

Universidade Federal de Ouro Preto  
Departamento de Engenharia Elétrica

Automação Residencial - Sistema Integrado de Uma  
Residência Inteligente Utilizando Controlador Lógico  
Programável

Henrique Santos Morais

João Monlevade, MG  
2017

Universidade Federal de Ouro Preto  
Departamento de Engenharia Elétrica

# Automação Residencial - Sistema Integrado de Uma Residência Inteligente Utilizando Controlador Lógico Programável

Henrique Santos Morais

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Engenharia

Orientadora: Anny Verly, Msc.

João Monlevade, MG

2017

M827a      Morais, Henrique Santos.  
Automação residencial [manuscrito]: sistema integrado de uma residência inteligente utilizando controlador lógico programável / Henrique Santos Morais. - 2017.

90f.: il.: color; tabs.

Orientador: Prof. Me. Anny Verly.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Departamento de Engenharia Elétrica.

1. Engenharia de controle automático. 2. Controladores programáveis. 3. Automação Residencial. 4. Sistemas de controle supervisório. I. Verly, Anny. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 681.5



### ATA DE DEFESA

Aos 05 dias do mês de abril de 2017, às 21 horas, no bloco H deste instituto, foi realizada a defesa de monografia pelo (a) formando (a) Henrique Santos Morais, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores: *Anny Verly, Rodrigo Augusto Ricco e Víctor Costa da Silva Campos*.

O (a) candidato (a) apresentou a monografia intitulada: *Automação Residencial - Sistema Integrado de Uma Residência Inteligente Utilizando Controlador Lógico Programável*. A comissão examinadora deliberou, por unanimidade, pela Aprovação do(a) candidato(a), com a nota média 10, de acordo com a tabela 1. Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da comissão examinadora e pelo (a) formando(a).

Tabela 1 – Notas de avaliação da banca examinadora

Banca Examinadora	Nota
<i>Rodrigo Augusto Ricco</i>	<i>10</i>
<i>Víctor Costa da Silva Campos</i>	<i>10</i>
<i>Anny Verly</i>	<i>10</i>
<b>Média</b>	<b>10</b>

João Monlevade, 05 de abril de 2017.

*Anny Verly*

Professor(a) Orientador(a)

*Henrique Santos Morais*

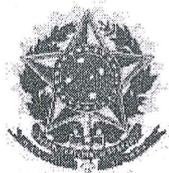
Aluno (a)

*Víctor Costa da Silva Campos*

Professor(a) Convidado(a)

*[Assinatura]*

Professor(a) Convidado(a)



---

**ANEXO X - TERMO DE RESPONSABILIDADE**

O texto do trabalho de conclusão de curso intitulado  
“Automação Residencial - Sistema Integrado de Uma Residência  
Inteligente Utilizando Controlado Lógico Programável”

é de minha inteira responsabilidade. Declaro que não há utilização indevida de texto, material fotográfico ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem a devida citação ou consentimento dos referidos autores.

João Monlevade, 05 de abril de 2017 .

Henrique Santos Moraes

Nome completo do(a) aluno(a)

# Agradecimentos

Agradeço a Deus, primeiramente, pelo seu infinito amor, que excede a todo o entendimento, e que nos permite caminhar segundo a sua maravilhosa graça, que traz salvação a todos. À minha companheira Naylla, que sempre lutou ao meu lado em cada conquista realizada. À minha família, por todo apoio e suporte para eu pudesse chegar até aqui. Aos amigos Marcos e Fernando, por todo o seu companheirismo, pelas provas estudadas juntos, pelos trabalhos e pelas risadas durante todo esse tempo. Aos professores Victor e Anny, por todos os conselhos e incentivos pela busca de grandes realizações profissionais. Ao Seleme e Fernando, exemplos de profissionais, por todos os ensinamentos e pela paciência para comigo. A todos os amigos e companheiros que conheci durante todo o curso.

Que Deus nos abençoe!

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>1</b>
1.1.1	Objetivos Gerais	1
1.1.2	Frente 1	1
1.1.3	Frente 2	2
<b>1.2</b>	<b>Estado Atual da Arte</b>	<b>2</b>
<b>1.3</b>	<b>Estrutura do Projeto</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL</b>	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>Classificação dos Sistemas Domóticos</b>	<b>4</b>
2.1.1	Sistemas Distribuídos	5
2.1.2	Arquitetura Centralizada	5
2.1.3	Arquitetura Descentralizada	6
<b>2.2</b>	<b>Sistemas Integrados: O Cabeamento Estruturado</b>	<b>7</b>
<b>2.3</b>	<b>Protocolos de Comunicação</b>	<b>8</b>
2.3.1	Principais Protocolos de Comunicação: <i>Profibus</i>	9
2.3.2	Principais Protocolos de Comunicação: <i>Foundation Fieldbus</i>	11
2.3.3	Principais Protocolos de Comunicação: <i>DeviceNet</i>	13
2.3.4	Principais Protocolos de Comunicação: <i>Ethernet TCP/IP</i>	13
<b>2.4</b>	<b>Níveis da Automação</b>	<b>14</b>
2.4.1	Considerações Finais	16
<b>3</b>	<b>DISPOSITIVOS</b>	<b>17</b>
<b>3.1</b>	<b>Sensores</b>	<b>18</b>
3.1.1	Chave Fim de Curso	18
3.1.2	Sensor Óptico	19
3.1.3	Sensor de Proximidade Indutivo	20
3.1.4	Sensor de Presença	21
3.1.5	Sensor de Fumaça	21
3.1.6	Sensor de Nível	22
<b>3.2</b>	<b>Atuadores</b>	<b>23</b>
3.2.1	Relés	23
<b>3.3</b>	<b>PLC</b>	<b>24</b>
3.3.1	Classificação	26
3.3.2	Descrição de Funcionamento	27
3.3.3	Programação do PLC: A Linguagem <i>Ladder</i>	28
3.3.4	Considerações Finais	29
<b>4</b>	<b>PROJETO</b>	<b>30</b>

<b>4.1</b>	<b>Descritivo Funcional - Etapa 1</b>	<b>30</b>
4.1.1	Iluminação Externa	30
4.1.2	Irrigação de Jardim	33
4.1.3	Portão de Garagem Eletrônico	33
4.1.4	Caixa D'água	35
<b>4.2</b>	<b>Programação do Controlador - Etapa 2</b>	<b>37</b>
<b>4.3</b>	<b>Sistema Supervisório - Etapa 3</b>	<b>41</b>
<b>4.4</b>	<b>Considerações Finais</b>	<b>42</b>
<b>5</b>	<b>CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO RESIDENCIAL</b>	<b>43</b>
<b>5.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>43</b>
<b>5.2</b>	<b>Protótipo</b>	<b>43</b>
<b>5.3</b>	<b>Sensores</b>	<b>44</b>
<b>5.4</b>	<b>Descritivo Funcional: Modos de Operação da Planta</b>	<b>47</b>
5.4.1	Modo Automático	47
5.4.2	Modo Manual	48
<b>5.5</b>	<b>Programação do Controlador</b>	<b>49</b>
<b>5.6</b>	<b>Sistema SCADA</b>	<b>54</b>
<b>5.7</b>	<b>Comunicação PLC - Supervisório</b>	<b>56</b>
5.7.1	Protocolo de Comunicação <i>Modbus</i> TCP/IP	56
5.7.2	Acesso aos dados <i>Modbus</i>	57
5.7.3	Endereçamento <i>Modbus</i>	58
5.7.4	Servidor OPC	58
<b>5.8</b>	<b>Diagrama Unifilar da Planta</b>	<b>62</b>
<b>5.9</b>	<b>Resultados</b>	<b>63</b>
<b>5.10</b>	<b>Considerações Finais</b>	<b>66</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>67</b>
<b>6.1</b>	<b>Conclusões</b>	<b>67</b>
<b>6.2</b>	<b>Trabalhos Futuros</b>	<b>67</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>69</b>
	<b>ANEXO A – LÓGICA DO CONTROLADOR</b>	<b>72</b>
	<b>ANEXO B – SISTEMA SUPERVISÓRIO</b>	<b>76</b>

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Arquitetura Centralizada. . . . .	6
Figura 2 – Arquitetura Descentralizada. . . . .	7
Figura 3 – Sistemas Integrados. . . . .	8
Figura 4 – Comunicação <i>Profibus</i> . . . . .	10
Figura 5 – Comunicação <i>ProfiNet</i> . . . . .	11
Figura 6 – Comunicação <i>Fieldbus</i> . . . . .	13
Figura 7 – Conector RJ45. . . . .	14
Figura 8 – Pirâmide de Automação. . . . .	15
Figura 9 – Interação entre Dispositivos e Ambiente. . . . .	18
Figura 10 – Chave Fim de Curso. . . . .	19
Figura 11 – Sensor Óptico Barreira. . . . .	20
Figura 12 – Sensor Indutivo. . . . .	21
Figura 13 – Sensor Infravermelho. . . . .	21
Figura 14 – Detector de Incêndio. . . . .	22
Figura 15 – Sensor de Nível. . . . .	23
Figura 16 – Funcionamento Básico Relé. . . . .	24
Figura 17 – Estrutura do PLC. . . . .	25
Figura 18 – PLC <i>ControlLogix5000</i> . . . . .	26
Figura 19 – Ciclo de <i>Scan</i> do PLC. . . . .	27
Figura 20 – Linguagem <i>Ladder</i> . . . . .	28
Figura 21 – Processo Iluminação Externa. . . . .	31
Figura 22 – Áreas da Residência. . . . .	32
Figura 23 – Processo de abertura e fechamento do portão eletrônico. . . . .	34
Figura 24 – Processo enchimento caixa d’água. . . . .	36
Figura 25 – Programa Portão de Garagem. . . . .	38
Figura 26 – Supervisório Portão de Garagem. . . . .	41
Figura 27 – Protótipo - Perspectiva Frontal. . . . .	44
Figura 28 – Protótipo - Perspectiva Lateral. . . . .	44
Figura 29 – Sensor Infravermelho HC-SR501. . . . .	45
Figura 30 – Circuito Sensor Infravermelho. . . . .	45
Figura 31 – Circuito Condicionador - Sensor Infravermelho. . . . .	46
Figura 32 – Sensor de Luminosidade. . . . .	46
Figura 33 – Modo Automático - Protótipo. . . . .	48
Figura 34 – Modo Manual - Protótipo. . . . .	49
Figura 35 – Lógica de Controle - Mapeamento das Entradas . . . . .	50
Figura 36 – Lógica de Controle - Seleção do Modo de Operação. . . . .	51
Figura 37 – Lógica de Controle - Programação dos Modos de Operação. . . . .	52
Figura 38 – Lógica de Controle - Programação dos Modos de Operação. . . . .	53
Figura 39 – Lógica de Controle - Mapeamento das Saídas. . . . .	54

Figura 40 – Supervisório - Dia - Automático. . . . .	55
Figura 41 – Supervisório - Dia - Manual. . . . .	55
Figura 42 – Supervisório - Noite - Automático. . . . .	56
Figura 43 – Supervisório - Noite - Manual. . . . .	56
Figura 44 – Comunicação <i>TWIDO TWDLCAE40DRF</i> . . . . .	57
Figura 45 – Configuração Servidor OPC. . . . .	59
Figura 46 – Configuração de Variáveis no Servidor OPC. . . . .	60
Figura 47 – Cliente OPC. . . . .	61
Figura 48 – Variáveis no Cliente OPC. . . . .	62
Figura 49 – Diagrama Unifilar. . . . .	63
Figura 50 – Planta Residencial. . . . .	64
Figura 51 – Planta Residencial. . . . .	65
Figura 52 – Programa Iluminação Externa. . . . .	72
Figura 53 – Programa Caixa d’Água. . . . .	74
Figura 54 – Programa Jardim. . . . .	75
Figura 55 – Supervisório - Tela Principal. . . . .	76
Figura 56 – Supervisório Iluminação Externa. . . . .	77
Figura 57 – Supervisório Caixa d’Água. . . . .	77

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Modelo de dados <i>Modbus</i> . . . . .	58
Tabela 2 – Prefixos <i>Modbus</i> . . . . .	58
Tabela 3 – Prefixos <i>Modbus</i> . . . . .	58

# Lista de abreviaturas e siglas

CFTV	Circuito Fechado de Televisão
TI	Tecnologia da Informação
NA	Normalmente Aberto
NF	Normalmente Fechado
PID	Proporcional Integral Derivativo
IHM	Interface Homem-Máquina
IP	Do inglês <i>Internet Protocol</i>
LED	Do inglês <i>Light Emitting Diode</i>
LD	Do inglês <i>Ladder</i>
MAC	Do inglês <i>Media Access Control</i>
PLC	Do inglês <i>Programmable Logic Controller</i>
SCADA	Do inglês <i>Supervisory Control And Data Acquisition</i>
SFC	Do inglês <i>Sequential Function Chart</i>
TCP/IP	Do inglês <i>Internet Protocol/Transmission Control Protocol</i>
OPC	Do inglês <i>OLE for Process Control</i>
MES	Do inglês <i>Manufacturing Execution Systems</i>
IEC	Do inglês <i>International Electrotechnical Commission</i>
AI	Do inglês <i>Analogic Input</i>
AO	Do inglês <i>Analogic Output</i>
CPU	Do inglês <i>Central Processing Unit</i>
FBD	Do inglês <i>Function Block Diagram</i>
I/O	Do inglês <i>Input/Output</i>
PC	Do inglês <i>Personal Computer</i>
MDF	Do inglês <i>Medium Density Fiberboard</i>
EN	Do francês Européen Normalisation

# Resumo

Apresentada ao mundo em tempos passados por meio de filmes e séries de televisão, a automação residencial tem difundido ideias inovadoras, capazes de conciliar segurança, conforto, praticidade e redução de custos, devido principalmente, à economia de energia proporcionada pelos dispositivos de tecnologia de ponta, utilizados nos mais variados processos. Crescendo juntamente com os avanços da tecnologia, a automação residencial tem gerado grandes expectativas às empresas que buscam um mercado de trabalho de ampla tecnologia, modernidade, durabilidade e com grande área de atuação. Consequentemente, a automação residencial tem gerado novas oportunidades de trabalho a profissionais dos ramos de engenharia e sistemas de informação, num cenário tão carente de vagas e oportunidades a estes.

Sendo assim, a proposta deste trabalho consiste na implementação de um sistema integrado de automação residencial, utilizando-se das inúmeras vantagens proporcionadas pelo Controlador Lógico Programável (PLC), em um projeto de residência inteligente. Inicialmente, foi desenvolvido um projeto de sistema de automação de arquitetura centralizada, automatizando alguns dos principais processos encontrados em uma residência. Nesta primeira frente, foi utilizando um PLC *Rockwell Automation CompactLogix* como controlador, e sistema supervisório *FactoryTalk View Studio*.

Na segunda frente deste trabalho, com o objetivo de conceber um sistema de automação que permitisse aos demais alunos do curso de Engenharia Elétrica, na Universidade Federal de Ouro Preto, o acesso a sistemas integrados de automação, não somente através de simulações, mas também através de aplicações reais, foi desenvolvida uma bancada experimental de uma residência, com controle de iluminação através de um PLC *Schneider* modelo *TWIDO TWDLCAE40DRF* e sistema supervisório *Rockwell FactoryTalk View Studio*, que poderá ser utilizada na disciplina de Informática Industrial do curso, não somente para aprendizado dos alunos, mas também para desenvolvimento de novas aplicações em automação residencial.

Palavras chave: Controlador Lógico Programável, Supervisório, Automação Residencial.

# Abstract

Presented to the world in past times through films and television series, home automation has spread innovative ideas capable of combining safety, comfort, convenience and cost savings, mainly due to energy savings provided by advanced technology devices used in the most various processes. Growing along with advances in technology, home automation has generated great expectations for companies looking for a job market of comprehensive technology, modernity, durability and great area of activity. Consequently, home automation has generated new job opportunities to professionals of branches engineering and information systems in a scenery so needy of job vacancy and opportunities to these.

Therefore, the proposal of this work consists in the implementation of a integrated home automation system, using the numerous advantages provided by the by the Programmable Logic Controller (PLC) in a smart home project. Initially, a project of an automation system of centralized architecture was developed, automating some of the main processes found in a residence. In this first front, an Rockwell Automation PLC CompactLogix was used as a controller, and FactoryTalk View Studio supervisory system.

In the second front of this work, with the objective of designing an automation system that allowed the other students of the Electrical Engineering course at the Federal University of Ouro Preto access to integrated automation systems, not only through simulations, but also through real applications, was developed an experimental bench of a residence, with lighting control through system using an Schneider PLC model TWIDO TWDLCAE40DRF and Rockwell supervisory system FactoryTalk View Studio, which can be used in the discipline of Industrial Computing of the course, not only for students' learning, but also for the development of of new applications in residential automation.

Keywords: Programmable Logic Controller, Supervisory, Home Automation.

# 1 Introdução

Ao longo dos anos, o setor industrial tem desfrutado das grandes proporcionalidades geradas pelo avanço tecnológico. Sistemas antes operados manualmente, ineficientes e que geravam riscos à saúde dos operadores foram substituídos por dispositivos eletrônicos, máquinas e pela automatização dos processos. O que difere os dias presentes das últimas décadas, é que esta otimização, antes exclusiva do setor industrial por gerar tanto gastos como lucros em grande escala, tornou-se presente também dentro das residências, edifícios e comércios. No setor residencial, o conforto e a comodidade são buscados a cada dia. Tarefas rotineiras como abrir o portão de uma garagem ou irrigar o jardim da residência consomem além de esforço físico, algo que parece se tornar cada vez mais escasso no dia-dia de todos: o tempo.

Com o objetivo de proporcionar conforto, segurança e bem-estar dos lares, surgiu a domótica. O termo domótica é utilizado nos países europeus como referência à automação residencial, ou *Home Automation*, nos Estados Unidos, e dá-se pela fusão das palavras *domus*, que significa casa, e robótica. Além da melhoria da qualidade de vida doméstica a domótica oferece, também, a redução de custos no dia-dia, com equipamentos de alta tecnologia eficazes, que consomem menos energia elétrica e possuem maior tempo de vida útil do que os dispositivos tradicionais.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivos Gerais

Como finalidade deste trabalho, de um modo geral, é proposta a implementação de um sistema de automação residencial, integrado e de arquitetura centralizada, utilizando controlador lógico programável e sistema supervisório. Utilizando conceitos implementados na indústria, como sistemas de acionamento de motores, dispositivos de proteção, dispositivos inteligentes e sistemas de alarme e segurança, propõe-se conceber um sistema composto por sensores e atuadores, todos conectados ao controlador, e este conectado a um servidor onde será instalado o *software* de supervisão para controle e monitoramento residencial.

### 1.1.2 Frente 1

Especificamente, esse trabalho possui duas frentes. São objetivos da primeira frente, utilizando como controlador, o PLC *CompactLogix* e sistema supervisório *FactoryTalk View Studio*, ambos da empresa *Rockwell Automation*, implementar, automatizar e monitorar, através de simulações, os seguintes processos encontrados em uma residência:

- Iluminação externa.
- Irrigação de jardim.
- Portão de garagem eletrônico.
- Caixa d'água.

### 1.1.3 Frente 2

Na segunda frente, objetiva-se empregar uma lógica de controle e supervisão de iluminação externa em um protótipo residencial. O protótipo desenvolvido poderá ser explorado na disciplina de Informática Industrial ofertada ao décimo período do curso de Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Ouro Preto. O controlador utilizado será o PLC *Schneider* modelo *TWIDO TWDLCAE40DRF* e sistema *SCADA FactoryTalk View Studio* pertencente à empresa *Rockwell Automation*.

## 1.2 Estado Atual da Arte

Com o avanço tecnológico, cresce a necessidade de atualização e de formação contínua de um profissional. Nos dias de hoje, o conhecimento e domínio da tecnologia atualmente empregada é fundamental para que o profissional mantenha-se ativo no mercado de trabalho em qualquer área. Segundo Georgini (2000), na automatização de processos, o PLC é o protagonista dentre as demais soluções nos diferentes tipos de aplicações.

De acordo com Bingol et al. (2014), sistemas inteligentes vem ganhando destaque em residências, shoppings e hotéis nos últimos anos. Um sistema de automação residencial precisa ser efetivo, fácil de ser aplicado e viável economicamente. O PLC é considerado uma opção vantajosa por muitos motivos, como por exemplo, poder executar mudanças no *software* e salvar dados por um longo período de tempo, no caso de perda de energia, retomando assim o algoritmo dos programas com o retorno de fonte de energia.

Na automação há a necessidade de que os dispositivos sejam capazes de se integrar aos mais novos sistemas da tecnologia. Assim, com a substituição dos protocolos de internet IPv4 pelos protocolos IPv6, Herández, Martínez e Pujante (2004) realizam um sistema de iluminação residencial e monitoramento de segurança controlado por um PLC conectado a um dispositivo IPv6.

Dentre as vantagens da utilização de PLC's na automação residencial, destacam-se também, segundo Mahapatra, Jain e Singh (2014), o controle de sistemas complexos, facilidade da programação do sistema e, conseqüentemente, redução do tempo sem funcionamento durante a resolução de determinado problema, possibilidade de controlar outros sistemas simultaneamente, e finalmente, a confiabilidade e durabilidade de seus

componentes, fazem com que o PLC possa operar por muitos anos. Neste mesmo trabalho, Mahapatra, Jain e Singh (2014) fazem uma proposta de automação residencial que consiste em otimizar um sistema de iluminação interna utilizando um PLC da família *RSLogix500* da empresa *Rockwell Automation*.

Além das vantagens proporcionadas pelos PLC's na automação residencial citadas anteriormente, um sistema automatizado deve, também, estar voltado para questões de eficiência energética e redução do consumo de energia elétrica, procurando sempre otimizar tais processos. Com este princípio em foco, Monteiro et al. (2011) desenvolvem a automação dos sistemas de iluminação e controle de temperatura de um edifício utilizando um PLC da empresa *Metaltex*, diminuindo assim o consumo de energia elétrica no edifício.

### 1.3 Estrutura do Projeto

O presente trabalho se divide da seguinte forma:

O Capítulo 2 destina-se a apresentações de definições relacionadas a processos de automação num todo. São apresentados os principais protocolos de comunicação, níveis da automação, tipos de arquiteturas existentes e vantagens proporcionadas pela automação residencial.

O Capítulo 3 apresenta os dispositivos comumente encontrados nos processos residenciais a serem automatizados. São apresentados os diferentes tipos de sensores que são empregados nos principais processos da automação residencial, bem como os atuadores que são responsáveis pelo acionamento dos motores e equipamentos eletrônicos em uma residência, e o controlador lógico programável (PLC), responsável pelo controle desses dispositivos.

No Capítulo 4 apresentam-se os sistemas nos quais a automatização residencial é proposta. São apresentados os descritivos funcionais, lógicas do controlador e o supervisor da desenvolvido. A aplicação dos sistemas desenvolvidos neste capítulo destina-se a uma residência fictícia.

No Capítulo 5 é apresentado o projeto do protótipo de uma residência, com controle de iluminação utilizando o PLC *TWIDO TWDLCAE40DRF Schneider* e sistema *SCADA FactoryTalk View Studio Rockwell Automation*.

No capítulo 6 são feitas discussões, apresentadas as conclusões sobre todo o trabalho realizado e sugestões a trabalhos futuros.

