum comando. Todos esses comandos são executados através de um conjunto de instruções enviadas para o microcontrolador na placa, utilizando a linguagem de programação e o *software* Arduino® (IDE), baseado em processamento. (OLIVEIRA; ZANETTI, 2015).

Algumas vantagens e facilidades do Arduino® podem ser destacadas: é uma plataforma relativamente barata se comparada com outras plataformas de microcontroladores; O *software* Arduino® (IDE) pode ser executado nos sistemas operacionais *Windows*, *Macintosh OSX* e *Linux*, e possui ambiente simples e fácil de utilizar; O *software* Arduino® é publicado como ferramentas *open source*, disponível para extensão; Os planos das placas Arduino® são publicados sob uma licença *Creative Commons*, podendo ser estendendo e aprimorando. Há diferentes tipos de placas Arduino®, com diversas funções e especialidades, no mercado, onde abaixo será explanado sobre os principais tipos e suas características.

- Arduino UNO: é uma placa microcontroladora baseada no ATMEGA 328P. Possui 14 pinos de entrada/saída (dessas 14, 6 podem ser usadas como saídas PWM), 6 entradas analógicas, um cristal de quartzo de 16 MHz, uma conexão USB, um conector de energia, um conector ICSP e um botão de *reset*.

Figura 6 - Arduino UNO



Fonte: www.arduino.cc. Acesso em: 24 abr. 2018.

- Arduino MEGA 2560: é uma placa microcontroladora baseada no ATMEGA 2560. Tem 54 pinos de entrada/saída digital (15 podem ser usados como saídas PWM), 16 entradas analógicas, 4 portas seriais de *hardware*, um oscilador de cristal de 16 MHz, uma conexão USB, um conector de energia, um conector ICSP, e um botão de *reset*. É uma atualização para o Arduino MEGA.

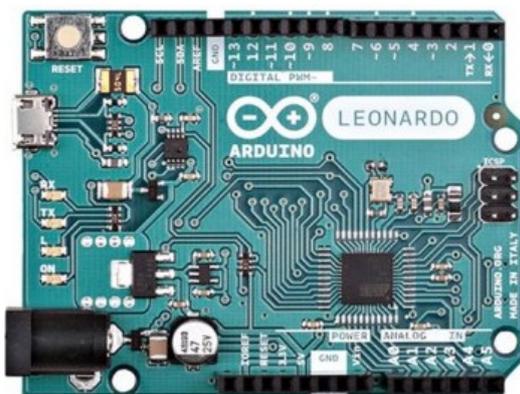
Figura 7 - Arduino MEGA 2560



Fonte: www.arduino.cc. Acesso em: 28 abr. 2018.

- Arduino LEONARDO: é um microcontrolador baseado no ATMEGA 32u4. Contém 20 pinos de entrada /saída digitais (7 podem ser usados como saídas PWM e 12 como entradas analógicas), um oscilador de cristal de 16 MHz, uma conexão micro USB, conector de alimentação, um conector ICSP e um botão de *reset*. O Arduino LEONARDO possui uma característica diferente das demais placas anteriores, o ATMEGA 32u4 tem comunicação USB integrada, extinguindo a necessidade de um processador secundário. Com isso, permite que o Arduino LEONARDO possa ser conectado em um computador como *mouse* e teclado, além de uma porta serial/COM (CDC) virtual.

Figura 8 - Arduino LEONARDO



Fonte: www.arduino.cc. Acesso em: 28 abr. 2018.

- Arduino MICRO: é uma placa microcontroladora baseada no ATMEGA 32U4, desenvolvida em conjunto com a Adafruit. Contém 20 pinos de entrada/saída digital (7 podem ser usados como saídas PWM e 12 como entradas analógicas), um oscilador de cristal de 16 MHz, uma conexão micro

USB, um conector ICSP e um botão de *reset*. É semelhante ao Arduino LEONARDO, possui comunicação USB integrada.

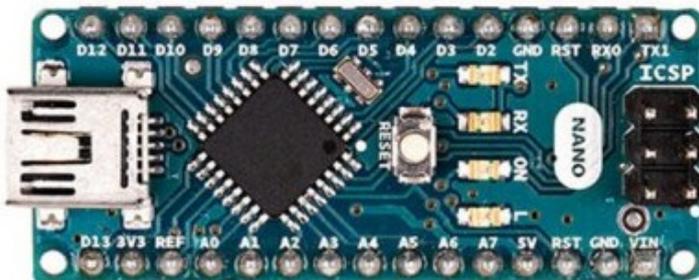
Figura 9 - Arduino MICRO



Fonte: www.arduino.cc. Acesso em: 28 abr. 2018.

- Arduino NANO: é uma placa pequena e fácil de utilizar, é baseada no ATMEGA 328P. Possui funcionalidades parecidas com do Arduino DUEMILANOVE.

Figura 10 - Arduino NANO



Fonte: www.arduino.cc. Acesso em: 28 abr. 2018.

2.1.5 Escalabilidade do Arduino

Por ser uma opção barata, largamente difundida na comunidade global devido à facilidade de aquisição e utilização, a plataforma Arduino® vem sendo amplamente empregada nas mais diversas soluções, desde sistemas que necessitam de controle lógico, até mesmo em automações comerciais e residenciais. Um dos principais facilitadores a que se deve a ampla utilização destes microcontroladores é a existência de uma vasta biblioteca de funções implementadas, de código aberto, prontas para serem utilizadas. Esta biblioteca é alimentada pela comunidade global, com as mais diversas funções que proporcionam facilidade e agilidade no desenvolvimento. Outro aspecto extremamente relevante é a grande variedade de placas pré-concebidas, visando principalmente a compatibilidade com os

microcontroladores da plataforma Arduino®, geralmente chamadas de “*shields*”. Existem disponíveis no mercado uma ampla gama de *shields*, cada uma com uma função específica, sendo as mais comuns placas de *bluetooth*, *ethernet*, *display* de cristal líquido, módulos de relés e os mais diversos sensores.

Devido à grande diversidade de projetos utilizando o Arduino®, algumas aplicações e desenvolvimentos mais elaborados podem demandar de um número maior de entradas e saídas, não disponíveis em determinados Arduinos. Uma das alternativas é adquirir um Arduino® com maior quantidade de pinos/terminais, porém isso vai aumentar o custo do desenvolvimento e as características e recursos do Arduino® novo, podem não ser úteis no projeto.

2.1.6 Arduino como solução para Automação Residencial

Diante aos custos envolvidos em soluções de automação residencial, a procura por recursos mais viáveis está cada vez mais crescente, onde há um interesse não só por profissionais com alguma formação técnica na área. A internet e comunicação pessoal são as principais responsáveis pela busca dessa tecnologia de automação residencial com o uso do Arduino®, devido às inúmeras facilidades e benefícios aos usuários, esta se expandindo cada vez mais. Demonstrando simplicidade de implementação e custo de investimento mais acessível, como forma inovadora. Utiliza de componentes e acessórios básicos e apresenta grande diversidade. O Arduino® oferece inúmeras vantagens para estudantes e iniciantes, como ambiente de programação simples e fácil, possibilitando interesse de aplicação e desenvolvimento sem necessidade da contratação de uma empresa especializada. O que tornaria o projeto bem mais caro e muitas vezes inacessível a grande maioria dos usuários. Assim, o Arduino® proporciona uma solução compacta e de baixo custo para automação residencial, contando com a vantagem de ser uma plataforma aberta, podendo realizar vários tipos melhorias e modificações, permitindo diversas aplicações e proporcionando sistemas de computação e robótica para dentro nossas residências.

2.1.7 Dispositivos de interface

Os dispositivos de interfaces como os sensores e atuadores, possuem papel fundamental no processo de automação. São responsáveis por exercer as funções de capturar e transmitir o envio de informações de mudança de estados, no caso dos sensores, e receber os

comandos e realizar ações, no caso dos atuadores. Necessitam estar bem calibrados e configurados corretamente, para que nenhuma informação ou ação seja realizada indevidamente.

2.1.7.1 Sensores

De acordo com Borges e Dores (2010), “sensores são dispositivos que mudam seu comportamento sob a ação de uma grandeza física, podendo fornecer diretamente ou indiretamente um sinal que indica esta grandeza.” Utilizados para medir e monitorar variáveis de um processo automatizado. Podem ser fisicamente descritos como transdutores de alteram sua composição interna através de um fato ocorrido externamente.

2.1.7.2 Sensores de pressão

Sensores de pressão são aqueles que convertem uma pressão lida em um sinal mecânico ou elétrico, compostos por um elemento primário (sofre ação, deformação ou deflexão) e por um elemento secundário (transformam variações de pressão para valores ajustados a mediação e controle).

Para Penedo (2014, p.116), os sensores de pressão são classificados em:

- Manométricos: possuem como referência a pressão atmosférica;
- Absolutos: possuem como referência a pressão do vácuo;
- Diferenciais: possuem como referência outro valor de pressão conhecido;
- Sensores resistivos: resistência depende da temperatura.

Figura 11 - Sensor de pressão – manômetro



Fonte: <http://www.salfatis.com.br>. Acesso em 28 abr. 2018.

2.1.7.3 Sensores magnéticos de abertura

Usualmente utilizados em portas e janelas para controle. São contatos encapsulados em vidro e acionados através de campos magnéticos, onde a alteração da posição (aberta ou fechada) produzirá alteração na posição dos contatos.

Figura 12 - Sensor magnético de abertura



Fonte: www.leroymerlin.com.br. Acesso em: 31 mar. 2018.

2.1.7.4 Sensores de presença e de movimento

Os sensores de movimento, também conhecidos como sensores PIR (*Passive InfraRed*) ou sensores infravermelhos, podem ser ativos ou passivos, detectam o movimento de fontes de calor (corpo humano, por exemplo). Outro tipo de sensor de movimento é o baseado em micro-ondas, este detecta o movimento através de reflexão de ondas de rádio. (BOLZANI, 2004, p.104).

Já os sensores de presença, possuem as mesmas funções de um sensor de movimento, porém, é muito mais sensível, podendo detectar movimentos muito pequenos. Ideal para ambientes que apresentam baixa movimentação.

Figura 13 - Sensor infravermelho passivo



Fonte: www.netalarmes.com.br. Acesso em: 31 mar. 2018.

2.1.7.5 Atuadores

Atuadores são dispositivos utilizados para alguma correção durante um processo, atuando sobre o sistema, comparam um valor medido com outro valor preestabelecido e toma alguma decisão. Como um comando de liga ou desliga, com a finalidade de modificar alguma variável desse processo. Recebem sinal de comando do controlador para atuar. (CAMARGO, 2014, p. 38).

Podem ser classificados em elétricos (motores, resistências elétricas, solenoides), hidráulicos (válvulas, motor, pistão hidráulico), pneumáticos (cilindros pneumáticos), ou uma combinação desses.

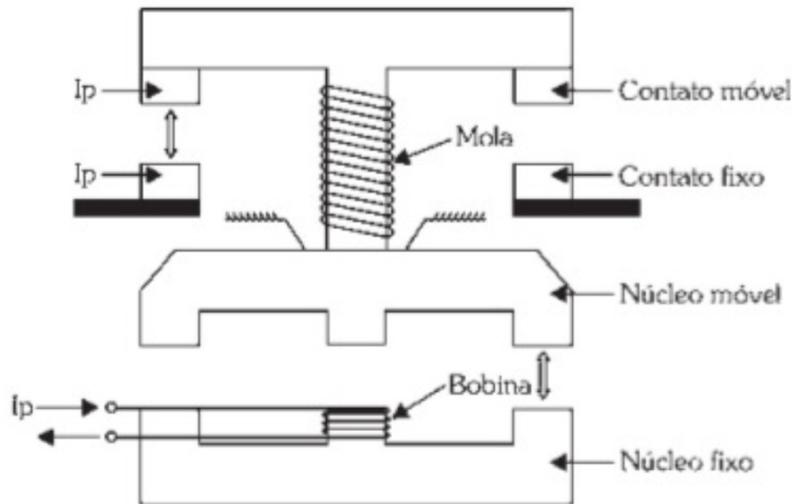
2.1.7.6 Relés

O relé funciona como uma chave comandada por uma bobina, ele liga-desliga um circuito elétrico, permitindo ou não, a passagem de corrente elétrica. Porém, o relé não necessita da intervenção humana direta para atuar.

Como a função do relé é controlar a corrente elétrica através dos contatos, abertos ou fechados, estes apresentam altíssima resistência quando abertos e baixíssima resistência quando fechados e geralmente apresentam múltiplos contatos, isolados eletricamente entre si. Assim, para acionar um circuito de elevada potência por meio de um circuito de baixa potência, usa-se um relé chamado de contator.

As principais partes de é um contator são: bobina, núcleo de ferro, contato e mola.

Figura 14 - Partes constituintes de um contator



Fonte: FRANCHI; CAMARGO, 2009.

2.1.8 Linguagem de programação do Arduino

A linguagem de programação utilizada no Arduino® é bem simples, baseada nas linguagens C e C++, chamada de linguagem *Processing*, cuja filosofia de projeto é ensinar os fundamentos de programação dentro de um contexto visual. (EVANS; NOBLE; HACHENBAUM, 2013).

A linguagem Arduino® utiliza uma série de bibliotecas e recursos. Possui três partes principais: estrutura, valores (variáveis e constantes) e funções. A estrutura são os elementos do código Arduino®, as variáveis são os tipos de dados de constantes e as funções são para controlar a placa Arduino® e realizar os cálculos.

Atualmente, possuem algumas ferramentas desenvolvidas que possibilitam a programação em outras linguagens, que posteriormente são convertidas para a linguagem do Arduino®, um exemplo é a programação em linguagem *Ladder*, sendo muito utilizada devido sua facilidade de programação e entendimento.

2.2 LINGUAGEM LADDER

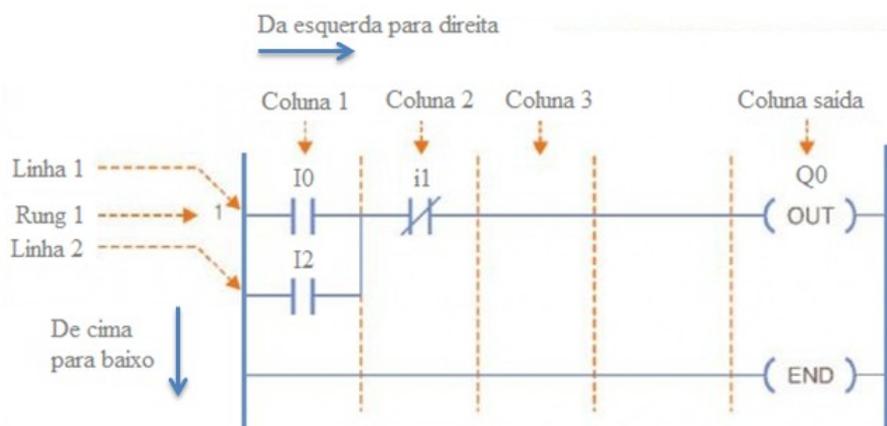
Inicialmente a linguagem *Ladder* foi desenvolvida para estabelecer circuitos empregados em processos de produção, criada para permitir que técnicos e engenheiros da

área de automação com conhecimento de relés, porém, sem nenhum conhecimento de linguagens de programação, conseguissem programar os Controladores Lógicos Programáveis (CLP's), por isso, foi a primeira linguagem utilizada para programação dos mesmos, devido sua facilidade de programação e visualização. (GEORGINI, 2007). Em 2013 a IEC (*International Electrotechnical Commission*) definiu com a IEC 61131-3, a sintaxe e a semântica de um conjunto unificado de linguagens de programação para controladores programáveis, com objetivo de promover a interoperabilidade entre diferentes produtos e definir padrões de comunicação. Este conjunto é composto por duas linguagens textuais (IL e ST) e duas linguagens gráficas (LD e FBD). São elas:

- Lista de Instruções (IL – *Instructoon List*);
- Texto Estruturado (ST – *Structured Text*);
- Linguagem *Ladder* (LD – *Ladder Diagram*);
- Diagrama de Blocos de Funções (FBD – *Function Block Diagram*).

Dentre as linguagens definidas pela IEC, atualmente a linguagem *Ladder* é a mais difundida para uso em controladores lógicos. Ela é baseada na lógica de relés e contatos elétricos para realização de circuitos de comandos e acionamentos. Encontrada em quase todos os CLP's atualmente, por ser a primeira linguagem utilizada pelos fabricantes. O nome *Ladder* é devido à linguagem se parecer com uma escada (*ladder*), onde duas barras verticais paralelas são interligadas, formando os degraus (*rungs*) da escada. A quantidade de colunas e linhas que cada *rung* pode conter, é determinada de acordo com fabricante. (GEORGINI, 2007). A execução do programa se inicia a partir do primeiro *rung*, executando-o da esquerda para direita, de cima para baixo, *rung* a *rung*, até o final.

Figura 15 - Representação da linguagem *Ladder*

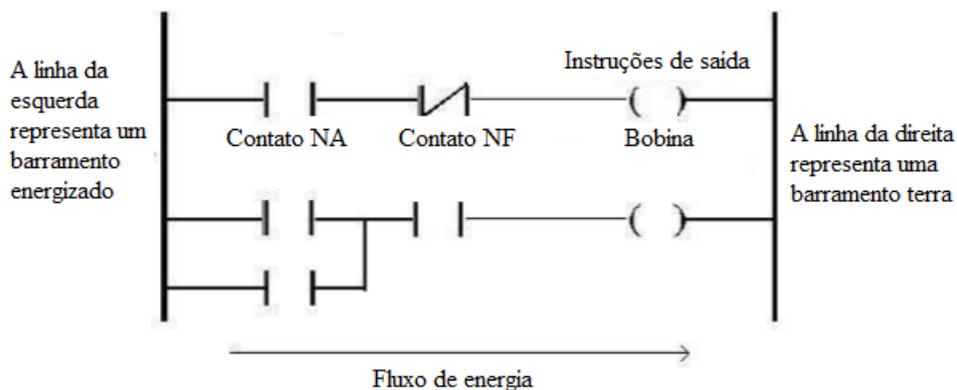


Fonte: Adaptado de GOMES, 2013.

2.2.1 Diagrama *Ladder*

A linguagem *Ladder* utiliza bobinas e contatos como símbolos, onde os contatos são programados em linha e representam as condições que serão avaliadas de acordo com a lógica. E o resultado determina o controle de uma saída, representada por uma bobina.

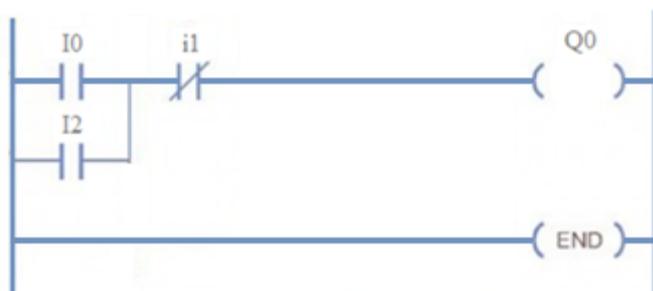
Figura 16 - Estrutura da linguagem *Ladder*



Fonte: Adaptado de LUIZ, 2010.

As entradas em série compõem a função AND e as entradas em paralelo compõem a função OR. São representadas pela letra “I” para contatos normalmente abertos e “i” para contatos normalmente fechados e as saídas são representadas pela letra “Q”. Algumas ferramentas utilizam também o “X” para entradas e “Y” para saídas.

Figura 17 - Exemplo de simbologias de entradas e saídas da linguagem *Ladder*



Fonte: Adaptado de GOMES, 2013.

A figura 18 representa as principais funções de simbologia da linguagem *Ladder*, indicadas por contatos normalmente aberto ou fechado e saídas.