## 2 Automação Residencial

Nos últimos anos a automação residencial tem chamado a atenção de pessoas por todo o mundo. De acordo com a AURESIDE (2016) (Associação Brasileira de Automação Residencial), o aumento considerável dos benefícios gerados através da integração de dispositivos eletroeletrônicos e eletromecânicos, e também a redução de consumo de recursos de água e energia elétrica em uma residência são frutos da automação residencial e tem enchido os olhos de profissionais e apreciadores dos avanços da tecnologia em todo o mundo. A automação residencial tem conciliado os deleites buscados em uma residência, como conforto, comodidade e segurança, à redução de custos. Dessa forma, cada dia mais e mais profissionais optam por este crescente e promissor mercado de trabalho.

O capítulo que segue, destina-se à conceitualização de alguns dos temas utilizados na automação residencial, como tipos de arquitetura e níveis de automação.

### 2.1 Classificação dos Sistemas Domóticos

Em um sistema de controle, a interação entre os dispositivos presentes na rede de automação e a disposição dos mesmos é especificada segundo a arquitetura do sistema. Na domótica não é diferente. Os principais modelos de arquiteturas existentes na automação, são os modelos de arquitetura centralizada e de arquitetura descentralizada.

Atualmente, é possível encontrar sistemas automatizados na maioria das residências, tais como portões automáticos, iluminações acionadas por sensores de presença, torneiras automáticas, persianas, TV's e sistemas de som controlados por *smartphones*. Porém, na maioria das residências, estes são sistemas independentes, ou seja, não se comunicam uns com os outros e possuem seus próprios controladores, sensores e atuadores.

Dentre as principais características que devem ser encontradas em um sistema inteligente, estão a capacidade de integração de todos os sistemas presentes em cada processo, possibilidade de atuação dos dispositivos em variadas situações, facilidade de interação com o usuário e a facilidade de programação do controlador (BOLZANI, 2004a).

Desta forma, sistemas com arquiteturas centralizadas ou descentralizadas, são preferíveis em relação aos sistemas independentes (ou distribuídos) no processo de automatização de uma residência, pois, dentre as principais vantagens proporcionadas, possibilitam a comunicação entre os dispositivos de diferentes processos, como por exemplo, a iluminação externa de uma casa ser acionada devido a abertura do portão de garagem da mesma.

### 2.1.1 Sistemas Distribuídos

Na maioria das residências não automatizadas, os processos compõem um sistema distribuído, onde cada processo é independente dos demais. Nos sistemas distribuídos, cada sistema possui suas próprias ligações, seus próprios dispositivos de controle, sensores e atuadores.

Apesar de ser o modelo mais comum na maioria das residências, a autonomia desses processos necessita de diversos tipos de cabeamentos ligados em diferentes lugares da residência, além de muitos dispositivos designados para a realização dos deveres de cada um (BOLZANI, 2004a).

Esse modelo de sistema pode gerar transtornos tanto na alocação de todos os dispositivos e cabeamentos, como também em casos de rompimento de cabos ou falhas em dispositivos, por não haver diagnóstico imediato do estado dos mesmos.

São, também, fatores característicos do modelo da arquitetura distribuída, o acionamento local dos atuadores e a falta de comunicação entre dispositivos de diferentes processos.

### 2.1.2 Arquitetura Centralizada

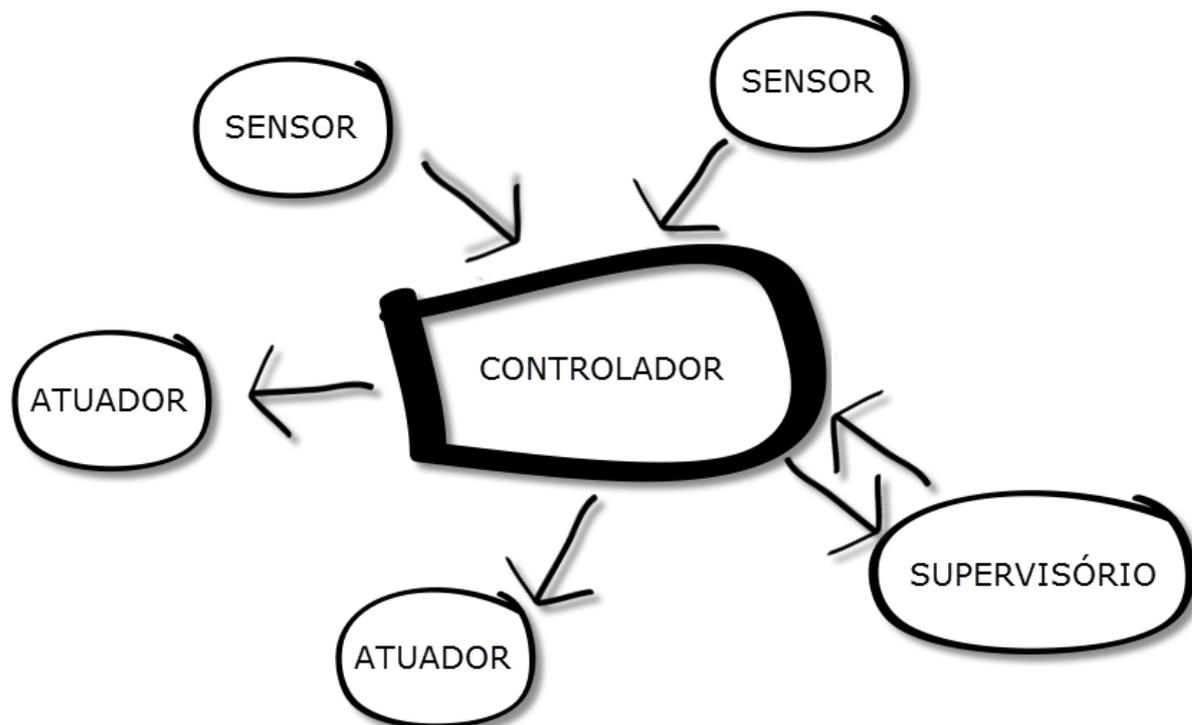
Nos sistemas domóticos de arquitetura centralizada, os dispositivos de cada sistema são conectados a um controlador que recebe as informações providas pelos sensores e, de acordo com o programa inserido, realiza o acionamento dos atuadores em cada processo, e envia informações ao sistema supervisor (CASADOMO, 2016).

Sistemas centralizados proporcionam diagnóstico de estado dos dispositivos conectados ao controlador. Assim, caso ocorra rompimento de cabos de conexão com os dispositivos, o controlador indicará qual dispositivo está em falha. Dispositivos eletrônicos como sensores e atuadores frequentemente entram em falhas devido à quedas de energia, ou instabilidade na rede de alimentação dos mesmos. O diagnóstico do estado dos dispositivos em toda a rede de automação na residência otimiza o tempo de resolução de problemas em caso de defeito desses dispositivos.

São características dos sistemas de arquitetura centralizada, o acionamento local e/ou remoto dos equipamentos e uma central de automação ou processamento na rede (SILVA, 2009).

A Figura 1 representa o modelo de um sistema com arquitetura centralizada.

Figura 1 – Arquitetura Centralizada.



Fonte: Do Autor.

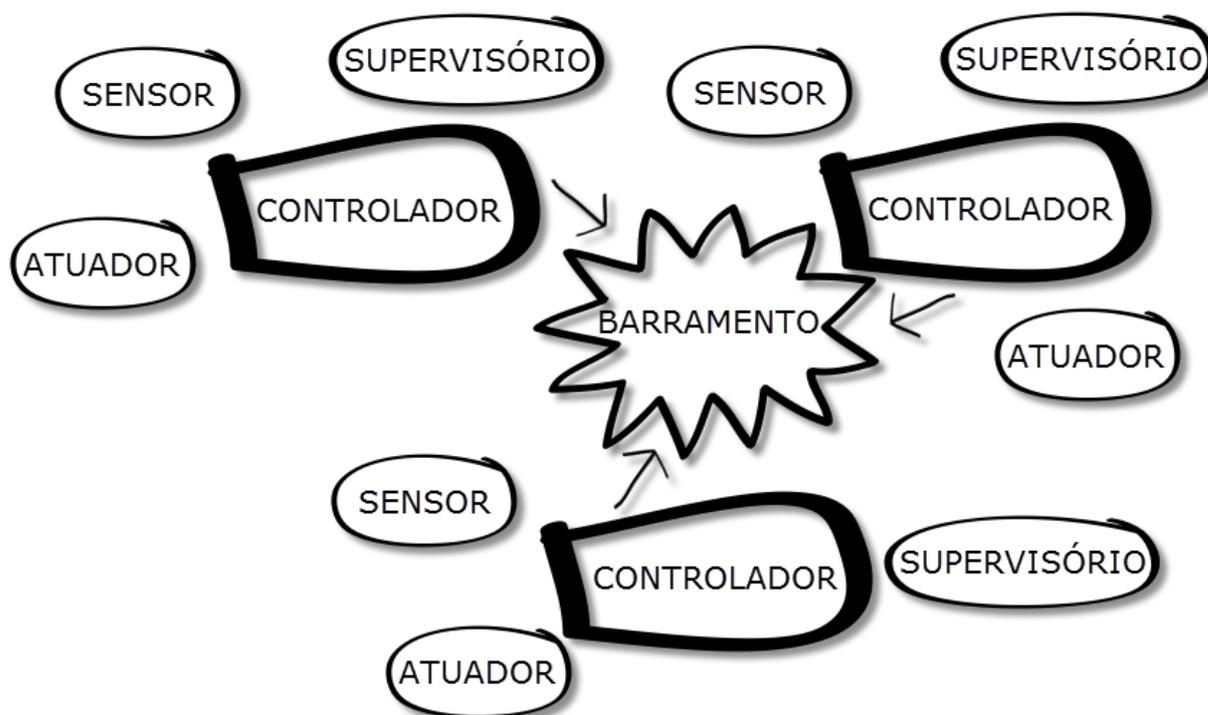
### 2.1.3 Arquitetura Descentralizada

Sistemas de automação com arquitetura descentralizada diferem dos sistemas de arquitetura centralizada por possuírem mais de um controlador. Os controladores são conectados através de um barramento que permite a comunicação entre eles. Desta forma, cada controlador irá receber os dados dos sensores conectados a ele, e, de acordo com o programa, enviará comandos de acionamento aos seus respectivos atuadores.

A arquitetura descentralizada é necessária quando a quantidade de variáveis e dados em um processo é muito grande para apenas um controlador, ou quando há muitos processos diferentes, que quando somados, se tornam inviáveis de serem gerenciados por apenas um controlador.

A Figura 2 representa o modelo de um sistema com arquitetura descentralizada.

Figura 2 – Arquitetura Descentralizada.



Fonte: Do Autor.

## 2.2 Sistemas Integrados: O Cabeamento Estruturado

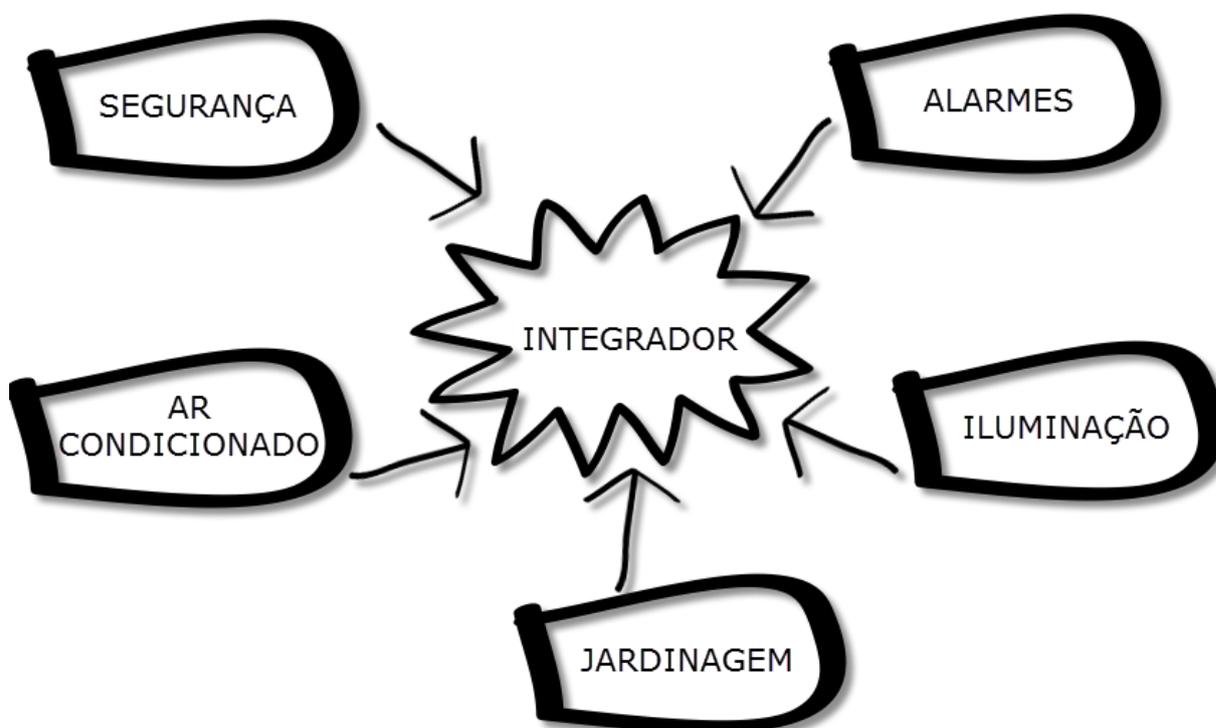
Em uma residência existem grandes quantidades de diferentes processos que podem ser automatizados, com seus respectivos dispositivos. A possibilidade de comunicação entre estes dispositivos é fundamental para o projeto de uma residência inteligente. A padronização de uma rede residencial de comunicação para os dispositivos é buscada constantemente por empresas especializadas e profissionais do ramo (AURESIDE, 2016). Através dessa padronização, a comunicação entre os dispositivos se torna mais simples, o que possibilita a concepção de um sistema inteligente eficaz e maleável, com alta velocidade de transmissão de dados e com a possibilidade de novos dispositivos serem adicionados ao sistema sem que haja obstáculos para a comunicação entre estes. Assim, se faz necessário um planejamento adequado de uma infraestrutura capaz de suprir as necessidades de uma rede doméstica. A partir dessa necessidade surgiram os sistemas de cabeamento estruturado.

A fim de que haja uma padronização, os sistemas de cabeamento estruturado são sistemas regidos por normas nacionais e internacionais, dentre elas as normas NBR 14565 e TIA/EIA-862. Através de um meio físico padronizado, os sistemas transmitem informações de diversos tipos de aplicações, tais como imagens, telefonia, monitoramento, vídeo, voz, sensores e alarmes. Atualmente, a infraestrutura fornecida pelos sistemas de cabeamento estruturado tem sido amplamente utilizada por profissionais dos ramos da informação, engenharia, arquitetura e automação (POLICOM, 2016).

Os sistemas de cabeamento estruturado permitem a integração de novos dispositivos à rede residencial sem que haja necessidade de mudanças no cabeamento. Essa característica é fundamental na infraestrutura de uma residência inteligente, pois há uma quantidade significativa de novos dispositivos automatizados sendo apresentados ao mercado constantemente, e permite aos usuários acrescentá-los à rede doméstica livremente, sem passar pelos transtornos causados pelas alterações na infraestrutura de uma residência.

Dessa forma, a integração dos diferentes sistemas residenciais pode ser concebida através de uma rede doméstica padronizada, que atente as principais necessidades tanto quanto à infraestrutura quanto à automação. A integração de sistemas é ilustrada na Figura 3, onde diferentes processos de uma residência inteligente são conectados a um integrador, permitindo a comunicação entre os dispositivos de cada processo.

Figura 3 – Sistemas Integrados.



Fonte: Adaptada de (SILVA, 2009).

### 2.3 Protocolos de Comunicação

Em termos de otimização de sistemas e processos, as redes de comunicação, também chamadas de protocolos de comunicação, têm demonstrado um alto potencial nos sistemas de automação e têm contribuído diretamente na melhoria de utilização de recursos de uma planta. Quanto maior a padronização de mecanismos e capacidade de comunicação entre os dispositivos de uma planta, maior será o ganho proporcionado pelo sistema de automação (SMAR, 2017).

Em um sistema de automação, quanto maior o nível de informações, maior a facilidade de operação deste sistema, o que pode resultar no aumento de produção da planta e maior lucratividade para a empresa. Os sistemas abertos, juntamente com a informação digital (*bits, bytes e etc.*), permitem que informações das mais variadas formas possam ser coletadas de uma determinada planta. Assim, tecnologias de comunicação como *Profibus, Fieldbus, DeviceNet, Asi, HART e Modbus*, têm conseguido gerar um sistema com ganho tanto qualitativo, quanto lucrativo para a indústria. O ganho proporcionado por esses e demais protocolos de comunicação, sugere que não basta se pensar apenas nos barramentos de campo, mas também em todos os benefícios que podem ser obtidos através de um sistema de controle e automação (SMAR, 2017).

Dessa forma, as redes de comunicação possuem papel fundamental no setor industrial, pois esses protocolos permitem à automação extrapolar o chão de fábrica e atingir os negócios da empresa. Segundo (SMAR, 2017), as principais vantagens proporcionadas pela substituição da tradicional tecnologia 4-20 mA pelas redes de comunicação e sistemas abertos, são:

- Redução de erros de medição dos instrumentos;
- Diagnóstico do sistema em qualquer ponto;
- Possibilidade de expansão de rede sem necessidade interromper o funcionamento do sistema;
- Redução de erros de medição dos instrumentos;
- Redução de cabos, eletrodutos e etc;
- Alimentação de instrumentos pelos mesmos cabos de sinal;
- Controle de fluxos de informação;
- Redução de tempo de comissionamento e *startup* de sistemas;
- Aumento de segurança.

### 2.3.1 Principais Protocolos de Comunicação: *Profibus*

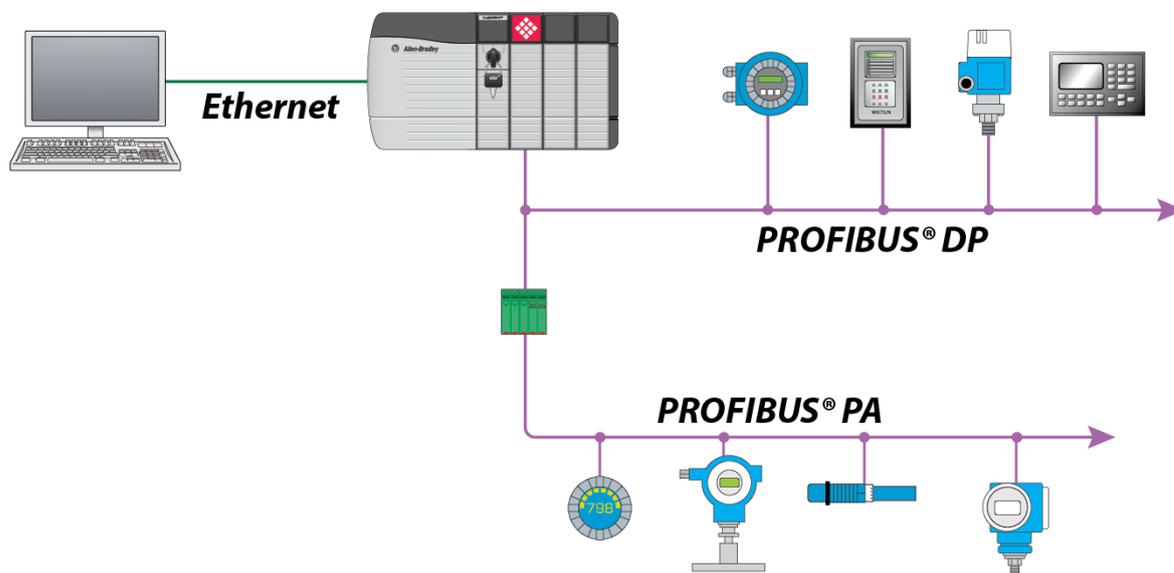
Dentre os principais protocolos de comunicação, o *Profibus* é uma rede de campo aberto. Esse protocolo não depende de nenhum fornecedor, e possibilita uma grande área de aplicações em processos. A padronização desse protocolo, é dada pelas normas EN

50170 e EN 50254, e em janeiro de 2000, foi estabelecido pela IEC 61158. Desde de então, usuários de todo o mundo podem referenciar-se a um protocolo aberto internacionalmente padronizado, no qual, dentre as principais características, encontra-se a busca pela redução de custos, segurança e confiabilidade na transmissão de dados (SMAR, 2017).

Do protocolo *Profibus*, derivam-se os protocolos *Profibus-DP*, *Profibus-PA* e *ProfiNet*.

A Figura 4 mostra uma aplicação *Profibus*, onde os protocolos *Profibus-DP* e *Profibus-PA* interligam dispositivos de campo a um PLC, o qual transmite as informações a um servidor de dados através da rede *Ethernet*.

Figura 4 – Comunicação *Profibus*.



Fonte: Adaptada de (PROSOFT, 2016).

- *Profibus-DP*:

*Profibus-DP* é a variante do protocolo *Profibus*, e tem a alta velocidade de transmissão de dados como sua principal característica. Desenvolvido e otimizado para aplicações em sistemas de automação de arquitetura descentralizada e pontos de I/O distribuídos, o protocolo *Profibus-DP* é utilizado para substituir os sistemas tradicionais 4-20 mA e também os protocolos HART. A comunicação em rede *Profibus-DP* pode utilizar os cabos RS-485 ou fibra óptica como meio físico de transmissão de dados, que precisa de um tempo menor que 2 ms para se transmitir 1 *kbyte* de informação (SMAR, 2017).

- *Profibus-PA*:

A rede de comunicação *Profibus-PA* tem como principais vantagens, a transmissão confiável de dados, tratamento de status de variáveis, proteção e segurança da informação

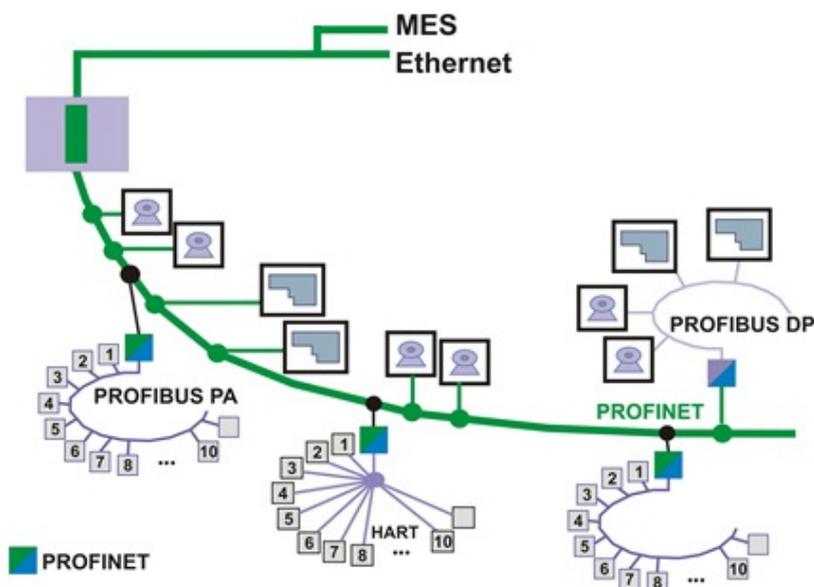
em casos de falhas, e alta resolução de *bits* nas medições. Esses fatores interferem diretamente na redução do tempo de *startup* dos sistemas e na redução dos custos de manutenção. As conexões dos equipamentos ligados à rede, como transmissores e conversores, são realizadas através de um acoplador específico, e, na alimentação dos dispositivos e transmissão de dados, é utilizado o par trançado a dois fios (SMAR, 2017).