Figura 18 - Exemplos de simbologia da linguagem *Ladder*

	Contato normalmente aberto (NA)
	Contato normalmente fechado (NF)
	Bobina simples ou saída
	Função <i>set</i>
	Função <i>reset</i>
	Temporizador

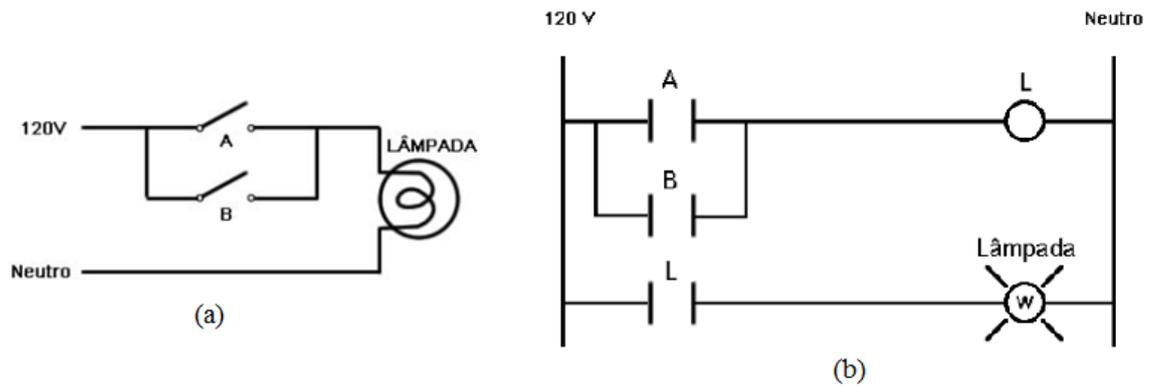
Fonte: Adaptado de WEG, 2010.

Algumas características dessa linguagem:

- É baseada no diagrama elétrico de contatos;
- Adequada para controle discreto, combinacional e sequencial;
- Utilizam blocos de função para controle regulatório e funções especiais.

O CLP é muito utilizado e ainda considerado um componente básico na automação, principalmente industrial. Porém, seu custo de aquisição e manutenção é um pouco elevado e requer habilidades bem específicas aos seus projetistas. Perante disso, o Arduino® vem sendo cada vez mais explorado e difundido em diversas aplicações, devido ao baixo custo e possibilidade de expansão. Um exemplo é a sua utilização como um CLP, programado pela da lógica de programação em linguagem *Ladder*, dentre as tecnologias difundidas atualmente.

O código em linguagem *Ladder* na figura 19 representa o acionamento de uma lâmpada. Duas chaves, A e B, são ligadas em paralelo para controlar a lâmpada, esta irá acender quando a chave A ou a chave B estiver fechada.

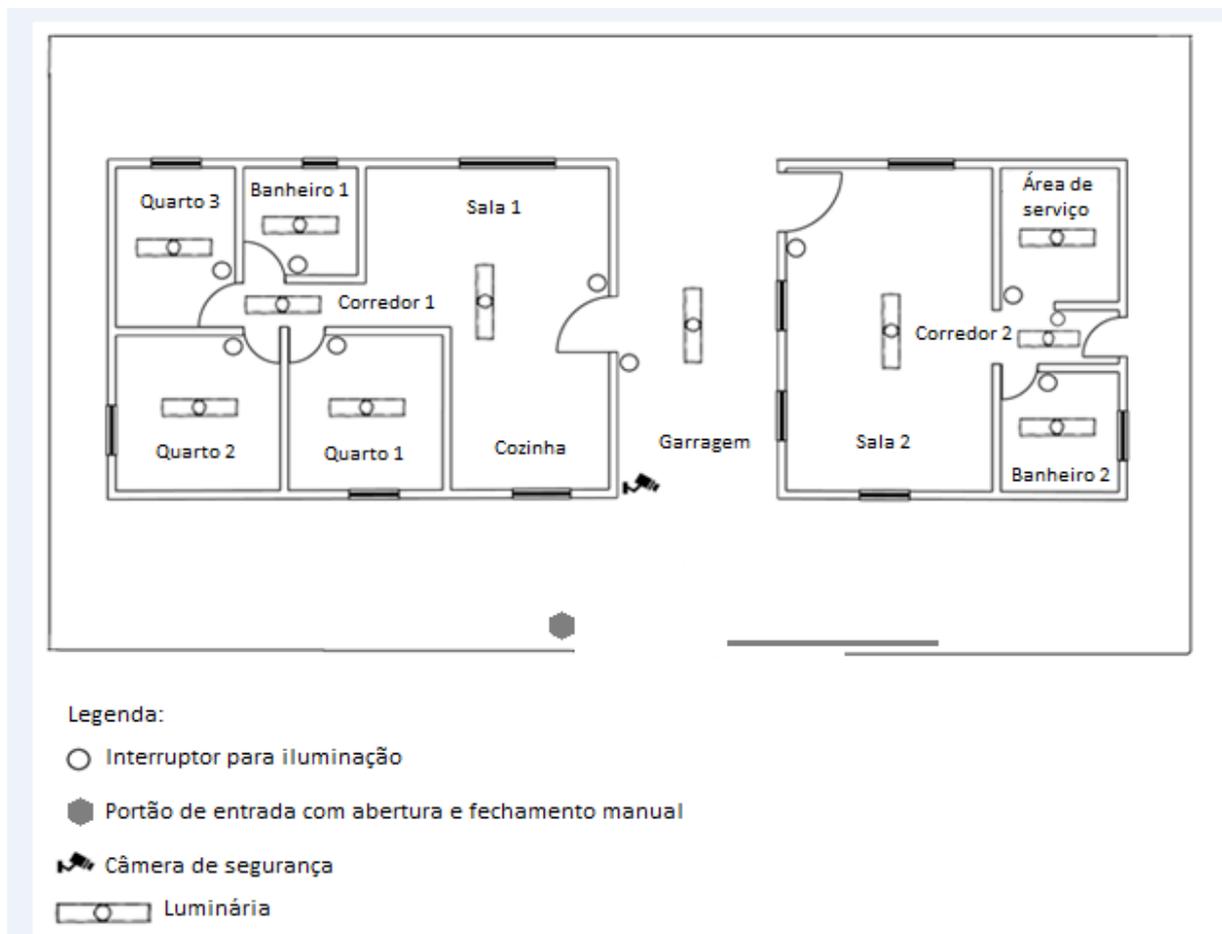
Figura 19 - Circuito com chaveamento em paralelo (a) e diagrama na linguagem *Ladder* (b)

Fonte: www.citisystems.com.br. Acesso em: 31 mai. 2018.

3 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo será apresentado todo o desenvolvimento deste trabalho, que é a concepção de um sistema de automação para uma residência modelo. Para um melhor entendimento da proposta de solução de automação, será apresentado a seguir uma visão geral das atuais condições de uso da residência.

Figura 20 - Visão geral da situação atual

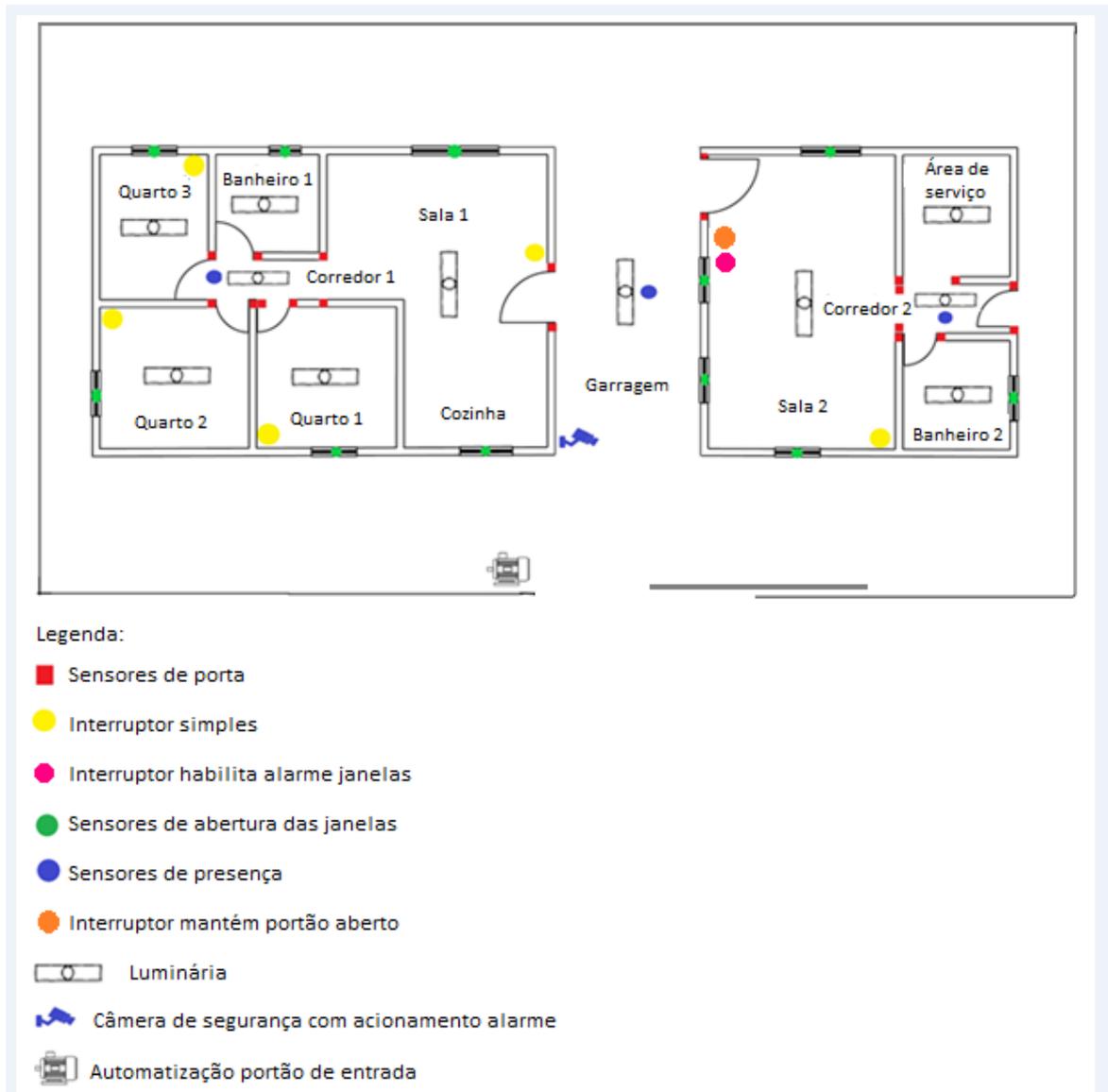


Fonte: Elaboração dos Autores, 2018.

O controle e acionamentos de lâmpadas da residência ocorrem atualmente de modo totalmente manual, ou seja, para a iluminação dos cômodos se faz necessário que o morador acione a iluminação através de um interruptor. A abertura do portão de entrada também não é automatizada, sendo necessário abertura manual pelo morador. Não há sistema de alarmes, apenas um sistema de gravação de imagens por câmeras integradas a um DVR. O desenvolvimento irá apresentar a proposta de automatizar alguns processos básicos, permitindo assim, um maior conforto e segurança a residência.

Sendo assim, a figura 21 representa uma imagem da solução proposta, para um melhor entendimento dos pontos a serem automatizados na residência.

Figura 21 - Visão da proposta do trabalho



Fonte: Elaboração dos Autores, 2018.

3.1 FERRAMENTA DE DESENVOLVIMENTO *LADDER*

Para fazer com que o Arduino® seja programável de forma semelhante a um CLP, ou seja, utilizando a linguagem *Ladder*, se faz necessário a utilização de uma aplicação que execute esta função de codificação e compilação do código para linguagem do Arduino®, atualmente existe algumas aplicações que executam esta conversão, por exemplo, CsLadderMic, CLPDUINO, LadderMaker e LDmicro, todas de códigos abertos e gratuitos.

Para desenvolvimento deste projeto utilizamos da ferramenta LDmicro, devido a facilidade de utilização de aplicação suportar vários modelos de placas de Arduino® e a própria aplicação possuir uma boa documentação em seu *help* para consulta. Na figura 22 temos exemplo de um código em linguagem *Ladder* no *software* LDmicro.

Figura 22 - Plataforma de programação do LDmicro



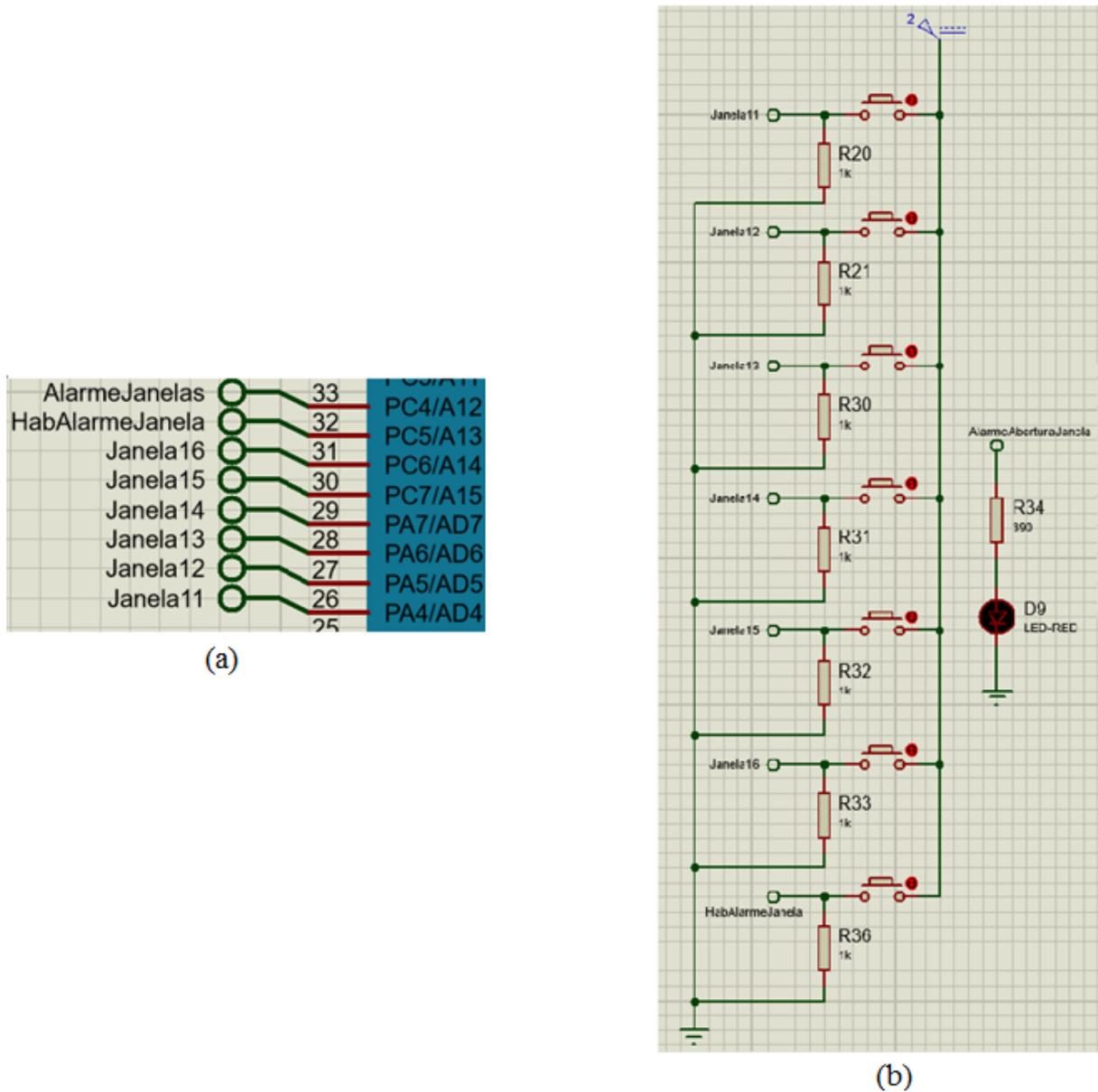
Fonte: Captura de tela *software* LDmicro.

A seguir será especificado e detalhado o desenvolvimento de cada controle, individualmente, para melhor entendimento e apresentação do sistema.

3.2 CONTROLE DE ABERTURA DAS JANELAS

O controle de abertura das janelas visa sinalizar o momento que alguma janela é aberta, emitindo um sinal sonoro, através de uma sirene. A abertura das janelas serão identificadas por sensores do tipo ímã magnético, que estão representados pelo círculo verde (na figura 21). Ao ser detectada abertura do sensor será acionado o alarme, desde que o alarme esteja habilitado.

Figura 25 - Partes do esquema elétrico para controle de abertura das janelas (a) e (b)



Fonte: Elaboração dos Autores, 2018.

Esse sistema está configurado para todas as janelas da residência, cujo objetivo é a sinalização da abertura por questões de segurança. A tabela 1 identifica todas as entradas e saída do código *Ladder* para controle de abertura de todas as janelas.

Tabela 1 - Entradas e saída do controle de abertura das janelas no código *Ladder*

Entradas	Saída
XJanela11	YAlarmeJanelas

Continua

Conclusão

Entradas	Saída
XJanela12	YAlarmeJanelas
XJanela13	YAlarmeJanelas
XJanela14	YAlarmeJanelas
XJanela15	YAlarmeJanelas
XJanela16	YAlarmeJanelas
XJanela21	YAlarmeJanelas
XJanela22	YAlarmeJanelas
XJanela23	YAlarmeJanelas
XJanela24	YAlarmeJanelas
XJanela25	YAlarmeJanelas

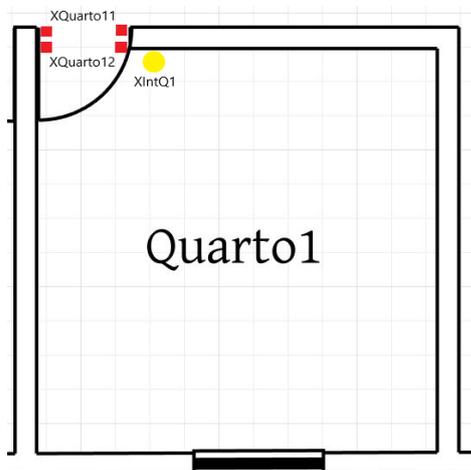
Fonte: Elaboração dos Autores, 2018.

3.3 CONTROLE DE ILUMINAÇÃO

Para o controle de iluminação da residência será utilizado sensores tipo LED infravermelho instalados nos acessos dos cômodos, entrada e saída. A escolha desse tipo de sensor e não um sensor de presença é devido este último não permanecer com a iluminação acesa ao identificar que não há presença de movimento. Todas as lâmpadas da residência serão acionadas através do par de sensores, que irão identificar, por meio de contagem, a quantidade de pessoas presentes em determinado cômodo.

A iluminação permanecerá acesa enquanto houver presença no cômodo e apagará no momento em que todos se ausentem do mesmo. Caso o usuário queira apagar a lâmpada enquanto está assistindo TV, por exemplo, poderá ser apagada através do interruptor simples.

Figura 26 - Representação dos sensores LED e interruptor de acionamento da iluminação



Fonte: Elaboração dos Autores, 2018.

Neste momento, do interruptor acionado, se entrar ou sair uma pessoa do cômodo, a contagem irá ocorrer normalmente, porém, o comando automático irá reativar somente quando o interruptor for acionado novamente, ou seja, acenderá a lâmpada. Somente para os corredores e garagem a iluminação será acesa por meio de sensores de presença, devido serem considerados cômodos de passagem de pessoas e não permanência.

Para as dependências dos quartos da residência, o sistema funcionará da seguinte maneira: ao identificar a passagem de uma pessoa no sentido dos sensores de 1 para 2 (exemplo de “XQuanto11” para “XQuarto 12” na figura 27), o contador irá incrementar em 1 e irá acender a iluminação do cômodo, através do acionamento da saída “YLampQuarto1”. No sentido inverso, sensores 2 para 1 (exemplo de “XQuanto12” para “XQuarto 11” na figura 27) o contador irá decrementar 1, e quando o valor do contador estiver em 0 (zero), atuará sobre a saída, apagando a iluminação. Caso o usuário queira apagar a iluminação e desativar o controle automático, utiliza-se do interruptor (exemplo o “XIntQ1” na figura 27). Com a utilização deste, o contador permanecerá incrementado ou decrementando com a entrada ou saída de pessoas, porém, a operação automática da iluminação estará desabilitada e será habilitada novamente somente com um novo acionamento do interruptor. Foi implantado um temporizador (exemplo o “T5” na figura 27) entre os sensores, a fim de impossibilitar a operação do segundo sensor, para que este não atue durante a passagem da pessoa.