- *ProfiNet*:

A rede de comunicação *ProfiNet* surgiu da padronização *Profibus* pela norma IEC 61158-6, e é amplamente utilizada em arquiteturas que integram as as redes *Profibus-DP* e *Profibus-PA* a sistemas que se encontram numa camada superior ao nível de controle, como o sistema MES (*Manufacturing Execution Systems*), no nível corporativo. Esse novo conceito de protocolo de comunicação, atende aos principais pontos-chave demandados pela automação, permitindo a comunicação entre diversos níveis de gerenciamento de planta, desde o nível de campo até os níveis corporativos, através dos meios de transmissão *Ethernet* (SMAR, 2017).

A Figura 5 demonstra um exemplo de aplicação onde dispositivos ligados em redes *Profibus-DP*, *Profibus-PA* e *HART* são interligados pelo protocolo *ProfiNet*, transmitindo as informações dos equipamentos ao sistema MES, no nível corporativo.

Figura 5 – Comunicação *ProfiNet*.



Fonte: Adaptada de (SMAR, 2017).

### 2.3.2 Principais Protocolos de Comunicação: *Foundation Fieldbus*

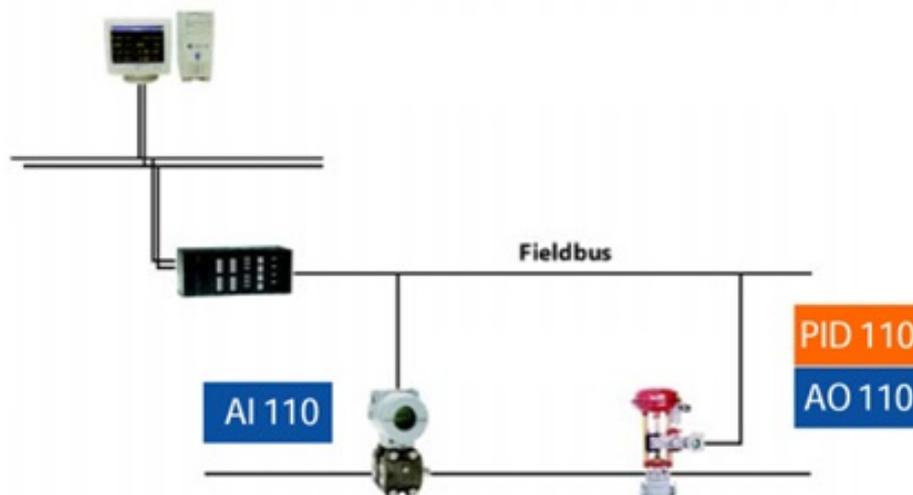
*Foundation Fieldbus* é uma rede de comunicação bidirecional, que possibilita a comunicação em rede dos equipamentos e dispositivos de campo, obtendo informações que

permitem a realização de funções de controle em malha e monitoramento de processos através do *software* supervisor. O meio físico de transmissão de informações baseia-se na norma IEC61158-2, e pode chegar ao comprimento máximo de até 10 km de distância, utilizando-se de repetidores de sinal. A alimentação dos equipamentos é realizada por meio do barramento principal da rede, que também fornece os sinais de comunicação através do mesmo par de fios. Cada equipamento da rede *Fieldbus* pode se comunicar com até 32 equipamentos (SMAR, 2017).

Uma das principais vantagens desse protocolo, é que as informações e funcionalidades dos equipamentos ligados à rede *Fieldbus*, como os transmissores e atuadores, podem ser facilmente acessadas através da interface com o usuário, ou seja, o *software* supervisor. Um dos pontos característicos e fundamentais desse protocolo, é a intercambialidade entre os dispositivos e seus fabricantes. Essa padronização é obtida através de especificações abertas que as definem e entrelaçam uniformemente os equipamentos e suas respectivas interfaces. É através do *software* supervisor que são definidas as configurações dos instrumentos e o formato de dados, o que possibilita aos equipamentos operarem com inteligência (SMAR, 2017).

A estrutura de programação do protocolo *Fieldbus* é baseada em blocos funcionais que executam as funções necessárias a cada aplicação. Funções como, blocos de entrada e saída digitais e analógicas, controle PID e operações matemáticas, são tarefas executadas pelos blocos funcionais do protocolo. O número máximo de blocos funcionais permitidos em um equipamento, depende de seu fabricante. Através desses blocos, podem ser feitas calibrações, medições e posicionamentos em cada instrumento (SMAR, 2017).

A Figura 6 demonstra a aplicação de blocos funcionais em uma malha de controle programada através do supervisor, onde o bloco funcional AI 110 é responsável pelo sinal de entrada analógica, como a vazão, por exemplo, do controle PID, e o bloco funcional AO 110, é responsável pelo sinal de saída analógica do controle, como, por exemplo, o posicionador de uma válvula proporcional.

Figura 6 – Comunicação *Fieldbus*.

Fonte: Adaptada de (SMAR, 2017).

### 2.3.3 Principais Protocolos de Comunicação: *DeviceNet*

O protocolo de comunicação *DeviceNet* é uma rede utilizada para comunicação de sensores, atuadores e demais dispositivos de campo com o sistema de automação. Esse protocolo foi desenvolvido com a finalidade de obter a máxima flexibilidade entre dispositivos de campo. Dentre suas principais características, estão a alta velocidade de transmissão de dados e alta capacidade de diagnóstico dos dispositivos conectados à rede, sendo esses, comumente, inversores de frequência (SMAR, 2017).

A rede *DeviceNet* é dividida em nós. Cada dispositivo representa um nó na rede, cada rede podendo conter até 64 dispositivos conectados. A topologia é baseada em um tronco principal que possui ramificações, sendo o cabo para a ramificação principal, chamado de cabo *DeviceNet* grosso, enquanto as demais ramificações, utilizam o cabo *DeviceNet* fino. O cabo possui 2 pares, sendo um destinado à alimentação do dispositivo e o outro à comunicação. Esses cabos suportam altos valores de corrente, podendo chegar a valores de até 16 A. Assim como na rede *Fieldbus*, a rede *DeviceNet* também permite a utilização de repetidores de sinal para expansão da distância máxima suportada, e possui circuitos de proteção contra curto-circuito. Os conectores utilizados, podem ser abertos ou fechados. A taxa de comunicação da rede é selecionável, podendo ser de 125, 250 ou 500 kbps (*bits* por segundo) (SMAR, 2017).

### 2.3.4 Principais Protocolos de Comunicação: *Ethernet* TCP/IP

O protocolo *Ethernet* é mundialmente utilizado em redes de computadores. Muito utilizada nos sistemas de automação, atualmente a rede *Ethernet* pode ser utilizada juntamente com outros protocolos de comunicação. As normas que se aplicam a esse protocolo são as normas IEEE 802.3 e DIX v2.0. Na automação, uma das principais

aplicações da rede *Ethernet* é a comunicação entre PLC's e supervisórios, e também entre sistemas de TI. Sua utilização vem crescendo em aplicações com I/O's descentralizados e também em outros equipamentos, como, *consoles*, variadores de velocidade e até sensores. O bom desempenho, baixo custo e a comunicação com os PC's, tornou a rede *Ethernet* muito atrativa para os mais variados tipos de aplicações (SCHNEIDER, 2016).

O acesso à informação na rede *Ethernet* no meio físico, é realizado através do método CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection*), no qual, se dois nós, em diferentes localizações, tentarem transmitir dados ao mesmo tempo, ocorrerá colisão de dados dentro do meio físico. Em caso de colisões, as mensagens são destruídas. A cada nó é atribuído um período de espera, até que possa voltar a emitir mensagens novamente. No método CSMA/CD, existem regras para evitar a colisão de dados na rede e proteger a integridade dos dados. Cada nó é capaz de verificar a rede para detectar a transmissão de dados de outro nó, e assim, determinar se deve transmitir os pacotes de dados naquele instante (SCHNEIDER, 2016).

Ao decorrer do tempo, muitas organizações desenvolveram aplicações para o protocolo *Ethernet* TCP/IP a partir de seus próprios protocolos de rede, dentre os quais se encontram os protocolos *Profinet*, *Fieldbus*, *Devicenet* e *Modbus* TCP/IP (SCHNEIDER, 2016). As ligações físicas em cobre mais utilizadas, são de 10Base-T ou 100Base-TX, que utilizam o cabo UTP (não blindado) ou STP (blindado), com conectores RJ45. Nas ligações por fibra óptica, as perdas de sinal são mínimas ao longo do cabo. Esse tipo de cabo é imune a interferências eletromagnéticas. A ligação pode ser realizada com fibra monomodo (até 15km) ou multimodo (até 3Km) (SCHNEIDER, 2016).

A Figura 7 mostra o conector RJ45, utilizado nas ligações dos cabos de rede *Ethernet*.

Figura 7 – Conector RJ45.



Fonte: Adaptada de (FURUKAWA, 2016).

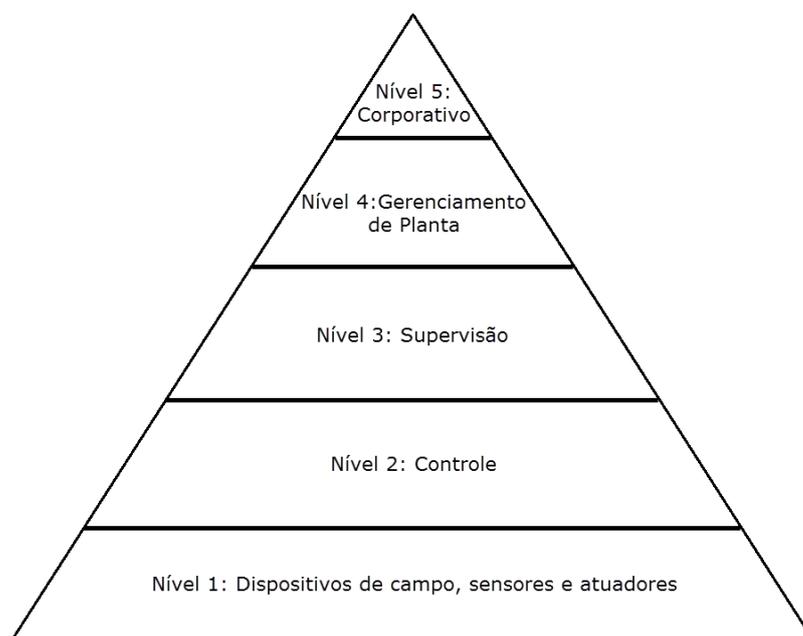
## 2.4 Níveis da Automação

Dentre os objetivos mais importantes nos processos de automatização de sistemas, está a redução de custos de produção. Apesar de este ser o principal objetivo a ser atingido, juntamente com ele, a automação em si, seja industrial, predial ou residencial, tem proporcionado altos níveis de qualidade nos produtos e de segurança, tanto a operadores, no setor industrial, como a residentes, nos setores prediais e residenciais.

Diante de questões de crise energética e de controle de produção, a automação tem justificado sua posição de protagonista devido a otimização do consumo de energia, gerando redução de custos, e também, pela maior qualidade de informações sobre os processos, permitindo um melhor planejamento e controle de produção.

Os processos de automação envolvem a realização de várias tarefas, diferentes, e muitas vezes simultâneas. Um modelo, conhecido e eficiente, que ilustra e distingue essas funções, é o modelo da pirâmide da automação, demonstrado na Figura 8.

Figura 8 – Pirâmide de Automação.



Fonte: Adaptada de (SMAR, 2017).

Situados no nível 1 da pirâmide, estão os dispositivos de campo, também chamados de dispositivos de chão-de-fábrica. São sensores, atuadores e máquinas. Dentre os protocolos de comunicação utilizados neste nível, estão os sistemas de rede *FieldBus*, *ProfiBus* e *Hart* (SMAR, 2017).

O nível 2 corresponde ao nível de controle dos dispositivos encontrados no nível 1, que são controlados através de controladores lógicos e digitais. Nesse nível, encontra-se a central de informações sobre estes equipamentos, e também informações para o nível 3, que corresponde ao nível de supervisão. O principal controlador utilizado é o PLC, e dentre os principais protocolos utilizados encontram-se as redes *DeviceNet*, *Profibus*, *FieldBus* e *OPC* (SMAR, 2017).

No nível 3 encontram-se os sistemas de supervisão e controle dos processos. Os sistemas de supervisão mais comuns são do tipo *Workstation* e Interfaces Homem-Máquina (IHM). O controle é realizado através de bancos de dados que fornecem gráficos, dados estatísticos e informações detalhadas de cada processo. Dentre os protocolos mais utilizados no nível 3 estão os protocolos *TCP/IP*, *MAC*, *Ethernet* e *OPC* (SMAR, 2017).

Os níveis de gerenciamento da planta e gerenciamento corporativo correspondem aos níveis 4 e 5, respectivamente. O nível de gerenciamento de planta tem a função de planejar e programar todo o processo de produção, deixando a administração de recursos e gerenciamento de todo o sistema a cargo do nível de gerenciamento corporativo, que se utilizam de *softwares* de gestão empresarial. São utilizados protocolos *Ethernet*, *MAC* e *TCP/IP* e *OPC*, assim como no nível 3 (SMAR, 2017).

A partir do conhecimento dos diferentes níveis de um sistema de automação e as respectivas funções outorgadas a cada etapa, é possível planejar o sistema de uma residência inteligente. O sistema de automação residencial possui como pilares, a base da pirâmide de automação. No primeiro nível da pirâmide, um projeto de uma residência inteligente é composto por sensores e atuadores instalados por toda a residência.

### 2.4.1 Considerações Finais

Nesse capítulo, foram apresentados, de maneira sucinta, os tipos de sistemas domóticos em um projeto de residência inteligente e os níveis da automação. O conhecimento dos diferentes tipos de arquitetura destes sistemas, bem como dos diferentes níveis e suas respectivas funções na automação, capacitam o projetista a dar início ao desenvolvimento do projeto residencial.

Iniciando o desenvolvimento do projeto, o capítulo seguinte apresentará os dispositivos de campo e de controle que constituem os primeiros níveis do projeto.

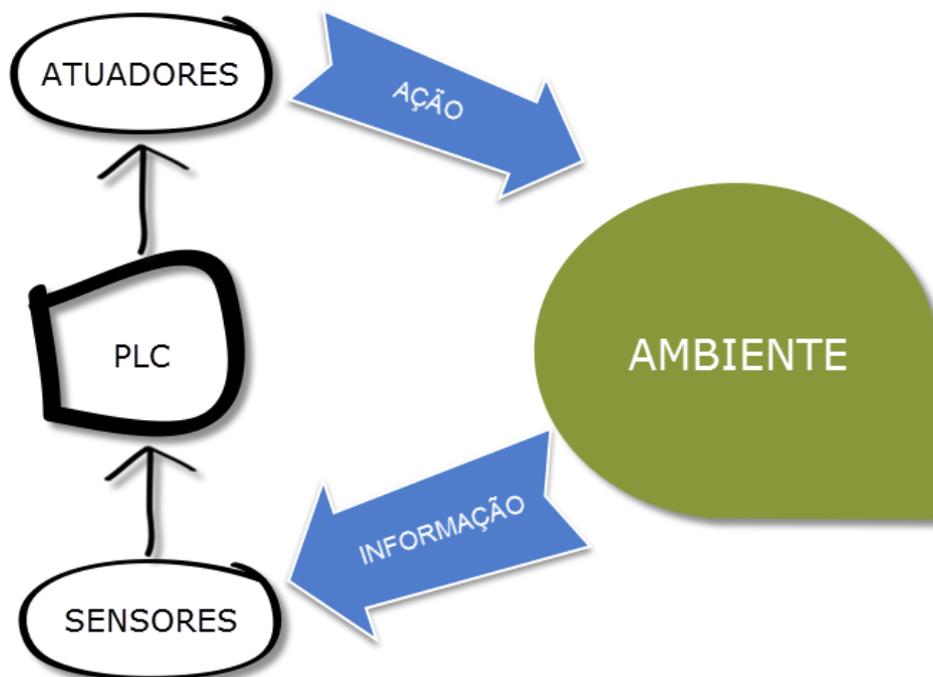
# 3 Dispositivos

Sensores e atuadores representam a interface entre a residência inteligente e os meios físicos. Os sensores transformam variáveis físicas como temperatura e umidade em sinais elétricos, permitindo ao controlador realizar o comando de execução das funções de cada processo através dos atuadores. Os atuadores são dispositivos eletromecânicos que alteram suas características conforme os impulsos elétricos recebidos pelo controlador (BOLZANI, 2004b).

Ainda no nível 2 de um sistema de automação para residências inteligentes, é necessária a escolha do controlador principal, o qual receberá em seus canais de entrada informações físicas, como temperatura do ambiente, presença ou proximidade de objetos ou pessoas, velocidade e luminosidade, providas pelos sensores instalados na residência. Conforme o programa utilizado, o controlador energizará seus canais de saída, acionando os atuadores responsáveis pela execução das tarefas de cada processo, como motores, células de aquecimento e etc. O PLC é o controlador mais utilizado em projetos de automação que envolvem sistemas integrados, devido às muitas vantagens proporcionadas, como, confiabilidade, durabilidade, economia de energia e facilidade de programação.

Além de realizar operações lógicas e aritméticas, o PLC também é utilizado para manipular dados e para comunicação em rede, e pode ser descrito como um dispositivo de estado sólido ou um computador industrial que armazena instruções para execução de funções de controle, tais como sequências lógicas, temporização e contagem (GEORGINI, 2000). A Figura 9 descreve o funcionamento dos dispositivos citados.

Figura 9 – Interação entre Dispositivos e Ambiente.



Fonte: Adaptada de (BOLZANI, 2004a).

No presente capítulo são apresentados os principais tipos de sensores e atuadores utilizados na automação de processos residenciais, além da descrição do funcionamento e linguagens de programação do PLC.

### 3.1 Sensores

Sensores são dispositivos destinados a detectar grandezas físicas no ambiente em que são instalados. A grande maioria dos sensores encontrados em todo o mercado necessitam de uma fonte de alimentação que lhes forneça energia elétrica. Detectando grandezas como níveis, velocidade, temperatura e presença de pessoas e objetos, esses dispositivos convertem as informações obtidas do ambiente em sinais elétricos que são entregues ao PLC através de transmissores. Quando sensores realizam a conversão de uma forma de energia em outra, é dito que esses operam diretamente, sendo chamados de transdutores (SILVA, 2009).

#### 3.1.1 Chave Fim de Curso

As chaves fim de curso são dispositivos eletromecânicos comutadores de circuitos. Normalmente esses dispositivos possuem uma haste para detecção de proximidade ou movimento e três bornes de contato, sendo os contatos comum, NA (normalmente aberto) e NF (normalmente fechado), como pode ser visualizado na Figura 10.

Figura 10 – Chave Fim de Curso.



Fonte: (METALTEX, 2016).

Quando detectam a proximidade de objetos, esses dispositivos abrem seus contatos NF e fecham os contatos NA, realizando a comutação do circuito em que estão inseridos. A proximidade é detectada através da haste, que transmite o movimento detectado até os contatos.

### 3.1.2 Sensor Óptico

Sensores ópticos são dispositivos geralmente utilizados para detectar objetos constituídos de qualquer tipo de material capaz de bloquear um feixe de luz. São eficazes para detectar objetos a curta, média e longas distâncias. Esses dispositivos são constituídos de um emissor e um receptor de um feixe de luz específico, para que seja diferenciado da luz do dia (FRANCHI; CAMARGO, 2008).

Neste projeto será utilizado o sensor óptico do tipo barreira. Esses são sensores de grande confiabilidade no mercado por serem resistentes à exposição climática e dispensam a realização de manutenção constante. São capazes de detectar objetos pequenos distantes de sua localização mesmo em locais empoeirados e poluídos com substâncias como óleo. Quando algum objeto interrompe a trajetória do feixe de luz entre emissor e receptor, a saída do sensor é acionada, indicando a presença de algo ou alguém na trajetória do dispositivo (WEG, 2016). A Figura 11 apresenta o sensor óptico tipo barreira fabricado pela empresa brasileira WEG.

Figura 11 – Sensor Óptico Barreira.



Fonte: (WEG, 2016).

### 3.1.3 Sensor de Proximidade Indutivo

Sensores indutivos de proximidade podem ser do tipo NA ou NF. Quando acionados, as saídas desses dispositivos fornecem sinal de nível lógico alto quando do tipo NA, e sinal de nível lógico baixo quando do tipo NF, e podem ser conectadas diretamente aos canais de entrada do PLC. Há uma grande variedade de sensores indutivos no mercado, são encontrados sensores de vários tamanhos, formatos, e também de materiais utilizados na construção do corpo, como metal, plástico e etc. Também são encontrados sensores de alimentação em corrente contínua ou corrente alternada. A maioria desses dispositivos geralmente possuem três cabos de conexão (positivo, negativo e retorno).

Sensores indutivos são utilizados na detecção de proximidade de objetos metálicos e são constituídos basicamente de uma bobina, um oscilador e circuitos de disparo e saída. Quando um objeto metálico aproxima-se do campo magnético gerado através da energia provida do oscilador, ocorre uma variação de indutância na bobina. Essa variação é detectada pelo circuito de disparo do sensor, e então o circuito de saída é acionado.

A maioria dos sensores indutivos possui um LED (*Light Emitting Diode*) para indicação de estado integrado ao corpo. Quando os sensores se encontram acionados, o LED se encontra aceso, facilitando o diagnóstico de estado e de funcionamento dos sensores (FRANCHI; CAMARGO, 2008). A Figura 12 mostra um sensor indutivo fabricado pela WEG.

Figura 12 – Sensor Indutivo.



Fonte: (WEG, 2016).

### 3.1.4 Sensor de Presença

Sensores de presença são comumente utilizados em garagens, corredores, escadas, banheiros, quartos e outros locais internos em uma residência ou condomínio. Os dispositivos destinados à detecção de presença mais frequentemente encontrados no mercado são os sensores infravermelhos. Esses sensores detectam a presença de pessoas ou objetos através da fonte de calor dos corpos. Esses são sensores passivos, pois não emitem radiação. Quando há movimentação de objetos que irradiam calor, como pessoas e carros, o sensor infravermelho realiza a detecção de presença através da distinção dos valores de temperatura no momento em que o objeto se alinha com o mesmo. A Figura 13 mostra um sensor de presença infravermelho fabricado pela empresa brasileira Intelbras.

Figura 13 – Sensor Infravermelho.



Fonte: (INTELBRAS, 2016).

### 3.1.5 Sensor de Fumaça

Sensores de fumaça são dispositivos utilizados em circuitos de alarmes de proteção contra incêndios. São encontrados sensores de diversas formas e tipos de funcionamento. Atualmente, novos dispositivos têm sido desenvolvidos com tecnologia de duplo feixe e também com processamento inteligente de sinais. Esses sensores têm gerado altos níveis

de confiabilidade devido à detecção imediata de incêndios sem riscos de alarmes falsos (BOSCH, 2016).

A tecnologia de duplo feixe diferencia as partículas de fumaça de outras partículas comumente causadoras de alarmes falsos, como vapor e poeira, através da densidade da fumaça e do tamanho de suas partículas. Já o processamento inteligente de sinais garante que a saída do sensor seja automaticamente acionada somente quando os dados de leitura obtidos pelo sensor sejam compatíveis com dados padrões de mais de 5000 combinações de leituras de incêndio reais previamente testadas e computacionadas no dispositivo (BOSCH, 2016). A Figura 14 apresenta um sensor de fumaça detector de incêndio fabricado pela empresa Bosch.

Figura 14 – Detector de Incêndio.



Fonte: (BOSCH, 2016).