Figura 27 - Parte do código *Ladder* do controle de iluminação

```

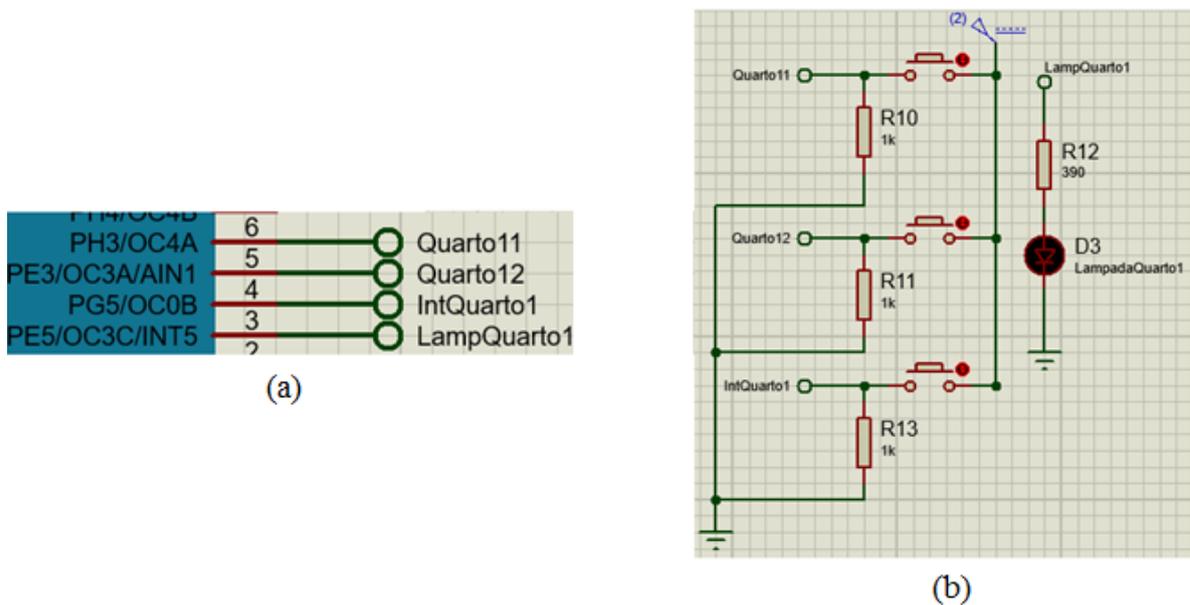
||      XQuartol1      T5      XQuartol2      CIntQ1      XIntQ1      YLampQuartol  ||
||-----] [-----[TON 500.0 ms]-----]/[-----[CTU >=1]-----]/[----- ( )-----||
||
||      XQuartol2      T6      XQuartol1      CIntQ1      |
||-----] [-----[TON 500.0 ms]-----]/[-----[CTD >=1]-----+
||
||

```

Fonte: Captura de tela *software* LDmicro.

Na simulação do sistema elétrico, os terminais “PH3” e “PE3” são conectados aos sensores infravermelho que detectam a passagem de entrada ou de saída e envia informações de incremento ou decremento ao contador, caso o contador seja zero a saída “PE5” não apresenta nenhum sinal, se o contador for maior que zero, a saída “PE5” será habilitada e ligará a iluminação. O interruptor interligado ao terminal “PG5”, caso esteja acionado desabilita a saída no terminal “PE5”.

Figura 28 - Partes do esquema elétrico para controle de iluminação (a) e (b)



Fonte: Elaboração dos Autores, 2018.

As dependências de área de serviço e banheiros terão mesmo funcionamento dos quartos, exceto com a função do interruptor para apagar a iluminação manualmente.

Nos ambientes da cozinha e salas, temos dois acessos, sendo assim, necessita de sensores em ambos, a fim de contabilizar a passagem de pessoas por qualquer um dos acessos. Ao identificar a passagem de uma pessoa no sentido dos sensores de 1 para 2 ou de 4 para 3 (exemplo de “XSalaCozinha1” para “XSalaCozinha2” ou de “XSalaCozinha4” para “XSalaCozinha3” na figura 29), o contador irá incrementar em 1 e irá acender a iluminação do cômodo, através do acionamento da saída “YLampSalaCozinha”. No sentido inverso, sensores 2 para 1 ou de 3 para 4 (exemplo de “XSalaCozinha2” para “XSalaCozinha1” ou de “XSalaCozinha3” para “XSalaCozinha4” na figura 29), o contador irá decrementar 1, e quando o valor do contador estiver em zero, agirá sobre a saída, apagando a iluminação. Temos também a opção de desligar a iluminação com interruptor, com a mesma função dos cômodos anteriores (exemplo o “XIntSC” na figura 29). O emprego do temporizador (exemplo o “T1” na figura 29) também possui o papel de impossibilitar a operação do segundo sensor, para este não atue durante a passagem da pessoa.

Figura 29 - Parte do código *Ladder* do controle de iluminação

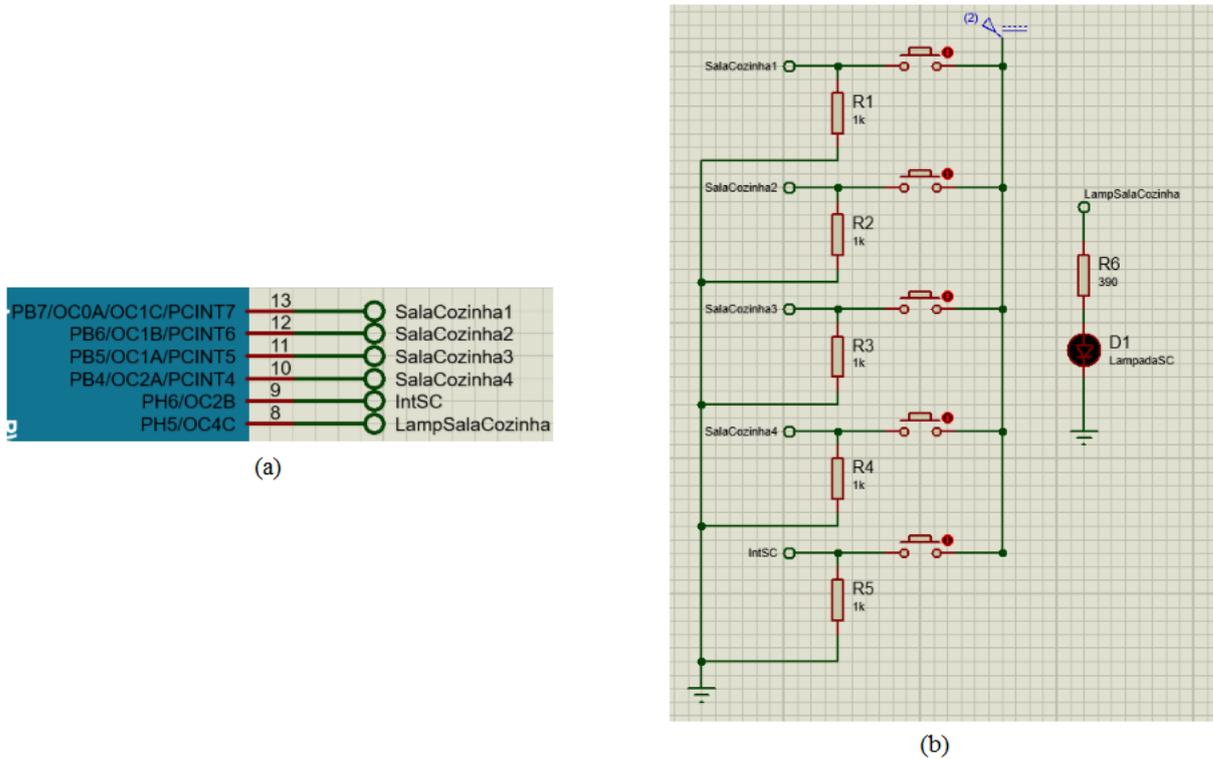
```

::
|| XSalaCozinha1      T1      XSalaCozinha2  CSalaCozinha  XIntSC      YLampSalaCozinha ||
||-----] [-----[TON 500.0 ms]-----]/[-----[CTU >=1]-----]/[----- ( )-----] ||
|| XSalaCozinha4      T2      XSalaCozinha3  CSalaCozinha  |           |
||-----] [-----[TON 500.0 ms]-----]/[-----[CTU >=1]-----+           ||
|| XSalaCozinha2      T3      XSalaCozinha1  CSalaCozinha  |           |
||-----] [-----[TON 500.0 ms]-----]/[-----[CTD >=1]-----+           ||
|| XSalaCozinha3      T4      XSalaCozinha4  CSalaCozinha  |           |
||-----] [-----[TON 500.0 ms]-----]/[-----[CTD >=1]-----+           ||
::
    
```

Fonte: Captura de tela *software* LDmicro.

Para a simulação da cozinha e salas há necessidade de implementar mais dois sensores, devido a possuírem mais um acesso.

Figura 30 - Partes do esquema elétrico para controle de iluminação (a) e (b)



Fonte: Elaboração dos Autores, 2018.

Na garagem e corredores, o acionamento da iluminação será efetivado por um sensor de presença, representado pela entrada X (exemplo “XGaragem” na figura 31) que ao detectar a presença de movimento ativará a saída Y (exemplo “YLampGaragem”). Caso não seja percebido nenhum movimento no intervalo de 120 segundos, tempo especificado no temporizador, a saída será desativada, desligando assim a iluminação, até que um novo movimento seja detectado.

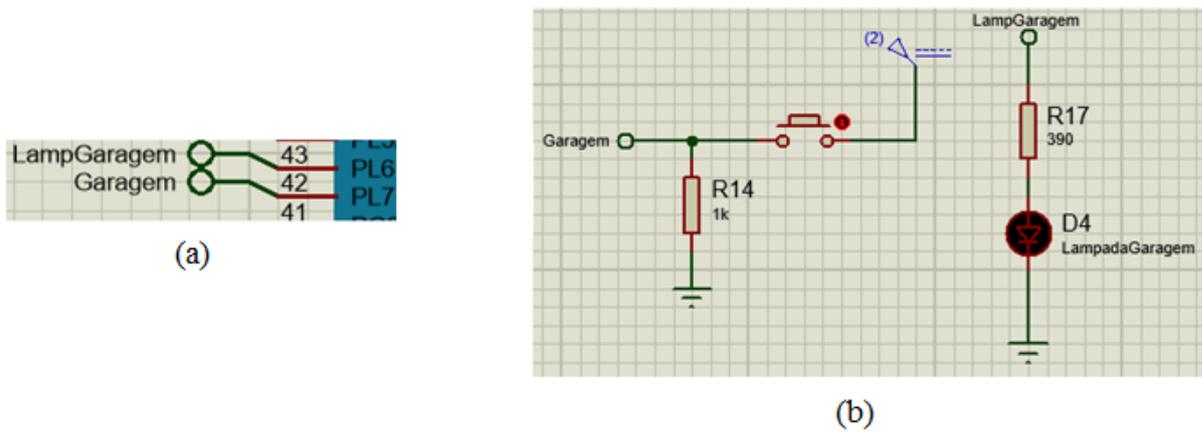
Figura 31 - Parte do código *Ladder* para controle de iluminação



Fonte: Captura de tela *software* LDmicro.

Na simulação do sistema elétrico, o terminal “PL7” é interligado ao sensor de presença que detecta o movimento e a saída, representada pelo terminal “PL6”, será habilitada e ligará a iluminação.

Figura 32 - Partes do esquema elétrico para controle de iluminação (a) e (b)



Fonte: Elaboração dos Autores, 2018.

A tabela 2 identifica as entradas e saídas do código *Ladder* para controle de iluminação de todas as dependências da residência.

Tabela 2 - Entradas e saídas do controle de iluminação no código *Ladder*

Cômodo	Entradas	Saídas
Quarto 1	XQuarto11	YLampQuarto 1
	XQuarto12	
Quarto 2	XQuarto21	YLampQuarto2
	XQuarto22	
Quarto 3	XQuarto31	YLampQuarto3
	XQuarto32	
Banheiro 1	XBanheiro1	YLampBanheiro1
	XBanheiro2	
Banheiro 2	XBanheiro11	YLampBanheiro2
	XBanheiro12	

Continua

Conclusão

Cômodo	Entradas	Saídas
Área de serviço	XAreaServico1	YLampAreaServico
	XAreaServico2	
Sala 1 e Cozinha	XSalaCozinha1	YLampSalaCozinha
	XSalaCozinha2	
	XSalaCozinha3	
	XSalaCozinha4	
Sala 2	XSala1	YLampSala
	XSala2	
	XSala3	
	XSala4	
Garagem	XGaragem	YLampGaragem
Corredor 1	XCorredor1	YLampCorredor1
Corredor 2	XCorredor2	YLampCorredor2

Fonte: Elaboração dos Autores, 2018.

3.4 CONTROLE DE ABERTURA/FECHAMENTO DO PORTÃO DE ENTRADA

O portão de entrada será ativado para abrir através do comando de um controle que acionará a entrada “XAcioPortaoPrin”, esta entrada e a sinalização de fechado do interruptor “XMantemPortaoAbe” mudará o *status* da saída “YPortaoPrincipal” no código *Ladder*, permanecerá aberto por um tempo determinado de 60 segundos, após esse tempo será fechado. O interruptor “XMantemPortaoAbe” caso acionado, ou seja, aberto, tem a função de deixar o portão sempre aberto, caso seja o desejo do usuário.

Figura 33 - Parte do código *Ladder* para controle do portão de entrada

```

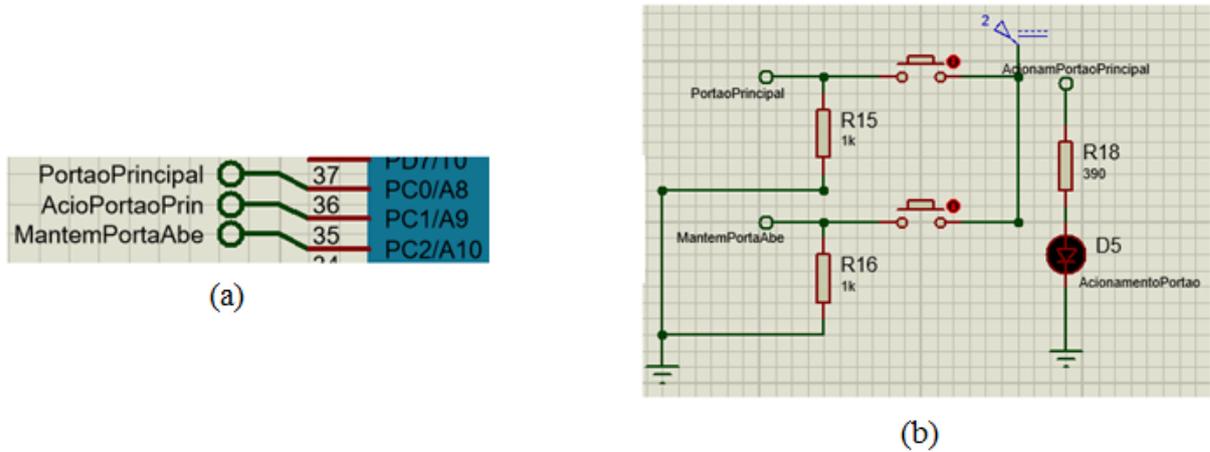
..
|| XMantemPortaoAbe XAcioPortaoPrin T14 YPortaoPrincipal ||
||-----]/[-----] [-----[TOF 60.000 s]----- ( )-----||
||
||
||

```

Fonte: Captura de tela *software* LDmicro.

Na simulação do sistema elétrico, o terminal “PC1” é conectado ao comando de um controle e habilitará a saída “PC0” abrindo o portão, que permanecerá aberto por 60 segundos e fechará. O interruptor interligado ao terminal “PC2”, caso esteja acionado desabilita a saída do terminal “PC0”.

Figura 34 - Partes do esquema elétrico para controle do portão de entrada (a) e (b)



Fonte: Elaboração dos Autores, 2018.

3.5 INTEGRAÇÃO SIMPLES COM O SISTEMA DE MONITORAMENTO

Para o sistema de monitoramento será utilizado um DVR já existente na residência (modelo VD 5008 Intelbrás, 8 canais) somente será realizado uma integração para acionamento de um alarme na presença de movimento. A detecção de movimento percebida nas imagens irá gerar uma variação numa I/O do DVR (“XDVR”), que enviará informações ao Arduino® para acionar o alarme através da saída “YAlarmeDVR”, conforme representados na figura 35.

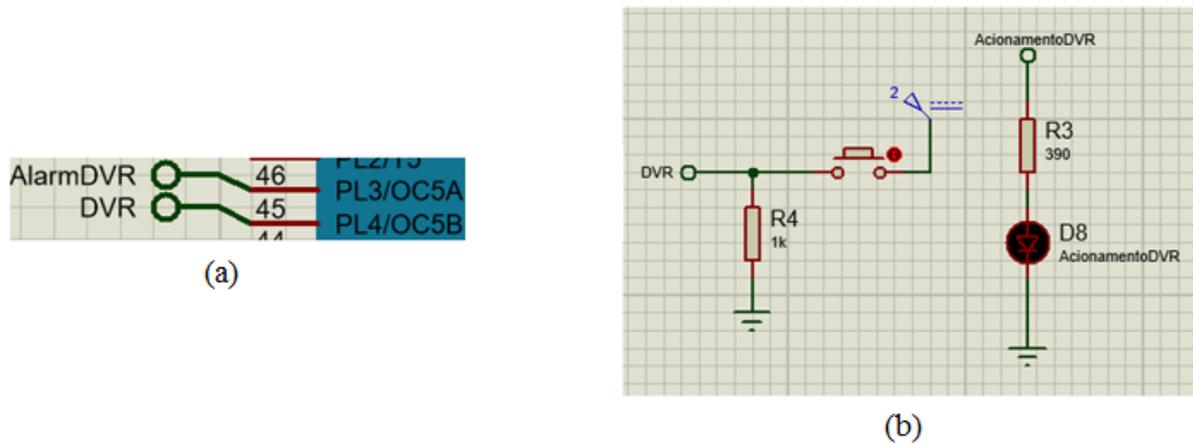
No esquema elétrico, o terminal “PL4” é conectado a I/O do DVR, que enviará informações para ativar o sistema de alarme, identificado pelo terminal “PL3”.

Figura 35 - Parte do código *Ladder* para integração com sistema de monitoramento



Fonte: Captura de tela *software* LDmicro.

Figura 36 - Partes do esquema elétrico para integração com sistema de monitoramento (a) e (b)



Fonte: Elaboração dos Autores, 2018.

Todo o sistema de automação foi desenvolvido em dois módulos, devido a quantidade de entradas e saídas no Arduino® serem insuficientes para contemplar todo o projeto. Cada módulo contempla o código em linguagem *Ladder* no *software* LDmicro e simulação do esquema elétrico, no qual utilizamos na simulação o Arduino MEGA 2560. O módulo 1 é referente ao controle de iluminação dos quartos (1, 2 e 3), sala 1, cozinha, banheiro 1, corredor 1, garagem, acionamento alarme do sistema de monitoramento, controle de abertura das janelas e portão principal. O módulo 2 considera o controle de iluminação da sala 2, área de serviço, banheiro 2, corredor 2 e abertura das janelas restantes.

O código em *Ladder* completo no *software* LDmicro, módulos 1 e 2, bem como todo o esquema elétrico, estão dispostos nos anexos A, B, C e D.

3.6 LEVANTAMENTO DE CUSTOS

Com base no objetivo principal do trabalho, que é o desenvolvimento de um sistema de baixo custo, levantamos alguns materiais a serem utilizados. A tabela 3 especifica o valor dos materiais, ressaltando que os preços podem variar de acordo com fabricante e modelo, sendo assim, é um levantamento para embasamento aproximado do valor.

Tabela 3 - Levantamento de custos dos materiais utilizados

Componente	Preço unidade	Preço total
Arduino MEGA 2560	R\$ 79,90	R\$ 159,80
Sensor magnético	R\$ 15,00	R\$ 165,00

Continua

Conclusão

Componente	Preço unidade	Preço total
Sensor LED infravermelho	R\$ 10,00	R\$ 220,00
Sensor de presença	R\$ 66,00	R\$ 198,00
Motor portão entrada	R\$ 303,90	R\$ 303,90
Sistema monitoramento	R\$ -	R\$ -
Preço total dos componentes	R\$ 1.046,70	

Fonte: Elaboração dos Autores, 2018.

3.7 DEFICIÊNCIAS DO SISTEMA

Durante a execução da proposta para este trabalho, foram encontradas algumas limitações e deficiências para o sistema proposto, que acarretarão num desenvolvimento não adequado durante o seu funcionamento. Serão apresentadas a seguir:

- Caso o usuário por algum motivo não saia do cômodo pelos acessos principais, realizando a saída por uma das janelas, por exemplo, ocorrerá uma falha no contador de acionamento da iluminação, que não contabilizará a saída dessa pessoa;
- Caso passe duas pessoas ao mesmo tempo pelos acessos, o contador não identificará a passagem de duas pessoas, somente uma;
- Se o usuário optar pelo uso do interruptor para desligar a iluminação manualmente enquanto estiver no cômodo e não o acioná-lo novamente antes de sair, a iluminação permanecerá desabilitada pelo controle automático.