### 3.1.6 Sensor de Nível

Sensores de nível são dispositivos de diversos tipos de funcionamento e são utilizados para detecção de nível de materiais líquidos ou sólidos. No projeto desenvolvido no escopo deste trabalho, basicamente são utilizados para medição de níveis de água em uma caixa d'água. Esses dispositivos, podem ser utilizados como contatos NA ou NF e podem ser conectados diretamente ao PLC ou em relés e contatores. Quando o nível de água atinge o sensor e este é utilizado como contato NA, o sensor fechará o contato, acionando uma entrada do PLC. A Figura 15 apresenta um sensor de nível da fornecido pela empresa alemã *Gentech*.

Figura 15 – Sensor de Nível.



Fonte: (GENTECH, 2016).

## 3.2 Atuadores

Atuadores são dispositivos destinados a receber os sinais elétricos de saída do PLC e de alguma forma condicionar estes sinais, de maneira que atuem nos circuitos de controle e realizem ações que executem os processos.

Uma bobina contactora acionada pelos comandos de saída de um PLC, a qual é responsável pelo acionamento de um motor é um exemplo comum de funcionamento e interação dos atuadores (FRANCHI; CAMARGO, 2008).

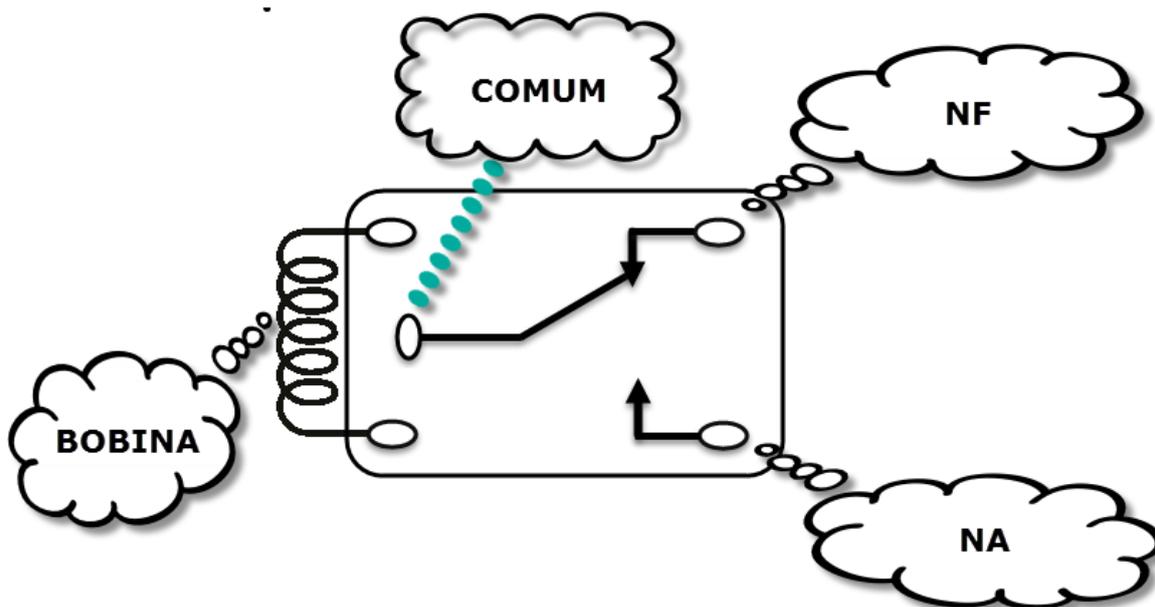
Os principais dispositivos atuadores encontrados em um projeto de automação residencial são os contatores, relés, motores de pequeno porte e bombas de circulação.

Relés e contatores de um modo geral, são dispositivos utilizados em proteções contra curto circuitos e como dispositivos de acionamento de lâmpadas e motores. No projeto desenvolvido neste estudo, um motor de duas direções, acoplado ao portão de garagem, e uma bomba de circulação, responsável por irrigar o jardim da residência, possuem relés e contatores responsáveis pela proteção e acionamento dos mesmos.

### 3.2.1 Relés

O funcionamento básico de um relé pode ser explicado por meio de um relé eletromagnético simples, constituído de uma bobina e contatos NA, NF e comum, como pode ser visualizado na Figura 16.

Figura 16 – Funcionamento Básico Relé.



Fonte: Adaptada de (METALTEX, 2016).

Quando a bobina do relé é energizada, ocorrerá o chaveamento para o contato NA através de um campo eletromagnético, e o contato NF será aberto.

Há ainda relés que possuem mais de um contato NA e NF, ou apenas os contatos NA e comum ou contatos NF e comum. São encontrados em grande maioria relés eletromagnéticos e relés térmicos, sendo estes últimos comumente utilizados como dispositivos de proteção.

### 3.3 PLC

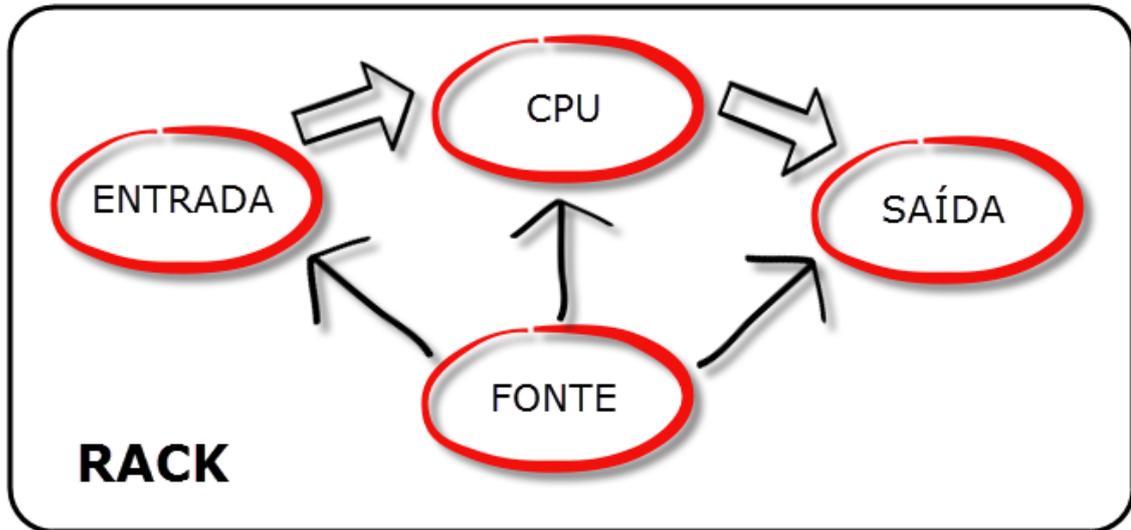
O controlador lógico programável é um dispositivo de controle desenvolvido inicialmente com a finalidade de atender as necessidades da indústria automobilística, quando esta buscava um equipamento capaz de substituir os painéis elétricos de controle a relés, que possuísse, além de outras características, preço compatível com esses últimos, facilidade de substituição de módulos de entrada e saída, resistência às condições impostas pelo ambiente industrial e facilidade de programação (GEORGINI, 2000).

Atualmente, são desenvolvidos novos PLCs dotados de melhorias que proporcionam maior eficiência, confiabilidade e redução de custos quando comparados aos primeiros dispositivos. Atualmente os produtos disponíveis no mercado são equipados com possibilidades de comunicação em rede, detecção de falhas em dispositivos, altas velocidades de processamento e capacidade de execução de instruções complexas que facilitam a programação.

Um PLC é constituído basicamente de uma unidade central de processamento (CPU), módulos ou circuitos de entrada e saída (I/O), fonte de alimentação e um barramento (*Rack*) responsável pela comunicação destes itens.

A Figura 17 representa a estrutura básica da composição de um PLC, e na Figura 18 , é mostrado um PLC da família *RSLogix*, pertencente à empresa *Rockwell Automation*.

Figura 17 – Estrutura do PLC.



Fonte: Do Autor.

Figura 18 – PLC *ControlLogic5000*.

Fonte: (ROCKWELL, 2016).

### 3.3.1 Classificação

De acordo com o número de pontos de I/O disponíveis e a capacidade de memória de programação que possuem, os PLC's podem ser geralmente classificados em Micros, Pequenos, Médios e Grandes PLC's.

Segundo (GEORGINI, 2000), a classificação dos PLCs é dada como:

- Micro: PLC's que possuem até 64 pontos de I/O e 2.000 palavras de memória de programação disponível.
- Pequenos: PLC's que possuem de 64 a 512 pontos de I/O e até 4.000 palavras de memória de programação disponível.
- Médios: PLC's que possuem de 256 até 2048 pontos de I/O e memória de programação disponível na ordem de dezenas de milhares de palavras.
- Grandes: PLC's que possuem mais de 2048 pontos de I/O e memória de programação disponível na ordem de centenas de milhares de palavras.

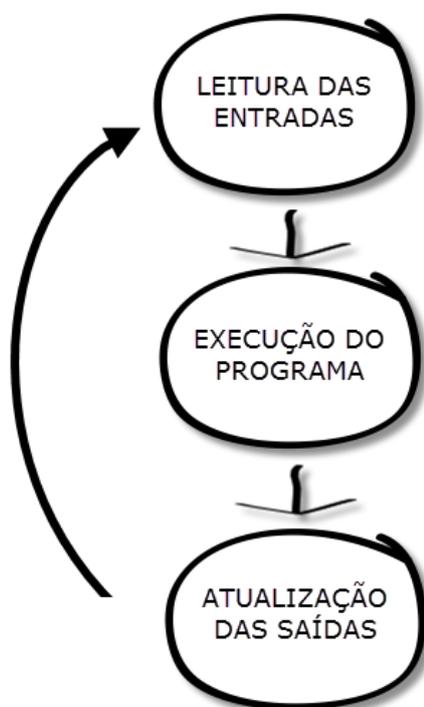
Ainda segundo (GEORGINI, 2000), entre as categorias de Micro PLC's e Pequenos PLC's, pode ser encontrada mais uma classificação para estes dispositivos, sendo classificados como PLC's Compactos, quando estes possuem uma quantidade fixa de I/O. A quantidade de pontos de I/O de um PLC compacto pode ser incrementada por meio de módulos de expansão de entradas e saídas. O número de módulos que podem ser conectados é limitado e determinado pela empresa fabricante do PLC.

### 3.3.2 Descrição de Funcionamento

Os módulos ou circuitos de I/O do PLC podem ser discretos ou analógicos. Por meio desses, dispositivos de entrada ou saída como sensores e atuadores são conectados ao PLC. A CPU realizará a leitura do estado dos dispositivos de entrada (sensores) e armazenará os dados na memória do PLC. O processador então executará o programa inserido na CPU, e após a execução, atualizará os dispositivos de saída (atuadores) conectados ao PLC através dos módulos ou circuitos de I/O (NATALE, 2003).

O PLC realiza a execução do programa inserido através de ciclos. O ciclo é iniciado a partir da execução da primeira linha do programa e finalizado na execução da última linha. Esse ciclo, também, é conhecido como ciclo de *Scan* ou ciclo de varredura (NATALE, 2003). A Figura 19 apresenta um diagrama do funcionamento do PLC.

Figura 19 – Ciclo de *Scan* do PLC.



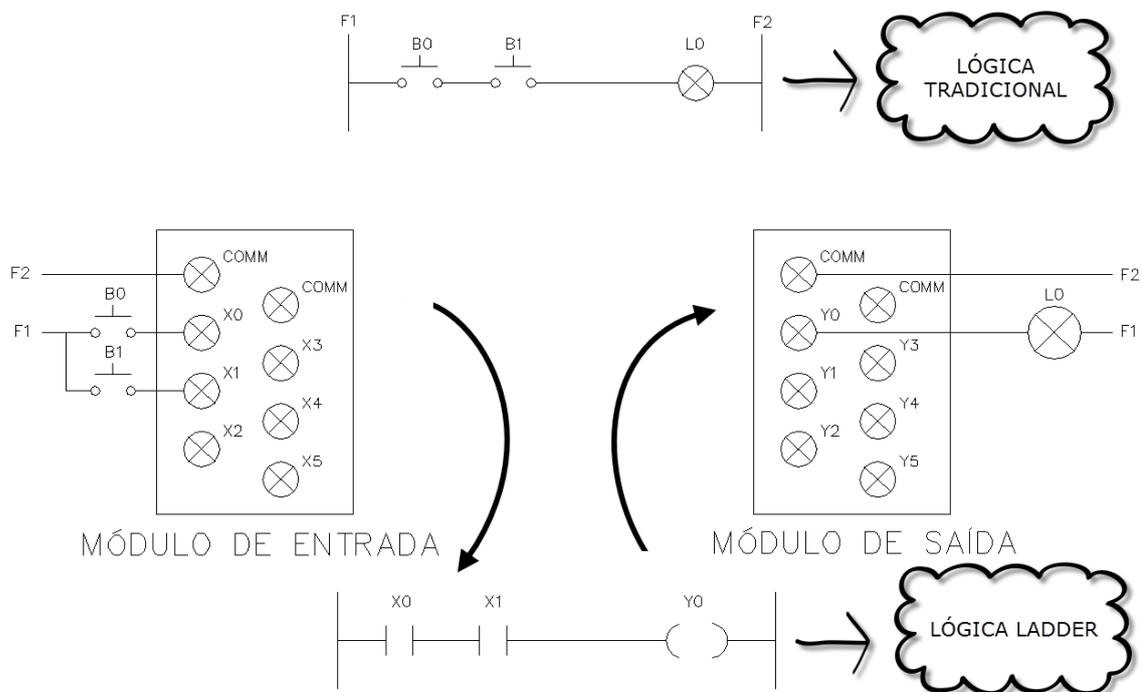
Fonte: Do Autor.

### 3.3.3 Programação do PLC: A Linguagem *Ladder*

A programação dos PLC's mais utilizada, independentemente da linguagem adotada, é realizada através do *software* de programação do dispositivo, podendo ser instalado normalmente em sistema operacional *Windows* ou outros. As linguagens de programação do PLC mais utilizadas, são as linguagens *Ladder* (LD), Diagramas de Blocos de Função (FBD), e Diagrama Funcional Sequencial (SFC).

A linguagem *Ladder* está presente em praticamente todos os PLC's disponíveis no mercado. É uma linguagem gráfica baseada nos símbolos utilizados em projetos elétricos como contatos NA, NF e bobinas de acionamentos, simbolizando principalmente as ações de relés e contadores (GEORGINI, 2000). A Figura 20 mostra o princípio de funcionamento da lógica tradicional e da lógica *Ladder*.

Figura 20 – Linguagem *Ladder*.



Fonte: Adaptada de (GEORGINI, 2000).

Os dispositivos de entrada são representados pelos elementos B0 e B1, e o dispositivo de saída é representado pelo elemento L0. Os dispositivos de entrada são conectados ao módulo ou circuito de entrada do PLC, e são representados no programa pelos contatos NA X0 e X1. A saída Y0 do programa representa o dispositivo de saída L0 conectado ao módulo ou circuito de saída do PLC. O acionamento de L0 é dado pelo estado dos dispositivos de entrada  $B0.B1 = L0$  (GEORGINI, 2000). Dessa forma é realizada a programação do PLC a partir da linguagem de *Ladder*. Os *softwares* de programação desses dispositivos são capazes de executar uma grande variedade de instruções avançadas, como operações matemáticas complexas e funções de controle PID.

### 3.3.4 Considerações Finais

Dessa forma, discutiu-se os dispositivos empregados nas três categorias apresentadas na Figura 9, sensores, atuadores e PLC. A descrição do funcionamento de cada dispositivo de campo é fundamental para o desenvolvimento da programação do controlador, pois interfere diretamente nas lógicas de controle armazenadas na memória do PLC.

# 4 Projeto

O desenvolvimento do projeto de automação residencial envolve as fases de concepção da lista de dispositivos e equipamentos que serão utilizados, descritivo funcional de cada processo, e programação do controlador e supervisor para controle e monitoramento dos processos da residência inteligente.

Sendo assim, nesse capítulo são apresentadas as principais etapas da fase de desenvolvimento do projeto, partindo dos descritivos funcionais de cada processo automatizado ao desenvolvimento da programação do PLC *CompactLogix* e do *software* supervisor *FactoryTalk View*, referentes a cada processo da residência.

## 4.1 Descritivo Funcional - Etapa 1

A concepção de um projeto de automação, é realizada através do descritivo funcional do processo a ser automatizado. No descritivo funcional todas as ações a serem desenvolvidas pelos dispositivos e equipamentos são descritas detalhadamente, e durante as etapas de desenvolvimento do projeto de automação, todas as fases são desenvolvidas em torno das descrições das ações do documento.

Em qualquer nível da descrição, devem ser fornecidas aos projetistas informações claras e precisas sobre o funcionamento do processo. Quando se trata de sistemas que possuem processos de ações complexas, a descrição funcional em forma de texto é preferida a linguagens gráficas de fácil compreensão. A linguagem verbal, na maioria das ocasiões não é indicada (GEORGINI, 2000).

Em sistemas que não exigem um grande número de ações complexas, o descritivo funcional normalmente é apresentado na forma de texto.

### 4.1.1 Iluminação Externa

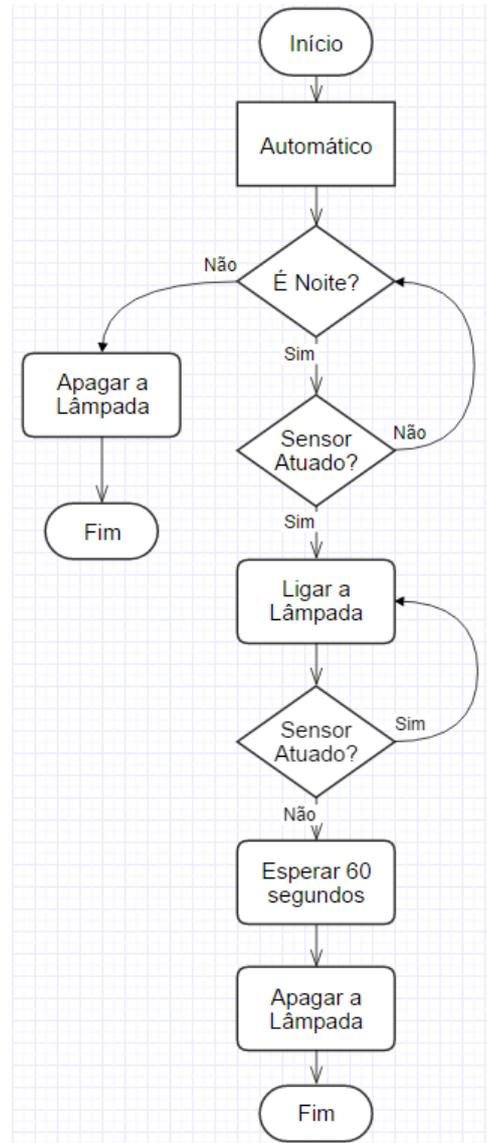
No processo de iluminação externa automática da residência, os dispositivos de campo são sensores de presença infravermelhos instalados em locais estratégicos para detecção de presença de algo ou alguém nas áreas desejadas, e um relé fotoelétrico, que garanta que não haja acionamento da iluminação durante o dia nos locais de claridade, e consequentemente, consumo desnecessário de energia.

Dessa forma, o PLC enviará o sinal de comando para que a iluminação em cada área seja ativada de acordo com a detecção de presença de seus respectivos sensores e também do sensor fotoelétrico, se este indicar falta de luminosidade.

Assim, se o sensor fotoelétrico indicar falta de luminosidade externa, e o sensor de presença instalado na área 1 da residência, por exemplo, indicar presença de algo ou

alguém na área referida, o PLC acionará o contato responsável pela iluminação externa na área 1, sendo esse, também, o modelo básico de acionamento de iluminação externa nas áreas 2 e 3. A Figura 21 mostra o fluxograma que simplifica esse processo.

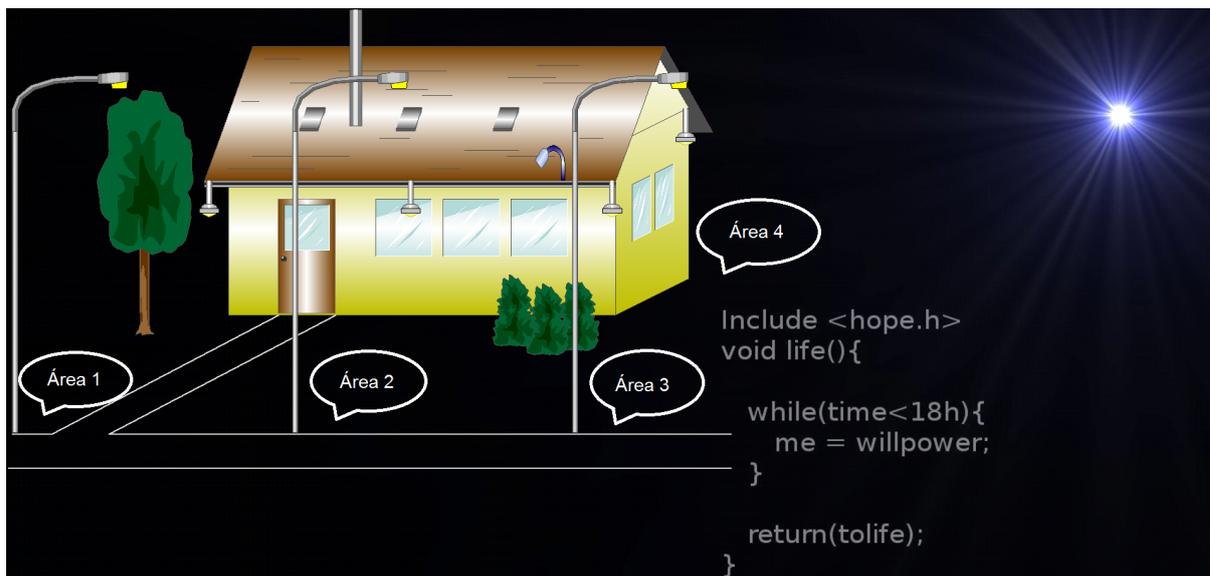
Figura 21 – Processo Iluminação Externa.



Fonte: Do Autor.

As áreas descritas acima podem ser visualizadas na Figura 22.

Figura 22 – Áreas da Residência.



Fonte: Do Autor.

Há ainda mais três formas de acionamento externo referido à essas áreas. No primeiro caso, o acionamento se dará por um botão de emergência, instalado dentro da residência e em lugar acessível aos usuários. Este botão acionará simultaneamente a iluminação nas áreas 1, 2, 3 e também da área 4, e não dependerá da indicação do sensor fotoelétrico.

A segunda forma de acionamento luminoso será através do sinal do receptor do controle remoto para abertura do portão de garagem da residência. Assim, se o sensor fotoelétrico indicar falta de luminosidade externa, e o controle remoto do portão de garagem enviar sinal de comando de abertura do portão ao receptor, haverá acionamento de iluminação nas áreas 1, 2, 3 e 4, simultaneamente.

A última forma de acionamento automático de iluminação externa nas áreas 1, 2, e 3, se dará por meio da ativação de um sensor de presença instalado em uma área específica da residência desprovida de luz do dia, área 4. Desta forma, caso o sensor envie sinal de presença nesta área, o PLC acionará simultaneamente as áreas 1, 2, 3 e 4, sem que haja dependência do sinal do sensor fotoelétrico apenas na área 4, devido à falta de luz do dia na mesma.