4 CONCLUSÃO

O mercado de automação residencial apresentou aumento significativo nos últimos anos, sendo motivado pelos diversos benefícios dessa tecnologia aos seus usuários, tornando-se cada vez mais almejado pela sociedade no geral, por suas diversas vantagens a níveis de conforto, segurança, melhoria na qualidade de vida e até mesmo pelas suas facilidades, onde várias das atividades rotineiras são substituídas por métodos automatizados, proporcionando lares aconchegantes, com mordomia e comodidade, considerando a segurança da família e da residência. No entanto, essa tecnologia ainda é uma realidade, em maioria, apenas para uma classe social mais alta, contudo, o crescimento de distintas alternativas e desenvolvimentos sem grandes tecnologias e complexidade estão possibilitando esta solução também para a classe social mais baixa, visto que a maior parte das empresas que oferecem serviços de algum tipo de automação residencial utiliza-se de equipamentos e soluções com desenvolvimento e *software* fechados, restritos e com ampla complexidade e funcionalidades, o que torna o equipamento mais caro, sendo inviável para grande parte da população.

Este trabalho objetivou a implementação de um sistema de baixo custo numa residência, a fim de possibilitar o uso de automação de controle de iluminação residencial, demonstrando uma opção com desenvolvimento de baixo custo para acessibilidade da população.

Com este princípio foi realizada uma visita *in loco* em uma residência modelo para implementação, avaliando e analisando juntamente com proprietário suas necessidades e interesse em automação. Examinando o funcionamento dos dispositivos e após a conversa com usuário da residência, verificou-se que todo o controle era realizado de forma manual e o mesmo gostaria de ter uma automação mais básica, de baixo custo, no qual ele pudesse fazer o acionamento das lâmpadas sem a intervenção manual, de forma automatizada. Desta forma, tomou-se como foco a automação do controle da iluminação da residência, deixando formas possíveis para o controle manual, bem como o controle de abertura das janelas, portão de entrada e integração com sistema de monitoramento. Posteriormente, efetuamos pesquisas de sensores infravermelho e seu funcionamento, avaliamos também as placas Arduino® possíveis de ser utilizadas, constatando que era necessário duas placas para desenvolvimento de todo projeto. Pesquisou-se as possibilidades de programação do Arduino® e em decorrência da linguagem *Ladder* ser utilizada de forma industrial para controle de relés, mais dinâmica, foi decidido utilizar esse tipo linguagem para programação da automação da

residência. Posteriormente, realizados testes e simulações, o projeto não foi concebido na prática.

No decorrer do projeto nos deparamos com algumas dificuldades decorrentes desde trabalho, umas delas foi o conhecimento a ser adquirido sobre a linguagem *Ladder* para a programação do Arduino®, a qual não é tão difundida atualmente para programação desta plataforma. Foi necessário pesquisas e busca de conhecimentos em documentos e livros abordando o assunto.

Com relação aos objetivos apresentados no capítulo 1 deste trabalho, os mesmos foram alcançados, sendo o estudo da plataforma Arduino®, estudo da linguagem *Ladder*, conforme já destacado anteriormente, bem como o uso de sensores de baixo custo, utilizando dispositivos infravermelho.

Por fim, como sugestão para trabalhos futuros, fica a ampliação do projeto de automação residencial agregando novas funcionalidades, como a interação com equipamentos móveis, celular, para controle e monitoramento dos dispositivos da residência.

REFERÊNCIAS

- ABESE. **Manifesto pela segurança eletrônica brasileira**. 2018. Disponível em: <<http://www.abese.org.br/index.php/374-manifesto-pela-seguranca-eletronica-brasileira>>. Acesso em: 30 mar. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5444**: Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais. 1989. 9 p. Disponível em: <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM249/Material_de_aula/NBR_5444-1989_Simbolos_Graficos_para_Instalacoes_Prediais.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2018.
- AURESIDE. **Previsões para o mercado global de Automação Residencial**. 2016. Disponível em: <<http://aureside.blogspot.com.br/2016/10/previsoes-para-o-mercado-global-de.html>>. Acesso em: 22 abr. 2018.
- AURESIDE. **Automação Residencial: demanda na construção civil**. 2016. Disponível em: <<http://www.aureside.org.br/noticias/automacao-residencial--demanda-na-construcao-civil>>. Acesso em: 30 mar. 2018.
- BOLZANI, Caio Augustus Morais. **Desmistificando a domótica**. 2007. Disponível em: <<http://aureside.blogspot.com.br/2015/08/desmistificando-domotica.html>>. Acesso em: 11 jan. 2018.
- BOLZANI, Caio Augustus Morais. **Residências inteligentes**. São Paulo: Livraria da Física, 2004.
- BORGES, L. P.; DORES, R. C.. **Automação residencial sem fio utilizando bacnet/zigbee com foco em economia de energia**. 2010. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.
- CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. **Elementos de automação**. São Paulo: Érica, 2014. Disponível em: <<http://pergamum.unisul.br/pergamum/biblioteca/index.php>>. Acesso em: 31 mar. 2018.
- CARVALHO, Marco Antônio. **Brasil registra 28 mil homicídios no 1º semestre**. 2017. Disponível em: <<http://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,brasil-registra-28-mil-homicidios-no-1-semester,70001943908>>. Acesso em: 15 mai. 2018.
- CAVALCANTE, Thales. **A tecnologia bate a porta**. 2011. Disponível em: <<http://www.lpaarquitectura.com.br/dicas/a-tecnologia-bate-a-porta>>. Acesso em: 22 abr. 2018.
- EVANS, Martin; NOBLE, Joshua; HACHENBAUM, Jordan. **Arduino: Em ação**. 3. ed. São Paulo: Novatec, 2013. 423 p.
- FERREIRA, João Alexandre Oliveira. **Interface homem-máquina para domótica baseado em tecnologias Web**. 2008. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Florianópolis, 2002. Disponível em: <https://web.fe.up.pt/~ee01117/rel_6JUL.pdf>. Acesso em: 06 mai. 2018.

FERREIRA, Victor Zago Gomes. **A domótica como instrumento para a melhoria da qualidade de vida dos portadores de deficiência.** 2010. 28 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Automação Industrial, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnológica da Paraíba, João Pessoa, 2010. Disponível em: <https://editor.ifpb.edu.br/campi/joao-pessoa/cursos/cursos-superiores-de-tecnologia/automacao-industrial/arquivos/documentos/A_DOMOTICA_COMO_INSTRUMENTO_PARA_A_MELHORIA_DA_QUALIDADE_DE_VIDA_DOS_PORTADORES_DE_DEFICIENCIA.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2018.

FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. **Controladores lógicos programáveis: Sistemas discretos.** 2. ed. São Paulo: Érica, 2009. Disponível em: <<http://pergamum.unisul.br/pergamum/biblioteca/index.php>>. Acesso em: 31 mar. 2018.

FUENTES, André. **Índice aponta Brasil como 11º país mais inseguro do mundo.** 2017. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/blog/impavido-colosso/indice-aponta-brasil-como-11-pais-mais-inseguro-do-mundo/>> Acesso em: 10 jan. 2018.

GEORGINI, Marcelo. **Automação Aplicada: Descrição e Implementação de Sistemas Sequenciais com PLCs.** 9. ed. São Paulo: Érica, 2007. 236 p. Disponível em: <<http://pergamum.unisul.br/pergamum/biblioteca/index.php>>. Acesso em: 06 mai. 2018.

GOMES, Sinésio. **Controle e automação industrial III.** 2013. Disponível em: <<http://controleautomacaoindustrial3.blogspot.com/2013/08/>>. Acesso em: 31 mai. 2018.

GUERRA, Juarez. **Automação residencial:** São Caetano do Sul: Vídeo, 2006. 71 slides, color. Disponível em: <http://instalacoeseletricas.com/download/apre_aut_predial_cases.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2018.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 61131-3: Programmable controllers - Part 3: Programming languages.** 3.0 ed. 2013. Disponível em: <<https://webstore.iec.ch/publication/4552>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

LUIZ, André. **Controladores Lógicos Programáveis (CLP's).** Jataí: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2010. 30 p. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgGxEAL/93107170-apostila-clp-ladder?part=3>>. Acesso em: 31 mai. 2018.

MURATORI, José Roberto. **Os desafios do mercado da Automação Residencial.** 2015. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/a/os-desafios-do-mercado-da-automacao-residencial_8192>. Acesso em: 22 abr. 2018.

MURATORI, José Roberto; DAL BÓ, Paulo Henrique. **Automação residencial: histórico, definições e conceitos.** 2011. Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2011/04/Ed62_fasc_automacao_capI.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2018.

OLIVEIRA, Cláudio Luís Vieira; ZANETTI, Humberto Augusto Piovesana. **Arduino Descomplicado: Como Elaborar Projetos de Eletrônica.** São Paulo: Érica, 2015. 285 p. Disponível em: <<http://pergamum.unisul.br/pergamum/biblioteca/index.php>>. Acesso em: 06 mai. 2018.

OPENELECTRONICS. **Arduino as a programmable logic controller (PLC)**. 2014. Disponível em: <<https://www.open-electronics.org/arduino-as-a-programmable-logic-controller-plc/>>. Acesso em: 06 mar. 2018.

PENEDO, Sergio Ricardo Master. **Sistemas de controle: Matemática aplicada a projetos**. São Paulo: Érica, 2014. Disponível em: <<http://pergamum.unisul.br/pergamum/biblioteca/index.php>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

PRUDENTE, Francisco. **Automação predial e residencial: uma introdução**. Rio de Janeiro: Ltc, 2011. Disponível em: <<http://pergamum.unisul.br/pergamum/biblioteca/index.php>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

SILVA JÚNIOR, Júlio Peixoto da. **Linguagens de Programação para Controladores Lógicos Programáveis**. Maracanaú: Vídeo, 2011. 14 slides, color. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/juliopsj/linguagens-de-programao-clp>>. Acesso em: 06 mai. 2018.

SILVA, Bruno de Castro Rodrigues; CÂNDIDO, Luciano Antônio de Assunção. **Sistema de controle residencial baseado na plataforma Arduino**. 2011. 48 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Instituto Unificado de Ensino Superior Objetivo, Goiânia, 2011. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/80802432/Sistema-de-Controle-Residencial-Baseado-Na-Plataforma-Arduino>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

SILVA, Danise Suzy da. **Desenvolvimento de implantação de um sistema de supervisão de controle residencial**. 2009. 50 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

SILVA, Ivan Vieira Ferreira da; CARVALHO, Sérgio Silva de. Domótica: Uma aplicação de baixo custo com acesso web. **Saber Eletrônica**, São Paulo, v. 462, n. 48, p.10-15, jun. 2012.

STEVAN JUNIOR, Sergio Luiz; SILVA, Rodrigo Adamshuk. **Automação e Instrumentação Industrial com Arduino**. Teoria e Projetos. São Paulo: Érica, 2015. Disponível em: <<http://pergamum.unisul.br/pergamum/biblioteca/index.php>>. Acesso em: 24 abr. 2018.

TERUEL, E. C. **Uma proposta de framework para sistemas de automação residencial com interface para WEB**. 2008. 158 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia: Gestão, Desenvolvimento e Formação) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2008.

TEZA, Vanderlei Rabelo. **Alguns aspectos sobre a automação residencial - domótica**. 2002. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/83015/212312.pdf>>. Acesso em: 06 mai. 2018.

TREMEL, Daniel. **Automação residencial quer ganhar morador pela economia**. 2013. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2013/09/1348941-automacao-residencial-quer-ganhar-morador-pela-economia.shtml>>. Acesso em: 11 jan. 2018.

ANEXOS

ANEXO A - Código *Ladder software* LDmicro módulo 1

LADDER DIAGRAM:

```

1  || ; -- Controle iluminacao da sala 1 e cozinha -- ||
2  ||
3  ||
4  || XSalaCozinha1      T1      XSalaCozinha2      CSalaCozinha      XIntSC      YLampSalaCozinha
5  || -----] [-----[TON 500.0 ms]-----]/[-----[CTU >=1]-----]+-----] / [-----] ( ) -----||
6  || XSalaCozinha4      T2      XSalaCozinha3      CSalaCozinha      |
7  || -----] [-----[TON 500.0 ms]-----]/[-----[CTU >=1]-----]+-----] / [-----] ( ) -----||
8  || XSalaCozinha2      T3      XSalaCozinha1      CSalaCozinha      |
9  || -----] [-----[TON 500.0 ms]-----]/[-----[CTD >=1]-----]+-----] / [-----] ( ) -----||
10 || XSalaCozinha3      T4      XSalaCozinha4      CSalaCozinha      |
11 || -----] [-----[TON 500.0 ms]-----]/[-----[CTD >=1]-----]+-----] / [-----] ( ) -----||
12 ||
13 || ; -- Controle ilumicacao do quarto 1 -- ||
14 ||
15 ||
16 || XQuarto11      T5      XQuarto12      CIntQ1      XIntQ1      YLampQuarto1
17 || -----] [-----[TON 500.0 ms]-----]/[-----[CTU >=1]-----]+-----] / [-----] ( ) -----||
18 || XQuarto12      T6      XQuarto11      CIntQ1      |
19 || -----] [-----[TON 500.0 ms]-----]/[-----[CTD >=1]-----]+-----] / [-----] ( ) -----||
20 ||
21 || ; -- Controle iluminacao do quarto 2 -- ||
22 ||
23 ||
24 || XQuarto21      T7      XQuarto22      CQuarto2      XIntQ2      YLampQuarto2
25 || -----] [-----[TON 500.0 ms]-----]/[-----[CTU >=1]-----]+-----] / [-----] ( ) -----||
26 || XQuarto22      T8      XQuarto21      CQuarto2      |
27 || -----] [-----[TON 500.0 ms]-----]/[-----[CTD >=1]-----]+-----] / [-----] ( ) -----||
28 ||
29 || ; -- Controle iluminacao do quarto 3 -- ||
30 ||
31 ||
32 || XQuarto31      T9      XQuarto32      CQuarto3      XIntQ3      YLampQuarto3
33 || -----] [-----[TON 500.0 ms]-----]/[-----[CTU >=1]-----]+-----] / [-----] ( ) -----||
34 || XQuarto32      T10     XQuarto31      CQuarto3      |
35 || -----] [-----[TON 500.0 ms]-----]/[-----[CTD >=1]-----]+-----] / [-----] ( ) -----||
36 ||
37 || ; -- Controle iluminacao banheiro 1 -- ||
38 ||
39 ||
40 || XBanheiro11     T11     XBanheiro12     CBanheiro1     YLampBanheiro1
41 || -----] [-----[TON 500.0 ms]-----]/[-----[CTU >=1]-----]+-----] / [-----] ( ) -----||
42 || Xnew            T12     XBanheiro11     CBanheiro1     |
43 || -----] [-----[TON 500.0 ms]-----]/[-----[CTD >=1]-----]+-----] / [-----] ( ) -----||
44 ||
45 ||

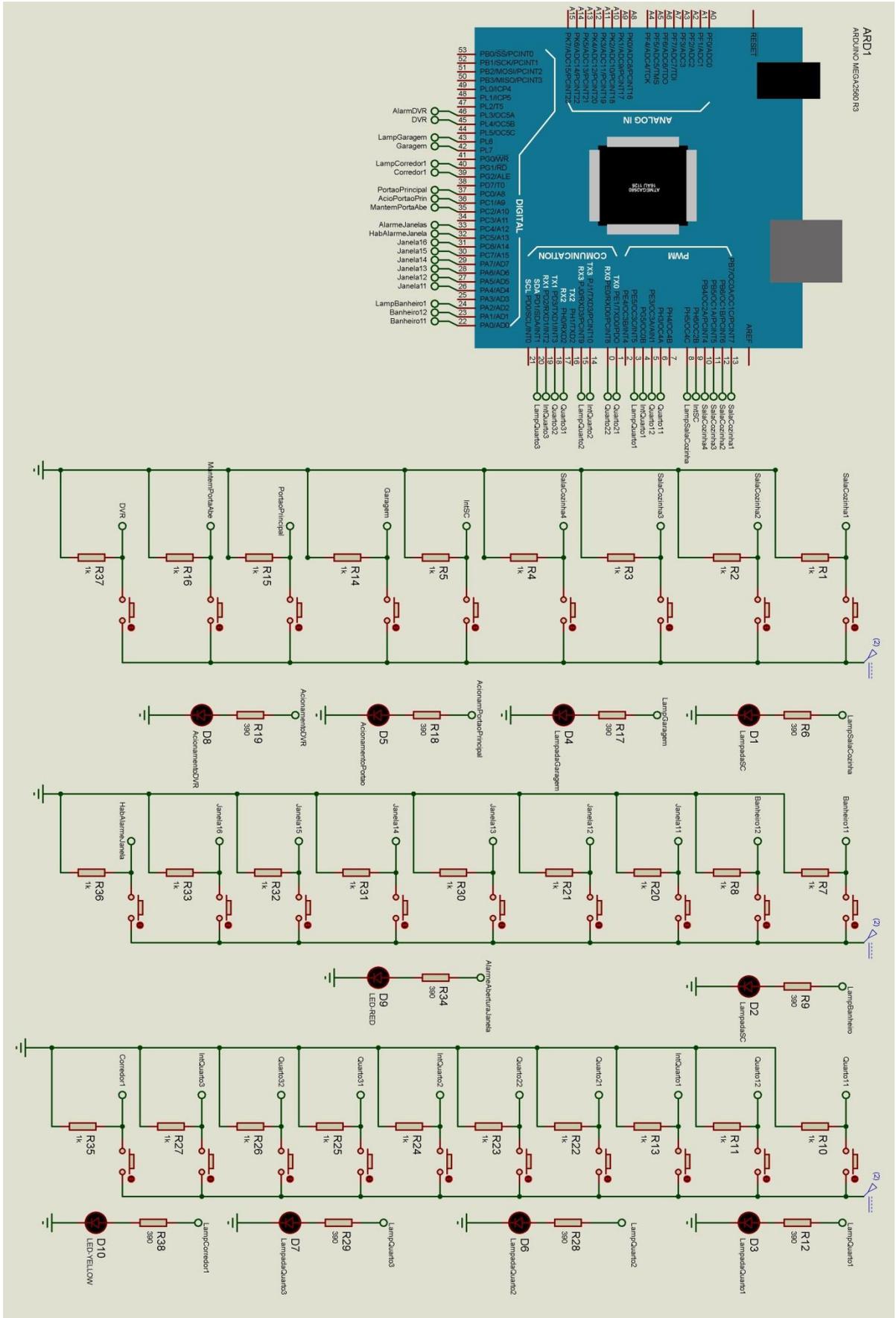
```

```

11 ; -- Controle abertura das janelas --
12 |XHabAlarmeJanela   XJanelal1   YAlarmeJanelas
|-----] [-----] [-----+-----] ( )-----|
|           |           |           |
|           | XJanelal2 |           |
|           | +-----] [-----+
|           |           |           |
|           | XJanelal3 |           |
|           | +-----] [-----+
|           |           |           |
|           | XJanelal4 |           |
|           | +-----] [-----+
|           |           |           |
|           | XJanelal5 |           |
|           | +-----] [-----+
|           |           |           |
|           | XJanelal6 |           |
|           | +-----] [-----+
13 ; -- Controle de abertura/fechamento do portao principal --
14 |XMantemPortaoAbe  XAcioPortaoPrin   T14   YPortaoPrincipal
|-----]/[-----] [-----[TOF 60.000 s]-----] ( )-----|
15 ; -- Acionamento iluminacao do corredor 1 --
16 | XCorredor1   T15   YLampCorredor1
|-----] [-----[TOF 15.000 s]-----] ( )-----|
17 ; -- Controle iluminacao da garagem --
18 | XGaragem   T16   YLampGaragem
|-----] [-----[TOF 120.000 s]-----] ( )-----|
19 ; -- Acionamento alarme por DVR --
20 | XDVR   YAlarmeDVR
|-----] [-----] ( )-----|
|-----[END]-----|

```


ANEXO C - Esquema elétrico módulo 1



ANEXO D - Esquema eléctrico módulo 2