Por fim, a iluminação externa automática em cada área será desativada após a contagem de 60 segundos a partir do momento em que as condições que mantêm a iluminação acionada (sensores e contatos) retornarem ao estado natural, ou seja, os sensores de presença não indicarem presença de algo ou alguém, o sensor fotoelétrico indicar luz do dia, o portão da garagem permanecer fechado e o contato de alarme acionado pelo botão de emergência na residência estiver desativado. O tempo de 60 segundos pode ser alterado de acordo com a preferência dos usuários, e tem a finalidade de manter a iluminação ativada por tempo suficiente até que o usuário chegue ao local de destino, sem que fique sem iluminação externa quando não mais estiver ao alcance dos sensores de

presença.

#### 4.1.2 Irrigação de Jardim

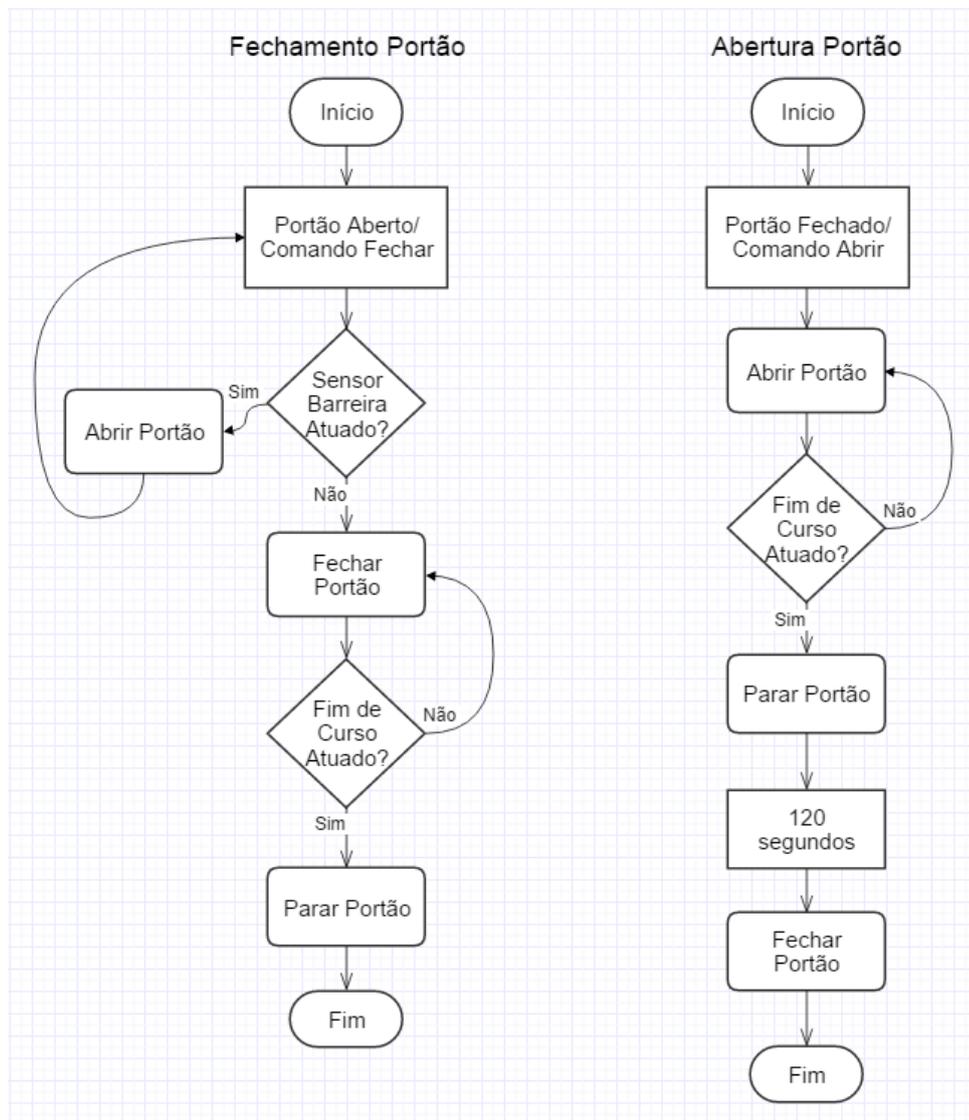
Na irrigação de jardim, os usuários da residência também possuem total controle de todo o processo. Parâmetros como o horário das irrigações, o número de vezes ao dia em que jardim será irrigado e também o tempo de duração em cada irrigação são definidos pelos usuários.

Sendo assim, as horas programadas para que se inicie o processo de irrigação são escritas no programa do PLC. De acordo com o programa inserido, o PLC acionará os relés, que, fechando seus contatos, acionarão a bomba de água que irrigará o jardim.

#### 4.1.3 Portão de Garagem Eletrônico

O processo de acionamento do motor de duas direções que abrirá ou fechará o portão de garagem da residência é constituído de dois sensores de proximidade indutivos, um sensor óptico tipo barreira, um controle remoto com dois botões que enviarão o comando de abrir ou fechar o portão e um receptor de sinal para este. O receptor será conectado ao PLC, para que, de acordo com as informações recebidas pelo receptor, acione os relés que darão partida no motor, que, de acordo com o sentido de rotação determinado pelo PLC, abrirá ou fechará o portão. A Figura 23 mostra o fluxograma que simplifica esse processo.

Figura 23 – Processo de abertura e fechamento do portão eletrônico.



Fonte: Do Autor.

Os sensores indutivos são instalados nas extremidades horizontais do portão, e indicarão ao PLC que o portão chegou ao fim de seu curso. O PLC então enviará comando aos relés, desligando o motor. Esses sensores também são utilizados como condição de intertravamento no processo de abertura ou fechamento do portão. Dessa forma, o portão não poderá ser aberto ou fechado caso os sensores indutivos opostos aos processos de abertura e fechamento indiquem que o portão já tenha chegado ao fim de seu curso. O sensor tipo barreira é necessário para a condição de intertravamento no processo de fechamento do portão. O portão somente poderá ser fechado enquanto esse sensor indicar que não há presença de algo ou alguém na trajetória do portão. Caso haja comando de fechamento do portão, o motor inicie o processo e o sensor indique repentinamente a presença de algo ou alguém na trajetória do portão, o PLC imediatamente enviará comando de abertura do mesmo, podendo ser fechado novamente apenas quando não houver indicação de presença pelo sensor.

Por fim, quando houver comando de abertura, e o sensor indutivo indicar que o portão chegou ao fim de seu curso, um temporizador no PLC iniciará a contagem de tempo em que o portão permanece aberto, sem que haja comando de fechamento. Quando o tempo acumulado no temporizador for igual a 120 segundos, o PLC enviará comando de fechamento do portão. O tempo e 120 segundos em que o portão permanece aberto pode ser alterado de acordo com a preferência dos usuários, e é útil nas situações em que, de alguma forma, haja esquecimento de comando para fechar o portão por parte dos usuários, garantindo maior segurança à residência. Esse processo também possui as mesmas condições de intertravamento do processo de fechamento do portão quando acionado pelo usuário através do controle remoto, e somente poderá ser acionado caso o sensor barreira não indique presença de algo ou alguém na trajetória e o sensor indutivo não indique que o portão chegou ao fim de seu curso. De forma semelhante, se o processo for iniciado e o sensor barreira repentinamente indicar presença na trajetória, o PLC imediatamente enviará comando aos relés que, abrindo e fechando seus contatos, reverterão o sentido de rotação do motor, abrindo o portão.

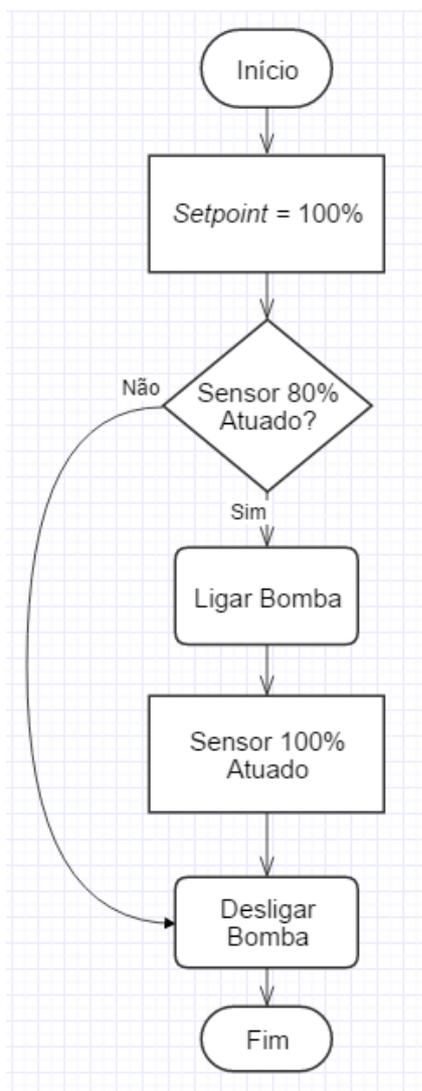
#### 4.1.4 Caixa D'água

O processo de enchimento da caixa d'água da residência é composto por 6 sensores de nível instalados dentro da caixa d'água que indicarão o nível. Como são 6 sensores instalados, cada um deles indica os níveis de 20, 40, 50, 60, 80 e 100 por cento de enchimento de água na caixa.

O nível de água atual será indicado no sistema supervisório, além disso, o controle do nível de água possuirá três modos de operação, automático, manual e local, e será feito no supervisório, de acordo com as preferências do usuário.

Assim, se o modo automático for selecionado, e o *setpoint* de nível desejado pelo usuário for de 100 por cento de água, a bomba será acionada sempre que o sensor de nível que indica 80 por cento de água for acionado, e permanecerá acionada até que o sensor que indica 100 por cento de nível seja acionado, sendo desligada depois do acionamento deste. Esse processo ocorrerá em qualquer dos casos de *setpoint* dos níveis anteriormente citados. A Figura 24 mostra o fluxograma que simplifica esse processo.

Figura 24 – Processo enchimento caixa d'água.



Fonte: Do Autor.

No modo manual, o usuário visualizará o nível atual da caixa d'água, e escolherá quando acionar a bomba injetora de água e também o *setpoint* de nível que desejar. A bomba então será acionada até que o *setpoint* de nível seja atingido, sendo desligada quando o sensor de nível do *setpoint* selecionado for acionado.

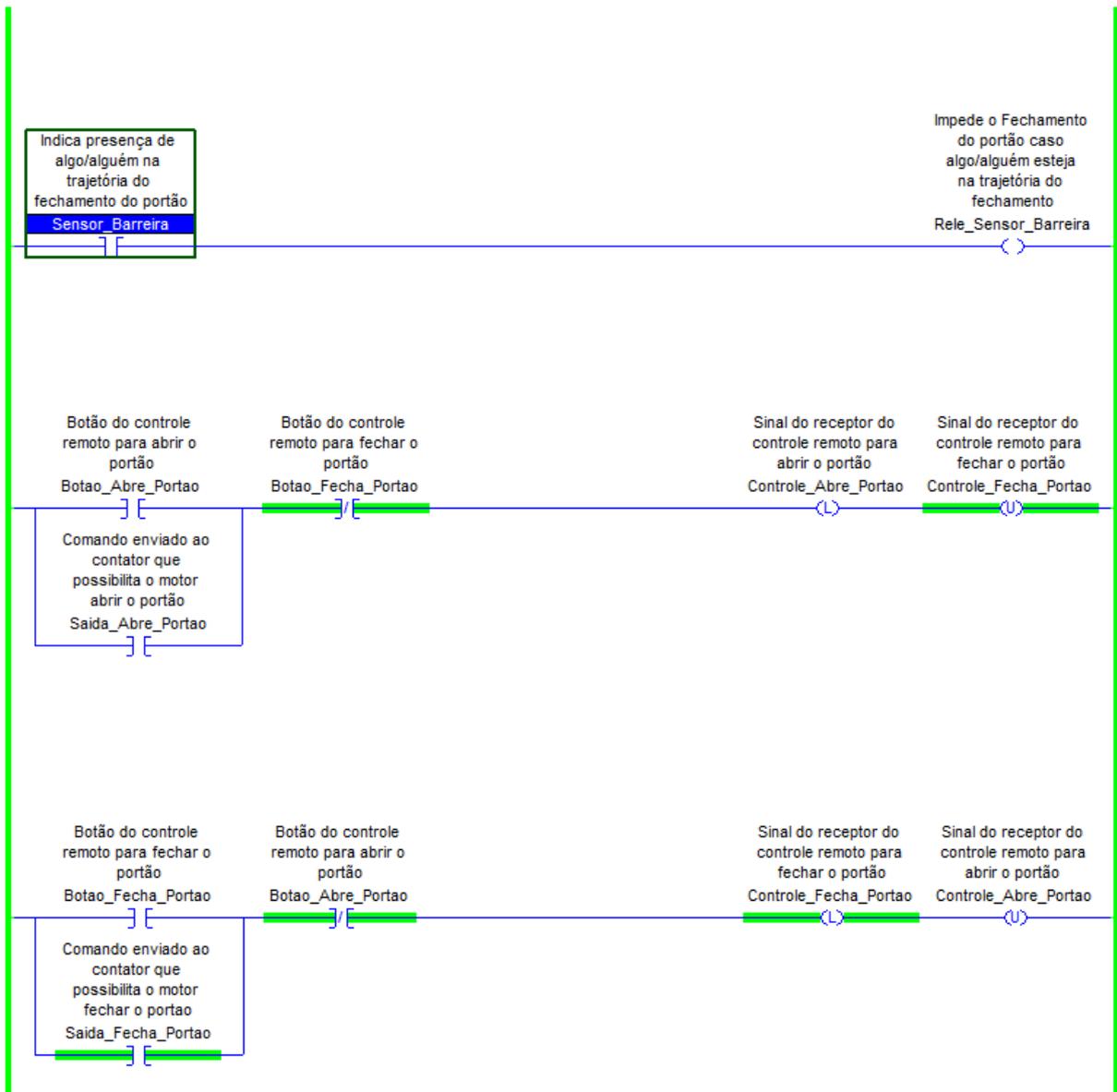
O modo de operação local será o modo tradicional de enchimento da caixa d'água na maioria das residências, onde não há necessidade de uma bomba injetora de água, pois a pressão da tubulação é suficiente para encher a caixa d'água. Assim, quando esse modo for selecionado, uma válvula manual em uma tubulação paralela à tubulação da bomba será aberta, permitindo a passagem de água por ela e enchendo a caixa d'água. O nível atual também será indicado aos usuários no sistema supervisor.

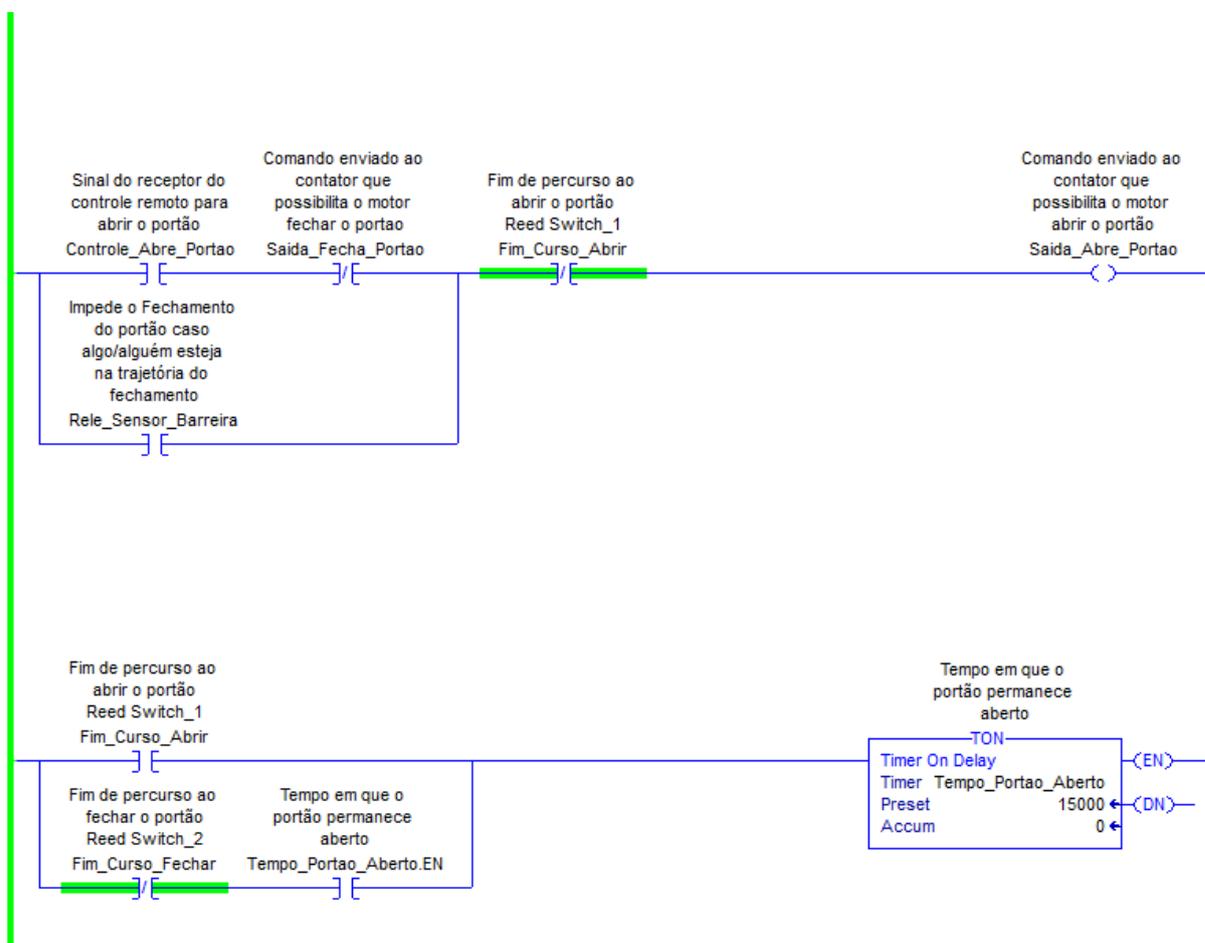
## 4.2 Programação do Controlador - Etapa 2

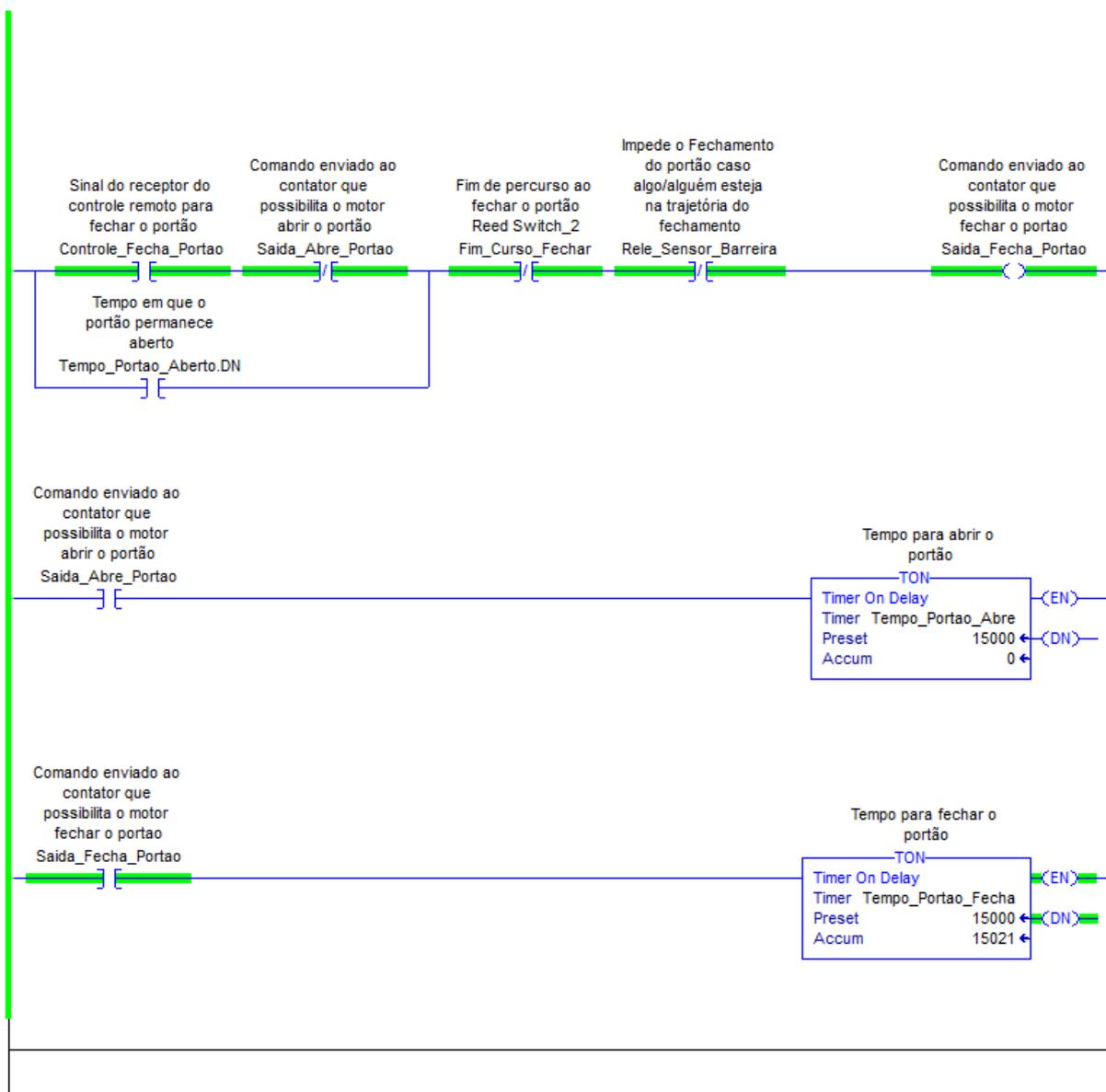
A etapa de programação do PLC é desenvolvida a partir do descritivo funcional de cada processo e da lista de dispositivos utilizados. A descrição detalhada dos processos e informações sobre os dispositivos, bem como as ações a serem realizadas por estes são minuciosamente analisadas, e então transcritas em forma de programa na memória do PLC.

Na Figura 25 é apresentada a lógica ladder do programa referente ao processo de abertura e fechamento do portão de garagem, desenvolvido a partir da descrição funcional e da lista de dispositivos utilizados. No programa foram utilizados apenas contatos NA e NF para entradas, bobinas para saídas e temporizadores. A lógica que se refere aos demais processos estão em anexo ao trabalho. Para a programação do PLC foi utilizado o *software RSLogix 5000* pertencente à empresa (ROCKWELL, 2016).

Figura 25 – Programa Portão de Garagem.







Fonte: Do Autor.

### 4.3 Sistema Supervisório - Etapa 3

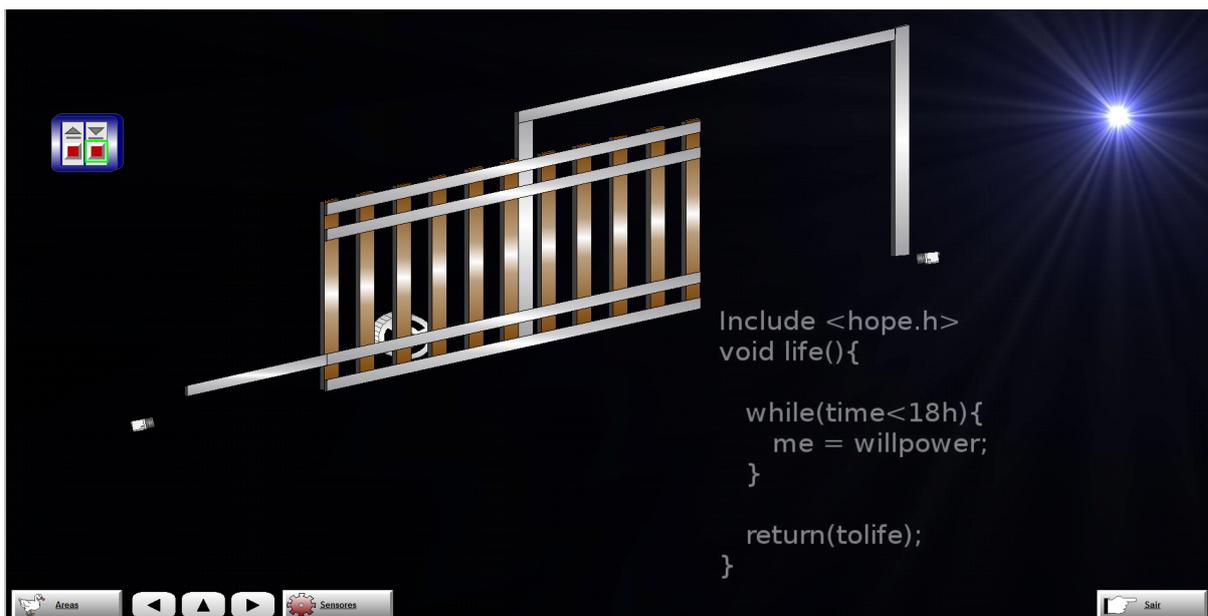
Sistemas supervisórios, também conhecidos como sistemas *SCADA* (*Supervisory Control and Data Acquisition*), são sistemas de interface gráfica que realizam o monitoramento das variáveis de um determinado processo e fornecem informações sobre o estado dos dispositivos, permitindo ao usuário realizar o controle remoto do processo por meio de uma interface gráfica. A coleta de dados é feita pelo sistema de aquisição de dados, sendo as informações armazenadas em bancos de dados, para que possam ser acessadas a qualquer momento pelo usuário. Nos bancos de dados são armazenadas informações sobre o estado dos dispositivos monitorados, sendo estas informações em tempo real ou armazenadas em históricos de horas, dias, meses e até mesmo anos.

Usualmente, as variáveis monitoradas pelos sistemas supervisórios são variáveis contidas na memória do PLC, podendo ser variáveis de entrada ou saída dos módulos ou circuitos de I/O do controlador, ou variáveis virtuais criadas e armazenadas no programa durante o desenvolvimento da lógica de controle e acionamento dos dispositivos.

Nos sistemas supervisórios, também podem ser configurados servidores de alarmes, que mantêm registros do histórico de atuação dos alarmes do processo. O acesso a esses dados permite ao usuário realizar o gerenciamento e controle do processo monitorado.

Para a programação do supervisório, foi utilizado o *software FactoryTalk View Studio*, pertencente à empresa (ROCKWELL, 2016). A Figura 26 apresenta a tela de supervisório referente ao processo de abertura e fechamento de portão de garagem. As telas que se referem aos demais processos estão em anexo ao trabalho.

Figura 26 – Supervisório Portão de Garagem.



Fonte: Do Autor.

Na Figura 26, pode ser visualizado, no canto superior esquerdo, o controle remoto que contém os botões de comando de abertura e fechamento do portão, para simulação. Os

sensores fim de curso se encontram nas extremidades do portão, que realiza movimentos de abertura e fechamento, de acordo com os comandos enviados.

## **4.4 Considerações Finais**

Nesse capítulo foram apresentadas parte das etapas de desenvolvimento de um projeto de automação residencial. A partir da descrição funcional de cada processo, foi desenvolvida a programação do PLC e do sistema supervisório referente a cada processo.

# 5 Construção do Protótipo Residencial

## 5.1 Objetivos

O presente capítulo disserta a respeito da construção de um protótipo de uma residência com seus devidos pontos externos de iluminação, com o objetivo de serem controlados e automatizados por PLC. Em adição, objetiva-se o desenvolvimento de um sistema supervisório para monitoramento e controle do sistema de iluminação.

O PLC utilizado para controle do processo é o PLC *Schneider* modelo *TWIDO TW-DLCAE40DRF*, juntamente com o sistema *SCADA FactoryTalk View Studio* pertencente à empresa *Rockwell Automation*. O protótipo construído, visa elucidar, de maneira prática, o controle do processo via supervisório/PLC. O protótipo poderá ser utilizado com fins didáticos no desenvolvimento da disciplina de Informática Industrial, ofertada aos alunos do décimo período do curso de Engenharia Elétrica, na Universidade Federal de Ouro Preto.

## 5.2 Protótipo

A montagem do protótipo foi realizada com madeira MDF e textura externa feita de adesivos. Os postes de iluminação utilizados foram adquiridos em loja virtual, e são alimentados com a própria saída do PLC, que controla a sua luminosidade.

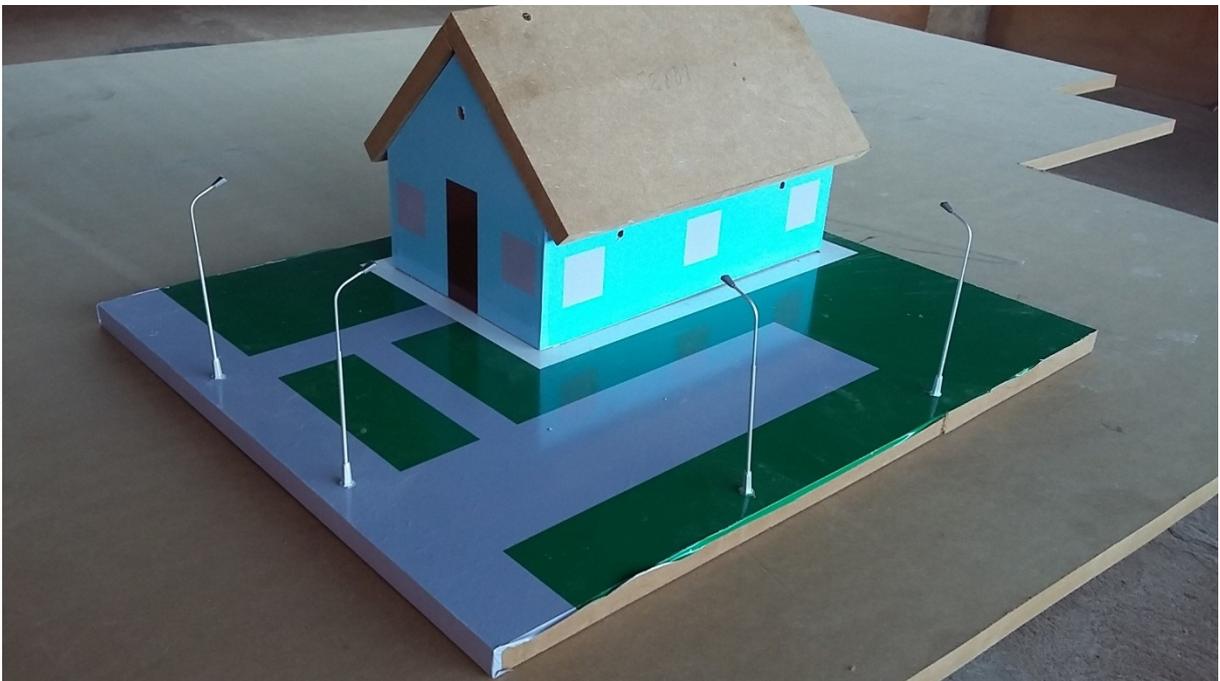
Nas Figuras 27 e 28 é possível observar o protótipo construído, com texturas e postes fixados.

Figura 27 – Protótipo - Perspectiva Frontal.



Fonte: Do Autor.

Figura 28 – Protótipo - Perspectiva Lateral.



Fonte: Do Autor.

### 5.3 Sensores

No projeto foram utilizados sensores de presença infra-vermelho. Esses dispositivos detectam a presença de pessoas e objetos pelo calor irradiado entre o sensor e o objeto em

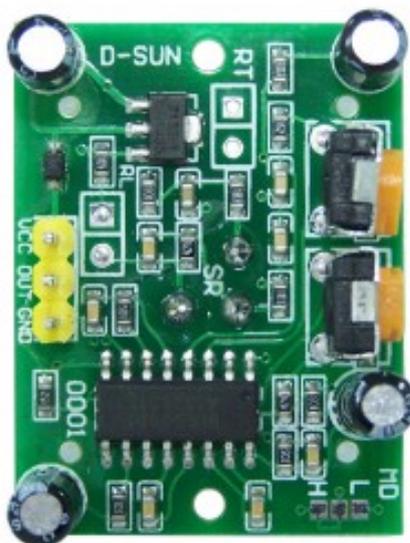
movimento. O sensor utilizado é o sensor HC-SR501, mostrado nas Figuras 29 e 30.

Figura 29 – Sensor Infravermelho HC-SR501.



Fonte: (ELETRODEX, 2016).

Figura 30 – Circuito Sensor Infravermelho.



Fonte: (ELETRODEX, 2016).

As principais características desse sensor são, segundo (ELETRODEX, 2016):

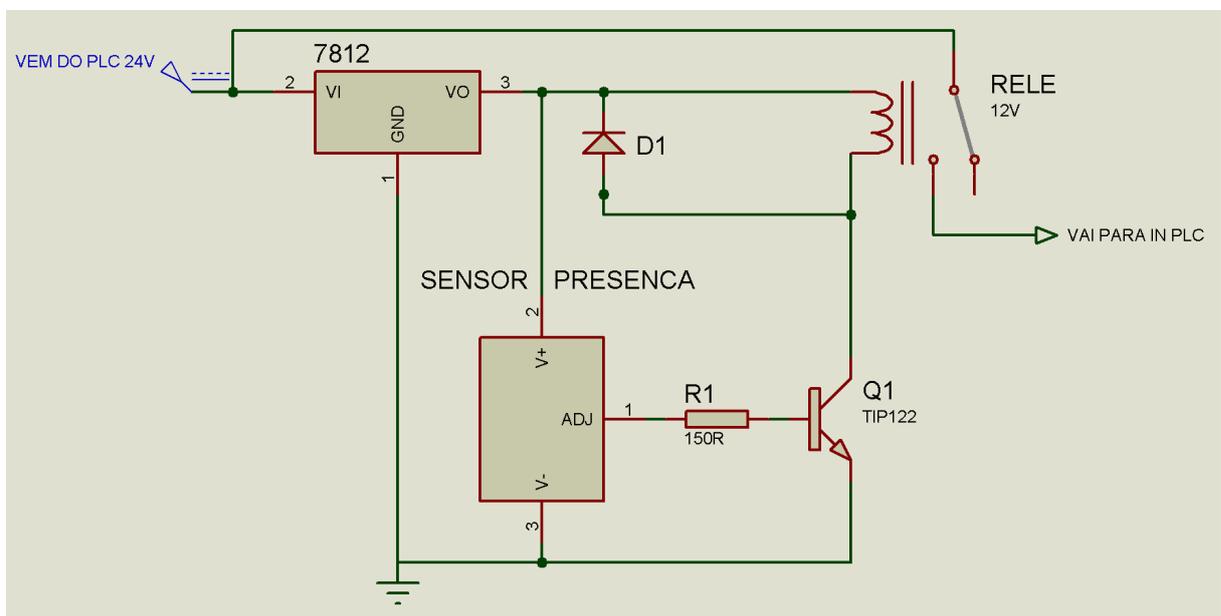
- Alimentação: 5 a 20V.
- Consumo: 65 mA.
- Saída: 0V (não atuado), 3.3V (atuado).
- Tempo de desligamento: regulável de 0.3 a 5 minutos.

- Sensibilidade: Mínimo 3 metros, e máximo 7 metros, dentro de um ângulo de 120 graus.

A saída do sensor, de 3.3V, quando atuada, não é suficiente para acionar a entrada do PLC, acionada com um range de 13 a 24V.

Para que a saída do sensor acione uma entrada do PLC, foi montado o circuito eletrônico mostrado na Figura 31. Assim, quando o sensor de presença é ativado, sua saída ADJ excita a base do transistor TIP122, que permite que o relé seja ativado, fazendo com que o seu contato NA se feche e acione a entrada do PLC com 24V.

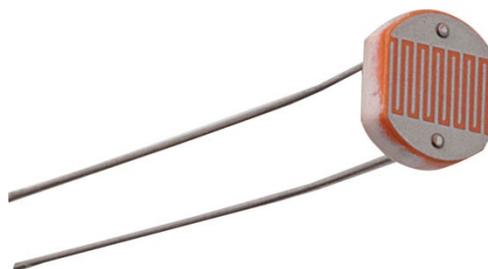
Figura 31 – Circuito Condicionador - Sensor Infravermelho.



Fonte: Do Autor.

O segundo sensor utilizado, é um sensor de luminosidade. Esse é um sensor LDR (*Light Dependent Resistor*), que tem sua resistência alterada de acordo com a quantidade de luz que incide em sua superfície. Quanto maior a luminosidade incidente, menor a resistência. A resistência do LDR utilizado neste projeto pode variar de 0 a 300k $\Omega$ . A figura 32 mostra este sensor.

Figura 32 – Sensor de Luminosidade.



Fonte: (ELETRODEX, 2016).

Para que o PLC receba a informação de que é dia ou noite, foi inserido o LDR em série com a entrada do PLC, onde o PLC receberá 24V quando a resistência estiver no mínimo, ou seja, quando estiver dia, e receberá 0V quando a resistência estiver no máximo, ou seja, quando estiver noite.

## 5.4 Descritivo Funcional: Modos de Operação da Planta

A planta possui dois modos de operação, automático e manual. O operador da planta pode selecionar o modo de operação desejado no sistema supervisorio da planta.

### 5.4.1 Modo Automático

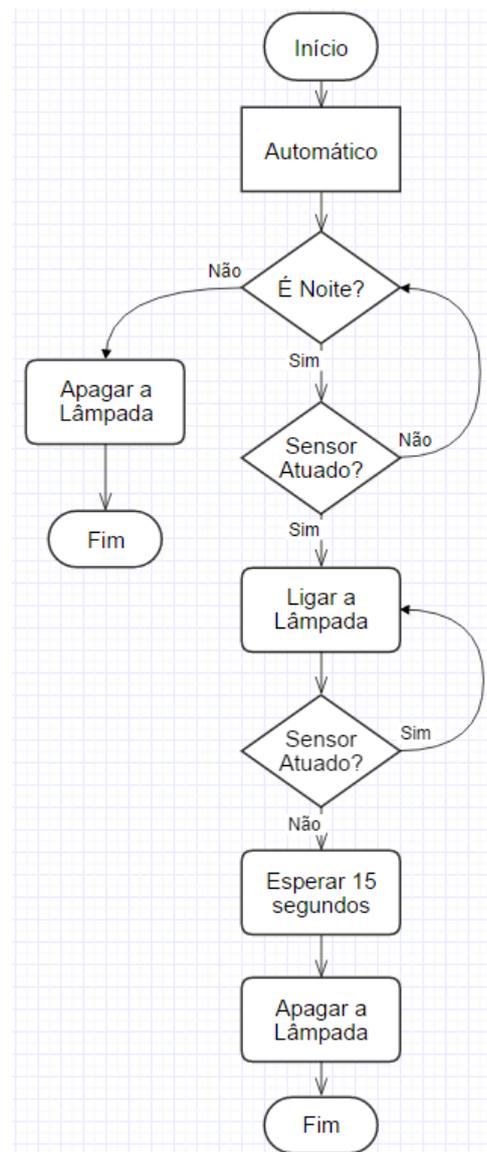
Selecionando o modo automático da planta, o acionamento e desligamento das luminárias serão realizados automaticamente, dependendo do estado dos sensores de presença instalados ao redor da residência e também do sensor fotocélula, que indicará a presença ou ausência de luz do dia na área residencial.

Visando a redução no consumo de energia, esse modo de operação permite o acionamento das luminárias apenas quando o sensor fotocélula indicar a ausência de luz. Ou seja, as luminárias poderão ser acionadas somente quando não houver mais a luz do dia.

A planta possui três sensores de presença instalados ao redor da residência e quatro luminárias. O sensor frontal é responsável pelo acionamento das duas luminárias frontais à residência. Os sensores laterais são responsáveis pelo acionamento das luminárias laterais à residência, individualmente.

Desta forma, estando o modo automático selecionado, sendo noite, e um determinado sensor indicar a presença de algo ou alguém em sua trajetória, a luminária correspondente será imediatamente acionada, permanecendo assim até que tenham se passado 15 segundos sem que haja indicação de presença de algo/alguém pelo sensor. O tempo em que as luminárias permanecem acionadas sem que haja indicação de presença pelos sensores, é determinado pelo operador da planta, podendo ser facilmente alterado. A Figura 33 mostra o fluxograma que resume esse modo de operação.

Figura 33 – Modo Automático - Protótipo.

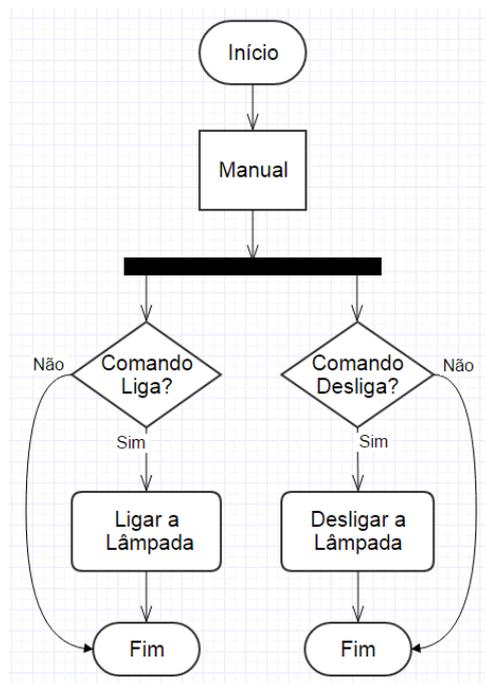


Fonte: Do Autor.

#### 5.4.2 Modo Manual

Diferentemente do modo automático, o modo manual de operação da planta independe do estado do sensor fotocélula. Estando esse modo selecionado, o acionamento e/ou desligamento das luminárias é feito individualmente, podendo ser acionadas e/ou desligadas a qualquer momento pelos botões Liga e Desliga no supervisor da planta. A Figura 34 mostra o fluxograma que resume esse modo de operação.

Figura 34 – Modo Manual - Protótipo.



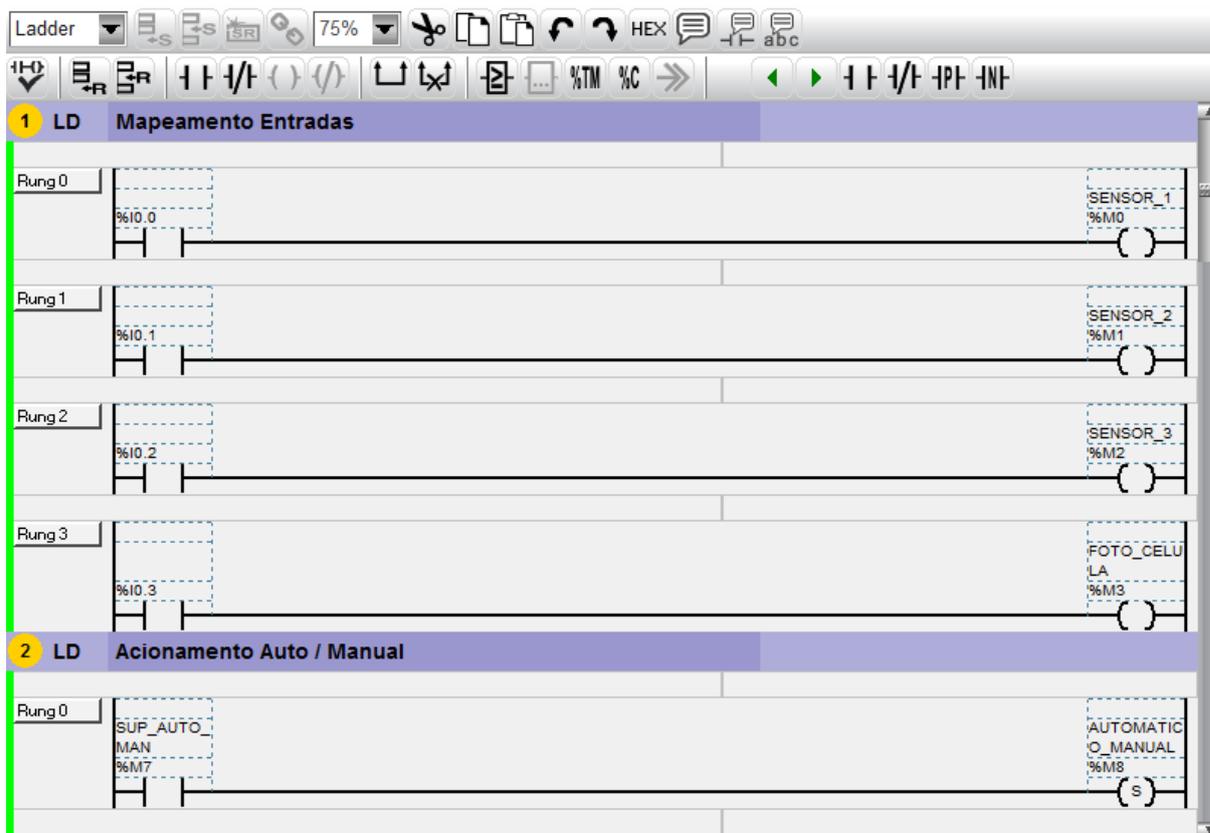
Fonte: Do Autor.

## 5.5 Programação do Controlador

O controle e acionamento dos dispositivos do protótipo são dependentes da programação do PLC. São utilizadas na lógica implementada, quatro entradas (3 sensores de presença e 1 de luminosidade) e três saídas (3 postes). O *software* utilizado para programação do PLC pertence à empresa *Schneider*, é conhecido como *TwidoSuite*.

Como pode ser visto na Figura 35, foi realizado o mapeamento das entradas disponíveis do protótipo, movendo as entradas físicas para entradas de memória do PLC. Esse mapeamento é necessário para que o sinal dessas entradas seja enviado ao supervisor através do servidor OPC.

Figura 35 – Lógica de Controle - Mapeamento das Entradas



Fonte: Do Autor.

Em seguida, foi programada a seleção do modo de operação da planta. A variável SUP-AUTO-MAN, na Figura 36, é um sinal proveniente de um dos botões da tela programada no supervisor, um sinal booleano que irá setar ou resetar uma bobina virtual, de modo que os modos automático ou manual possam ser definidos e utilizados no restante da lógica.

Ao se apertar, por exemplo, o botão AUTOMATICO no supervisor, um bit com valor 0 é enviado ao programa do PLC através do servidor OPC, resetando uma bobina virtual, fazendo com que o programa realize os passos de acordo com a lógica de seleção automática. Caso seja pressionado o botão MANUAL, um bit de valor 1 será enviado ao PLC, setando a bobina virtual, fazendo com que o controle e acionamento dos dispositivos do protótipo aconteçam de forma manual. A Figura 36 refere-se a essa parte do programa.

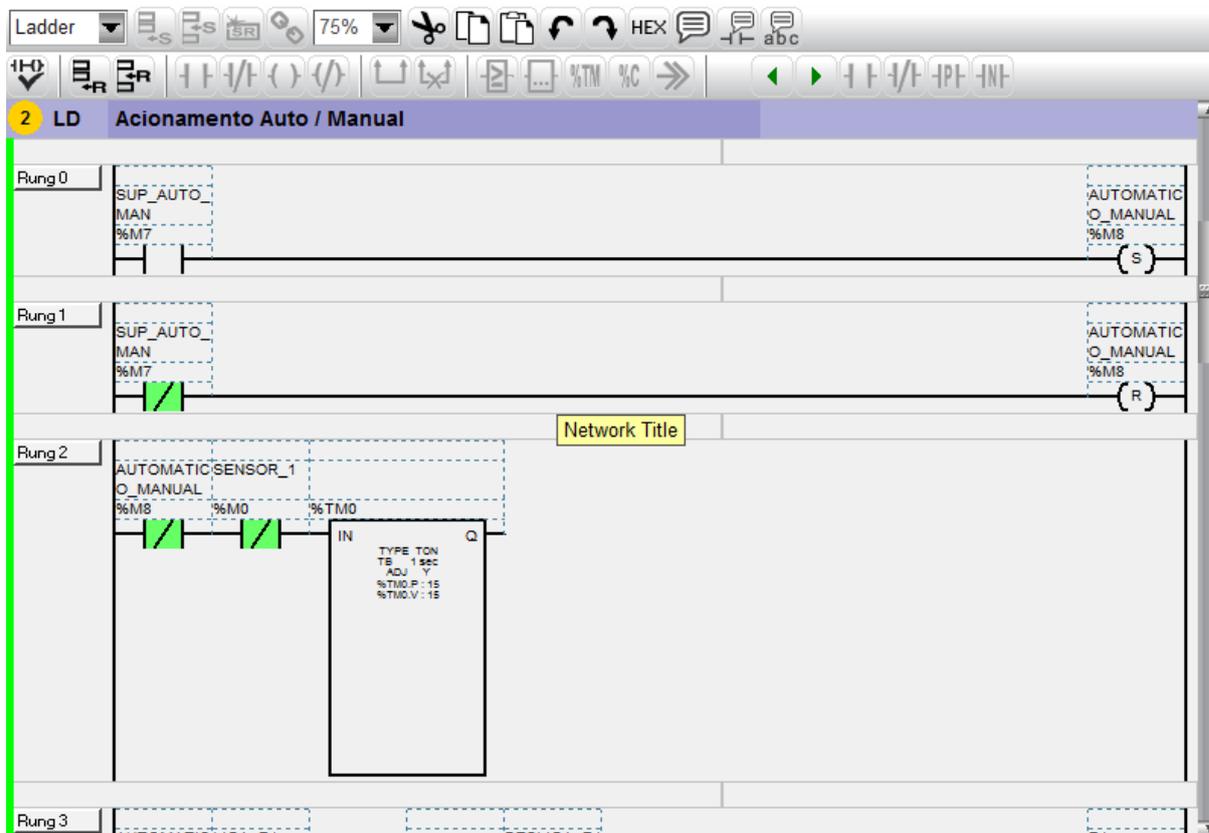
Nas Figuras 37, 38 e 39, pode ser visualizada a lógica implementada para acionamento de cada poste. Esta lógica se repete para os três sensores de presença do protótipo. No modo automático, o poste apenas será desligado caso o sensor responsável por ele não for atuado no intervalo de 15 segundos.

No modo automático, a alimentação do poste é dependente do sinal do sensor de luminosidade, que envia ao PLC um valor 0 quando não tem luminosidade e um valor 1 caso tenha luminosidade incidindo em sua superfície, evitando assim o desperdício de

energia durante o dia. Já no modo manual, o sensor de luminosidade não interfere no acionamento das luminárias, podendo ser acionadas ou desligadas a qualquer momento.

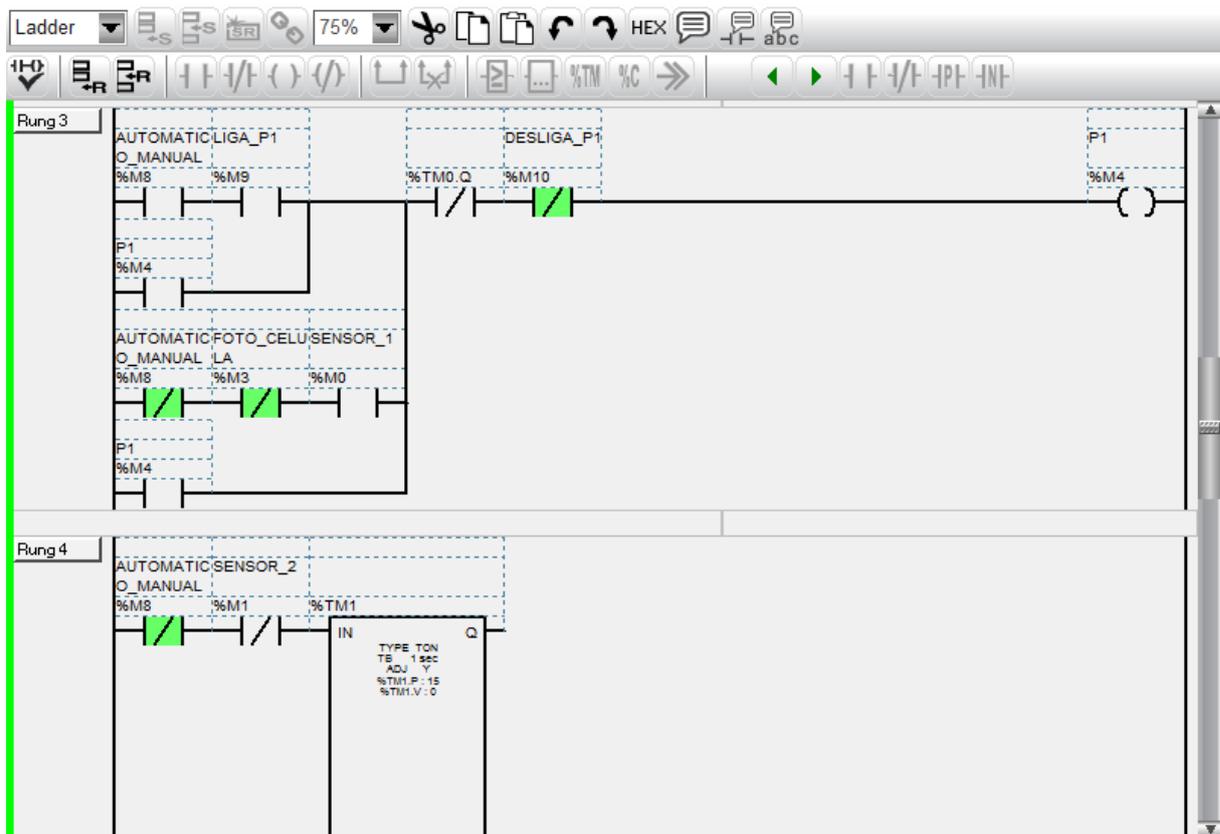
As figuras 36, 37 e 38 referem-se à esta parte do programa.

Figura 36 – Lógica de Controle - Seleção do Modo de Operação.



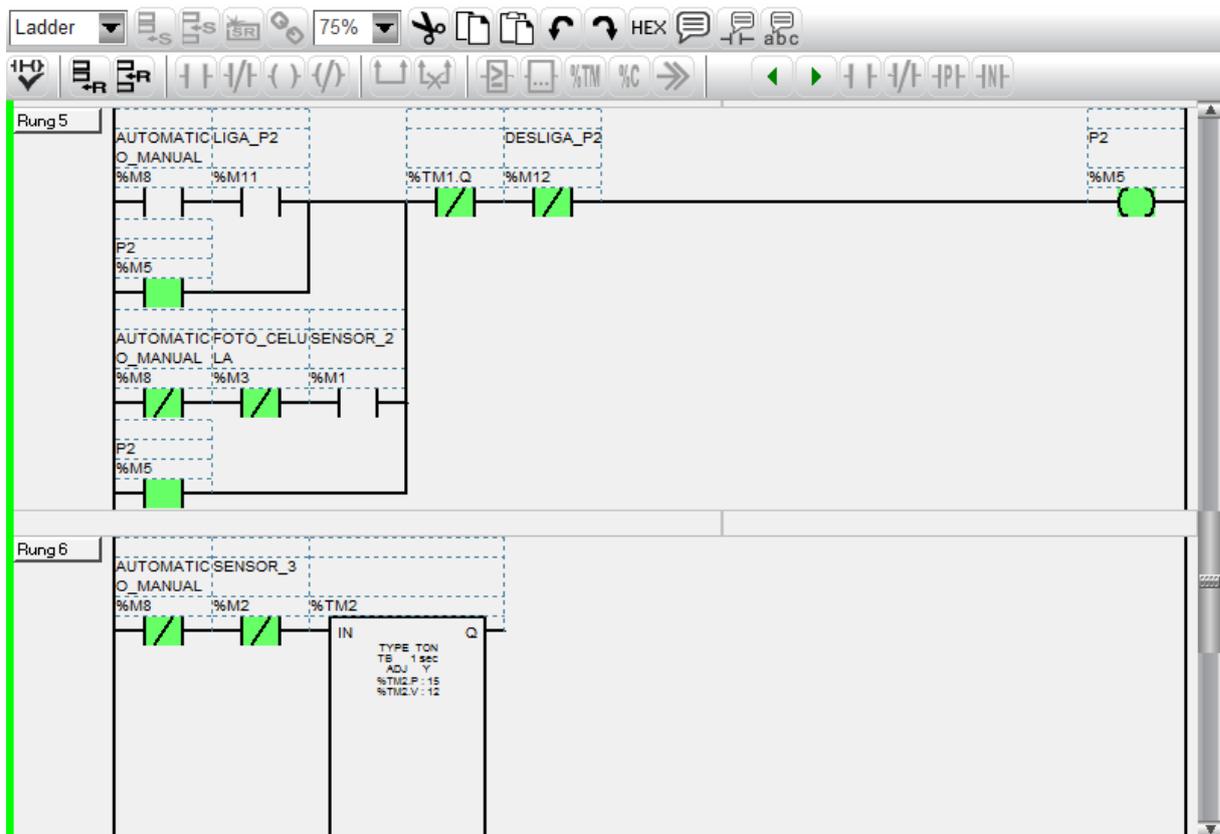
Fonte: Do Autor.

Figura 37 – Lógica de Controle - Programação dos Modos de Operação.



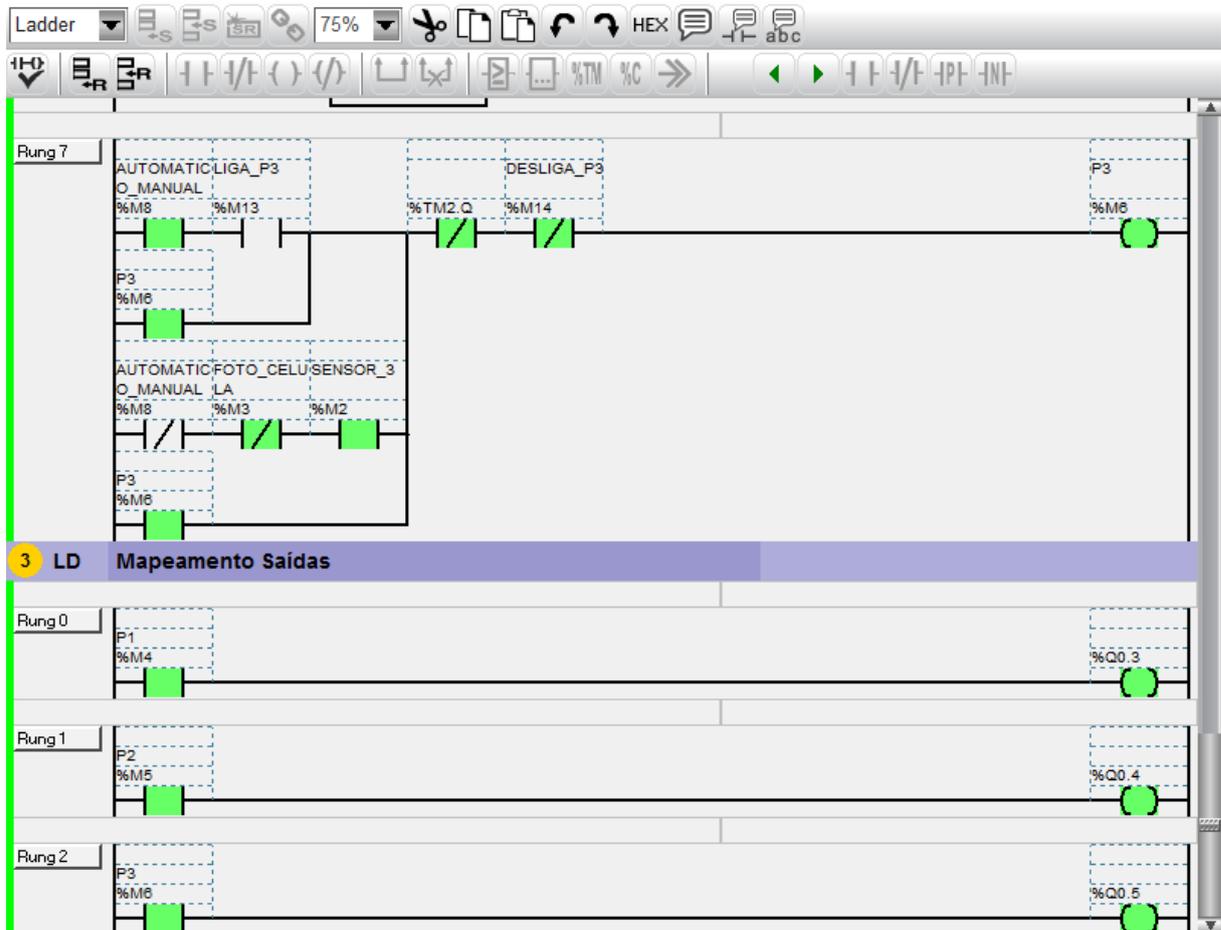
Fonte: Do Autor.

Figura 38 – Lógica de Controle - Programação dos Modos de Operação.



Fonte: Do Autor.

Figura 39 – Lógica de Controle - Mapeamento das Saídas.



Fonte: Do Autor.

Por fim, foi implementado o mapeamento dos sinais de saída, para que as saídas físicas do PLC pudessem ser acionadas por meio dos comandos do sistema supervisório. As variáveis P1, P2 e P3, mostrada nas figuras 37, 38 e 39, representam os postes de iluminação do protótipo. Ver Figura 39.

## 5.6 Sistema SCADA

O *software* utilizado para supervisão e controle da planta é o *software FactoryTalk View Studio*, pertencente à empresa *Rockwell Automation*. Além de fornecer o monitoramento das luminárias, o sistema supervisório também permite realizar o acionamento e/ou desligamento individual das luminárias e selecionar o modo de operação desejado da planta.

Sendo assim, os botões Automático e Manual, nas Figuras 40, 41, 42 e 43, são responsáveis pela seleção do modo de operação da planta. Quando em modo automático, o acionamento e/ou desligamento das luminárias é realizado automaticamente, fazendo com que o operador da planta não possa acionar ou desligar as luminárias manualmente. Logo, estando a planta em modo automático, o operador poderá realizar apenas o monitoramento

do estado das luminárias através do supervisor.

Quando o modo manual estiver selecionado, o operador poderá realizar o acionamento e/ou desligamento individual das luminárias através dos botões Liga e Desliga.

O sistema SCADA desenvolvido nesse projeto pode ser visualizado através das Figuras 40, 41, 42 e 43.

Figura 40 – Supervisor - Dia - Automático.



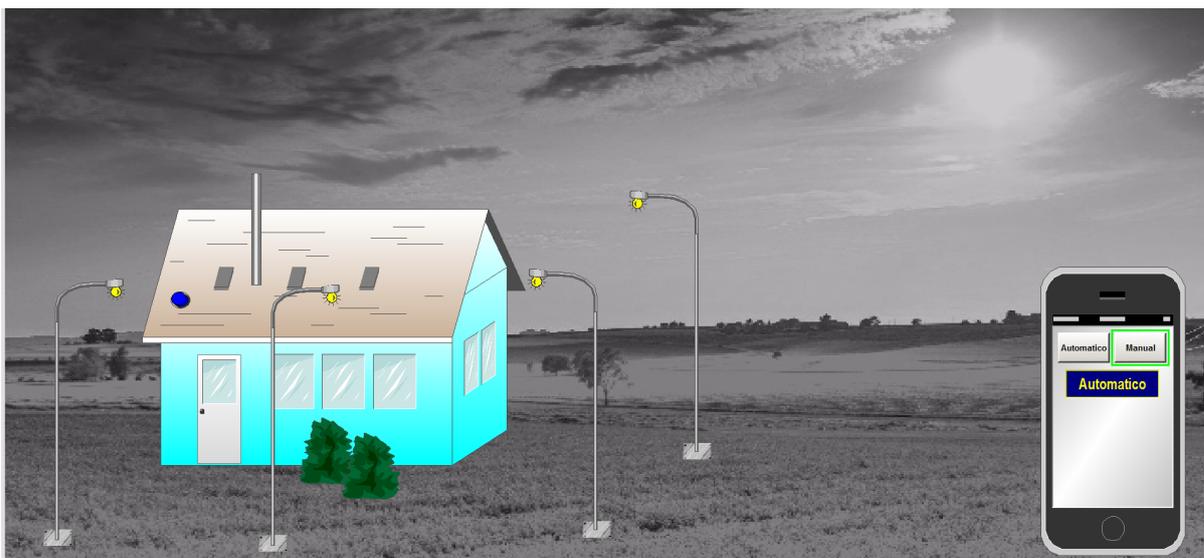
Fonte: Do Autor.

Figura 41 – Supervisor - Dia - Manual.



Fonte: Do Autor.

Figura 42 – Supervisório - Noite - Automático.



Fonte: Do Autor.

Figura 43 – Supervisório - Noite - Manual.

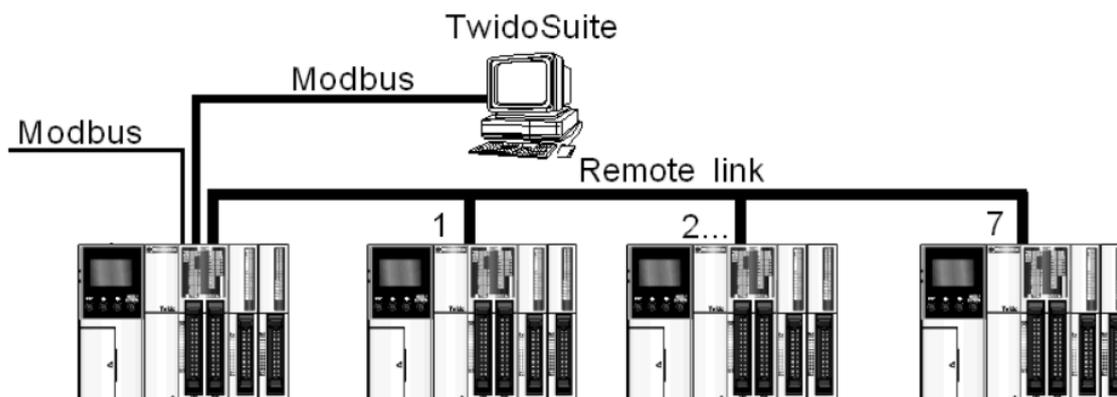


Fonte: Do Autor.

## 5.7 Comunicação PLC - Supervisório

### 5.7.1 Protocolo de Comunicação *Modbus* TCP/IP

O PLC utilizado no protótipo é o controlador *Schneider TWIDO TWDLCAE40DRF*. A figura 44 representa o esquema de comunicação entre PLC e sistema supervisório para esse dispositivo, onde vários dispositivos de I/O remotos são ligados ao controlador principal, e este é conectado ao servidor de dados, onde se encontram os *softwares* de programação do PLC sistema supervisório.

Figura 44 – Comunicação *TWIDO TWDLCAE40DRF*.

Fonte: Adaptada de (SCHNEIDER, 2016).

Como pode ser visto na figura 44, o PLC utilizado utiliza o protocolo de comunicação *Modbus* TCP/IP para se integrar aos sistemas supervisórios.

Segundo SCHNEIDER (2016), o protocolo *Modbus* é um protocolo aberto, muito utilizado em comunicações em série, e os *standarts* para esse protocolo são:

- RTU (o mais utilizado com o melhor desempenho): Caracteres codificados com 8 bits + 1 bit de paridade.
- ASCII : Caracteres codificados em 7 bits + 1 bit de paridade.

Os meios físicos de comunicação para esse protocolo são através de cabos RS232 ou RS485.

Como muitos PLCs utilizam o protocolo *Ethernet* para a realização da comunicação com o servidor, surgiu o protocolo de comunicação conhecido como *Modbus* TCP/IP, para que a interação entre PLC e supervisório pudesse ser realizada com mais facilidade. Esse protocolo faz com que as tramas de dados *Modbus* sejam encapsuladas pelo protocolo *Ethernet*. A esse protocolo foi atribuída a porta específica de serviço *Ethernet* 502. É o protocolo mais difundido no setor industrial (SCHNEIDER, 2016).

### 5.7.2 Acesso aos dados *Modbus*

Os dados do protocolo *Modbus* são armazenados, geralmente, em quatro tipos de blocos de dados: saídas discretas, entradas discretas, registradores de saída e registradores de entrada (INSTRUMENTS, N., 2016). A tabela 1 apresenta o tipo de dados atribuído a cada bloco.

Tabela 1 – Modelo de dados *Modbus*.

Bloco de Memória	Tipo de Dados
Saídas Discretas	Booleano
Entradas Discretas	Booleano
Registradores de Saída	Palavra
Registradores de Entrada	Palavra

Fonte: (INSTRUMENTS, N., 2016).

### 5.7.3 Endereçamento *Modbus*

Para obter o acesso aos dados *Modbus*, o PLC ou *software* supervisor solicitam o acesso por meio de códigos de função. A cada tipo de bloco de dados, são atribuídos um ou mais códigos de função, além de um prefixo único que distingue cada bloco dos demais. Cada bloco contém um espaço de endereçamento de até 65.536 elementos. Assim, cada elemento terá um endereço único numa faixa de 0 a 65.535 (INSTRUMENTS, N., 2016). A tabela 2 apresenta os prefixos atribuídos a cada tipo de banco.

Tabela 2 – Prefixos *Modbus*.

Bloco de Memória	Prefixo
Saídas Discretas	0
Entradas Discretas	1
Registradores de Saída	3
Registradores de Entrada	4

Fonte: Adaptada de (KEPWARE, 2016).

Unindo o prefixo ao endereço do elemento entre 0 a 65.535, obtemos o endereçamento final de cada elemento no protocolo *Modbus*, como mostra a tabela 3

Tabela 3 – Prefixos *Modbus*.

Bloco de Memória	Endereçamento	Tipo de Dados	Código da Função
Saídas Discretas	000001-065536	Booleano	01, 05, 15
Entradas Discretas	100001-165536	Booleano	02
Reg. de Saída	300001-365536	Palavra	04
Reg. de Entrada	400001-465536	Palavra	03, 06, 16

Fonte: Adaptada de (KEPWARE, 2016).

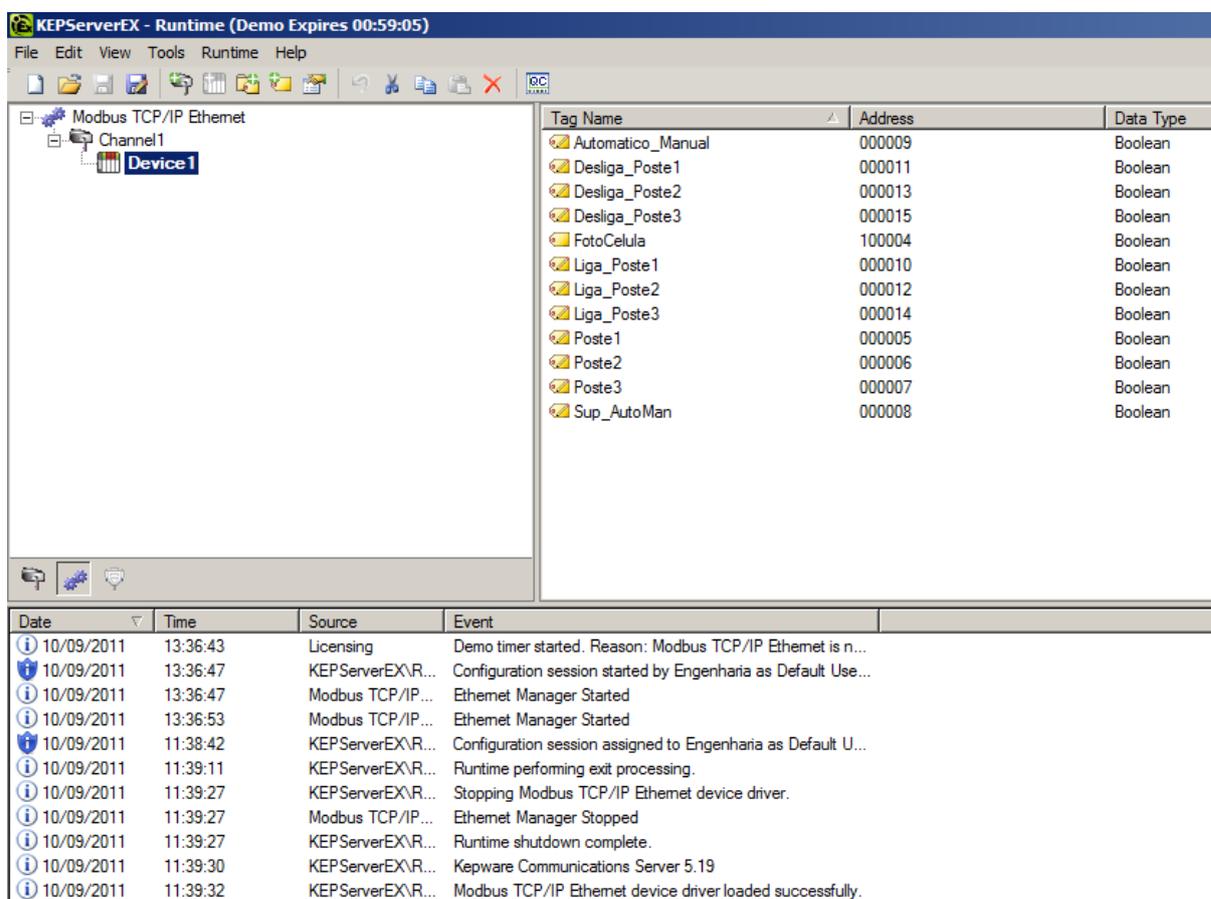
### 5.7.4 Servidor OPC

Para que a comunicação PLC/SCADA entre sistemas de diferentes fabricantes seja realizada, normalmente, é necessária a utilização de um servidor OPC. A criação do modelo de comunicação OPC surgiu da necessidade de um protocolo de comunicação padronizado, que integrasse PLC's de diferentes integradoras, a sistemas supervisórios, com rapidez e facilidade. Da união de grandes empresas consolidadas no mercado de automação, foi desenvolvido o protocolo de comunicação OPC no ano de 1995 (FOUNDATION, O., 2016).

Um servidor OPC, também chamado de *Driver* OPC, não possui telas que necessitam estar abertas em todo o tempo. Esta função é designada para o cliente OPC, um serviço fornecido pelo servidor OPC. No cliente encontram-se telas de suporte e configuração, e também as telas de monitoramento onde encontram-se as variáveis do processo (KEPWARE, 2016).

O servidor OPC utilizado neste projeto é o servidor fornecido pela empresa (KEPWARE, 2016), conhecido como *KEPServer*. A Figura 45 mostra a tela de configuração principal do *software* *KEPServer*.

Figura 45 – Configuração Servidor OPC.



Fonte: Do Autor.

A Figura 46 apresenta a configuração das variáveis de memória do PLC e supervisório no servidor OPC. Como detalhado na Seção 5.7.3 desse capítulo, os endereçamentos do protocolo *Modbus* são atribuídos a cada variável de processo no PLC, que necessitam ser utilizadas no sistema supervisório. Nesse projeto, foram utilizados os blocos de dados do tipo entradas discretas, e saídas discretas, precedidos pelos prefixos 1 e 0, respectivamente. A variável de nome *FotoCelula*, é do tipo entrada discreta, e as demais, do tipo saída discreta. No servidor OPC, variáveis booleanas que não necessitam ter seu valor alterado pelo sistema supervisório, são tratadas como entradas discretas. Já as variáveis booleanas que terão seus valores alterados pelos comandos do sistema supervisório, são configuradas como saídas discretas, como, por exemplo, as variáveis *Liga\_Poste1* e *Desliga\_Poste1*.

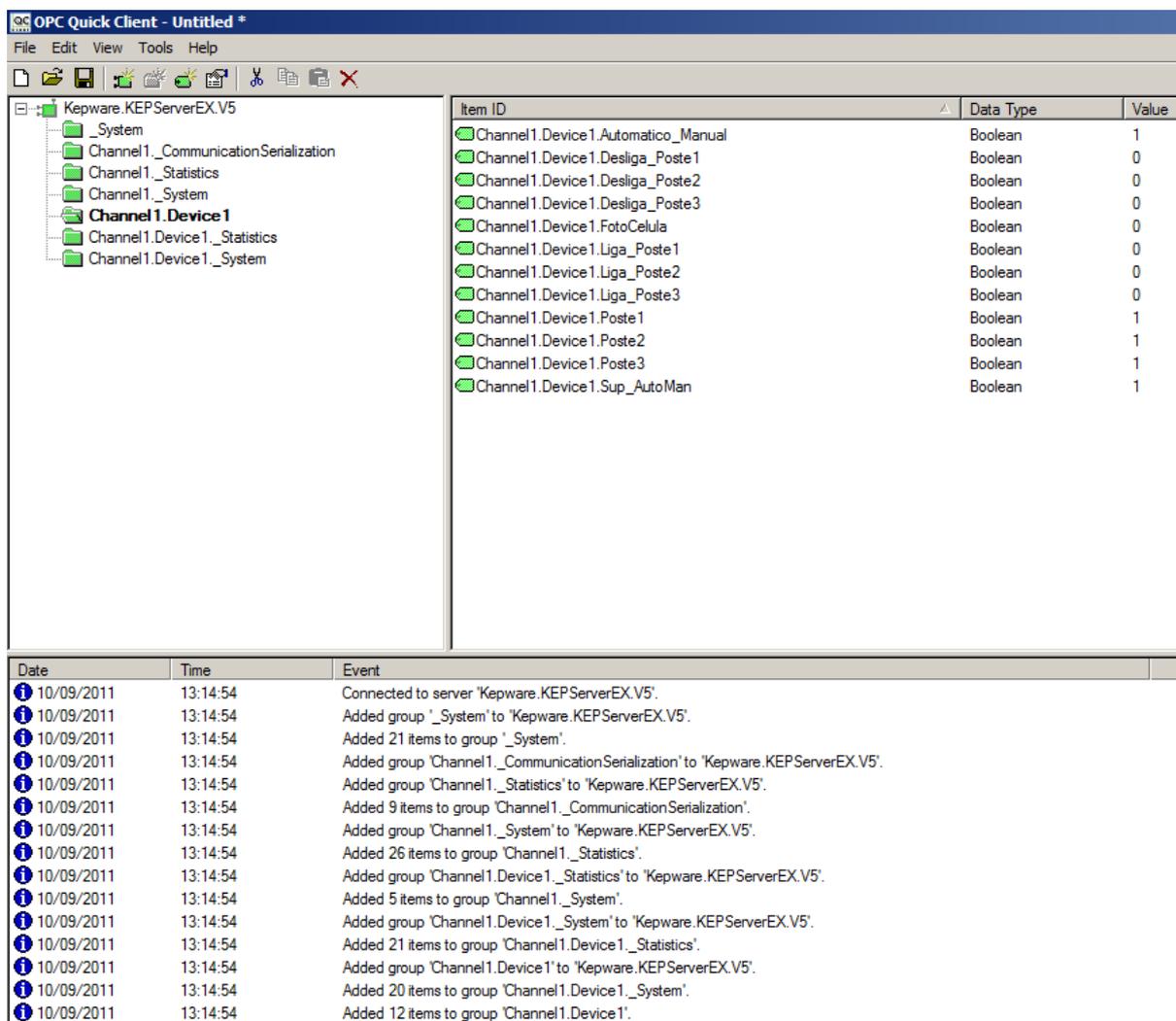
Figura 46 – Configuração de Variáveis no Servidor OPC.

Tag Name	Address	Data Type
Automatico_Manual	000009	Boolean
Desliga_Poste1	000011	Boolean
Desliga_Poste2	000013	Boolean
Desliga_Poste3	000015	Boolean
FotoCelula	100004	Boolean
Liga_Poste1	000010	Boolean
Liga_Poste2	000012	Boolean
Liga_Poste3	000014	Boolean
Poste1	000005	Boolean
Poste2	000006	Boolean
Poste3	000007	Boolean
Sup_AutoMan	000008	Boolean

Fonte: Do Autor.

Como mencionado no início dessa seção, o servidor OPC possui um serviço chamado Cliente OPC. Um cliente OPC, necessita estar ativo enquanto a comunicação PLC/Supervísório for necessária. A Figura 47 mostra o cliente OPC *KEPServer* ativo durante o processo de comunicação dos sistemas utilizados nesse projeto.

Figura 47 – Cliente OPC.



Fonte: Do Autor.

No cliente OPC, os valores das variáveis, bem como a qualidade da comunicação entre servidor OPC e PLC, e entre servidor OPC e supervisor, são monitorados em tempo real. A Figura 48 mostra o diagnóstico das variáveis utilizadas durante o processo de comunicação.

Figura 48 – Variáveis no Cliente OPC.

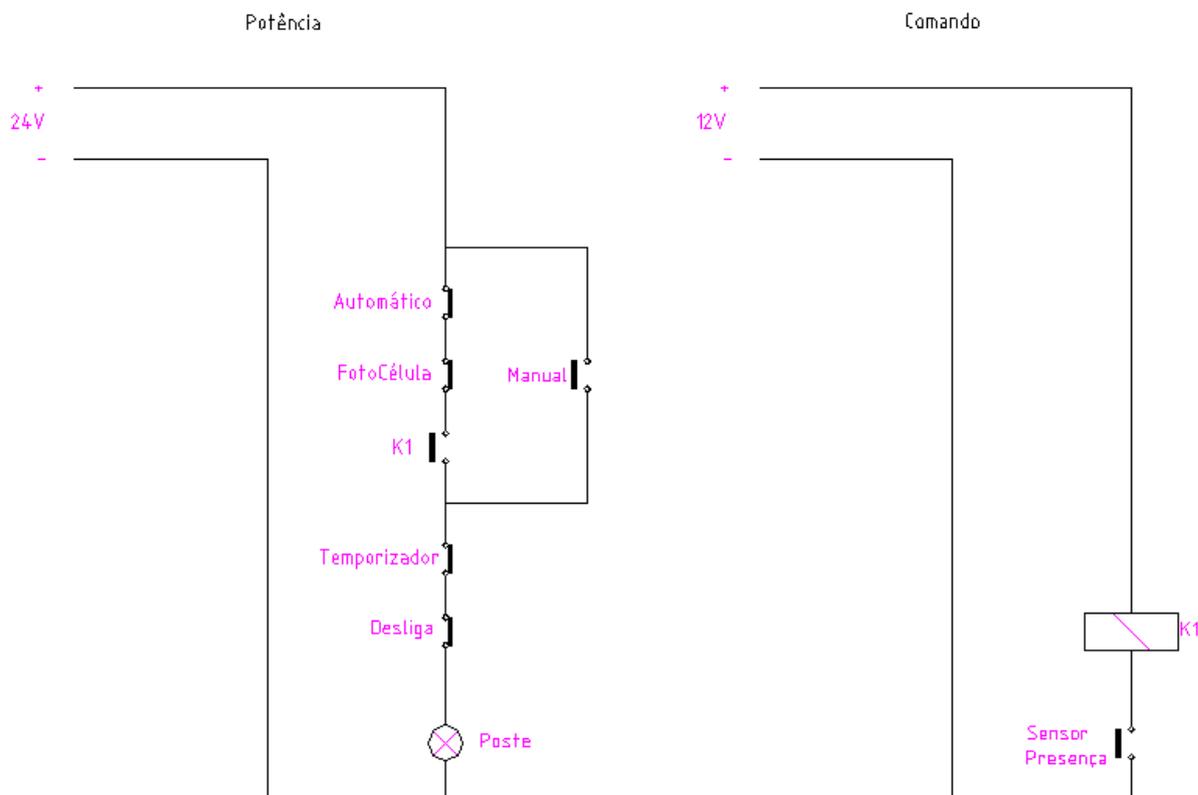
Item ID	△	Data Type	Value	Quality
Channel1.Device1.Automatico_Manual		Boolean	1	Good
Channel1.Device1.Desliga_Poste1		Boolean	0	Good
Channel1.Device1.Desliga_Poste2		Boolean	0	Good
Channel1.Device1.Desliga_Poste3		Boolean	0	Good
Channel1.Device1.FotoCelula		Boolean	0	Good
Channel1.Device1.Liga_Poste1		Boolean	0	Good
Channel1.Device1.Liga_Poste2		Boolean	0	Good
Channel1.Device1.Liga_Poste3		Boolean	0	Good
Channel1.Device1.Poste1		Boolean	1	Good
Channel1.Device1.Poste2		Boolean	1	Good
Channel1.Device1.Poste3		Boolean	1	Good
Channel1.Device1.Sup_AutoMan		Boolean	1	Good

Fonte: Do Autor.

## 5.8 Diagrama Unifilar da Planta

Na Figura 49 é mostrado o diagrama unifilar da planta, desenvolvido em *software AUTOCAD*, que simplifica o funcionamento da lógica de controle e potência de todo o protótipo. Pela Figura 49, percebe-se que, o acionamento da iluminação, dá-se por meio do fechamento do contato Manual, sem dependência dos contatos FotoCélula ou K1. Esse funcionamento descreve o modo Manual de operação da planta. Percebe-se, também, a dependência da abertura do contato FotoCélula, e fechamento do contato K1, para o acionamento da iluminação com o modo Automático selecionado.

Figura 49 – Diagrama Unifilar.

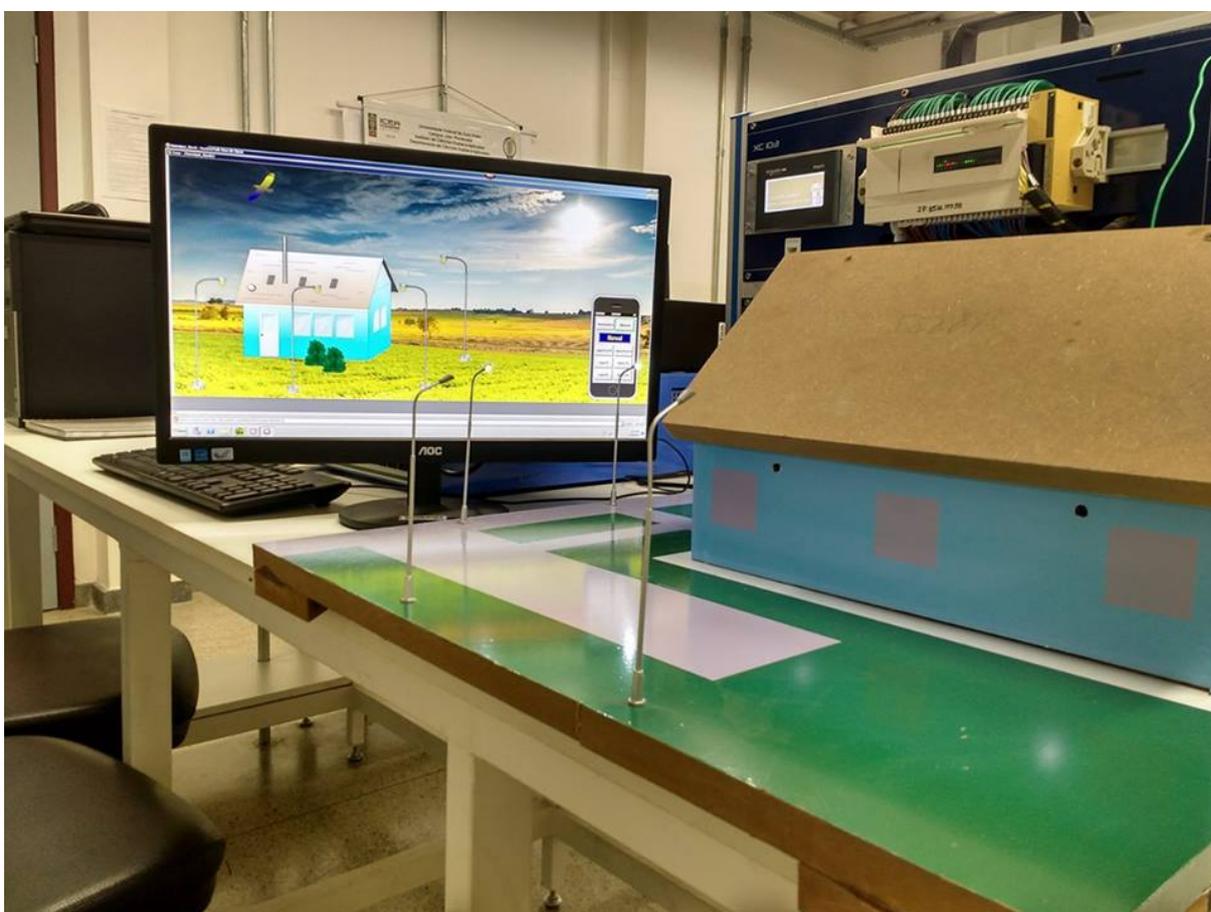


Fonte: Do Autor.

## 5.9 Resultados

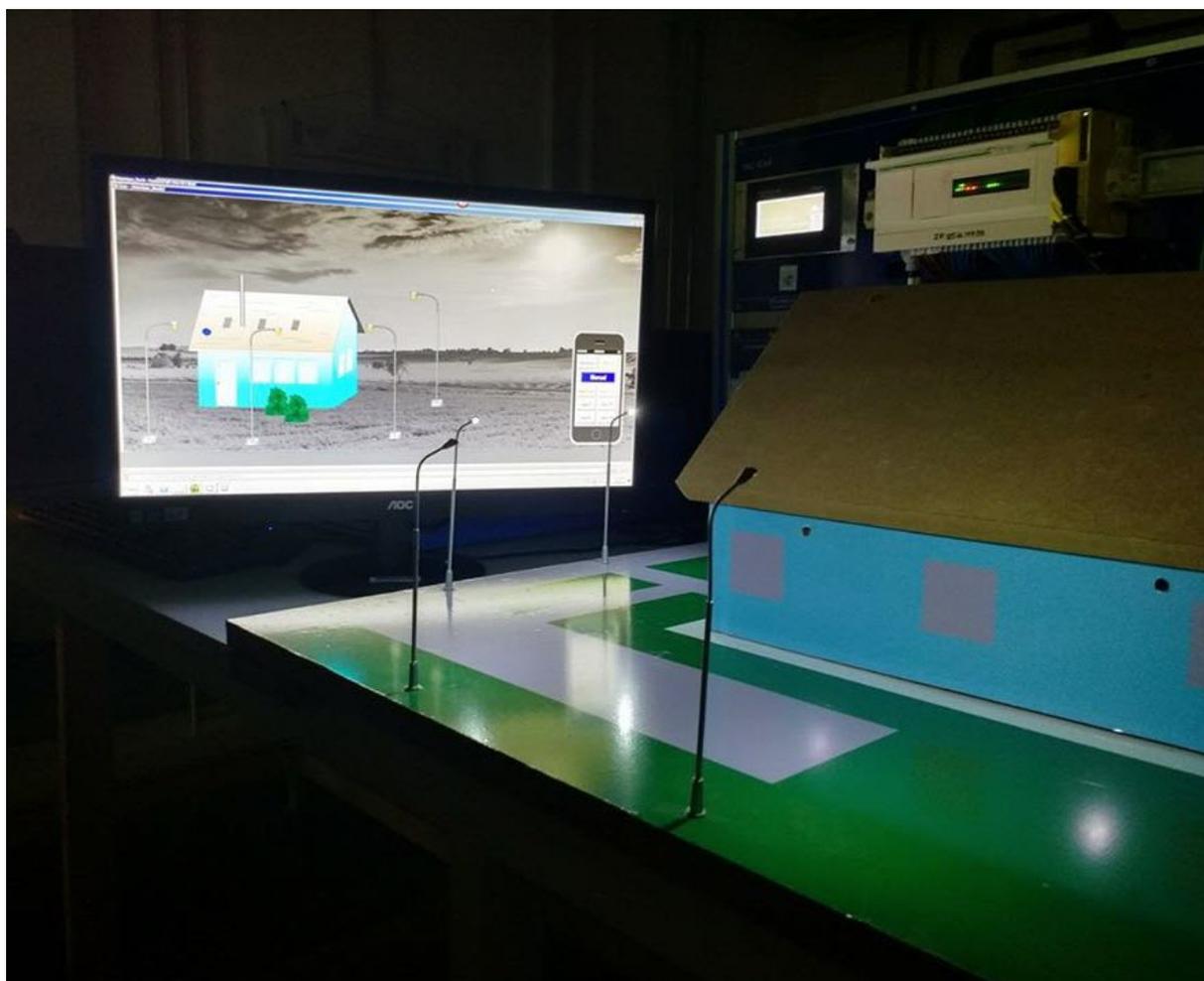
As Figuras 50 e 51 apresentam a planta residencial ao término do projeto. O circuito de condicionamento dos sensores atua nas entradas do PLC com 24V quando estão atuados, o que permite que todas as luminárias sejam acionadas de acordo com o controle automático e manual. A comunicação PLC/SCADA foi realizada através do servidor OPC *KEPServer*, permitindo aos usuários do protótipo o controle da planta pelo sistema supervisório.

Figura 50 – Planta Residencial.



Fonte: Do Autor.

Figura 51 – Planta Residencial.



Fonte: Do Autor.

## 5.10 Considerações Finais

Nesse capítulo foi apresentado o desenvolvimento de um protótipo de residência com iluminação externa automática, controlada por PLC *Schneider* e sistema supervisório para monitoramento e controle *FactoryTalk View Studio*.

# 6 Considerações Finais

## 6.1 Conclusões

A automação residencial tem se tornado objeto de desejo de residentes em todo o mundo. Com soluções que apresentam baixo custo de implementação, redução no consumo de energia elétrica e que, simultaneamente, oferecem mais conforto e segurança aos usuários, a automação residencial tem se tornado um mercado de tecnologia de ponta inovador capaz de alcançar excelentes níveis de resultados a cada projeto desenvolvido e implementado.

Para que a implementação de um sistema de automação residencial seja realizada com alto índice de aprovação de projeto, é necessário que haja planejamento prévio de infraestrutura da residência e dos materiais e dispositivos disponíveis no mercado, que melhor se adequarão ao projeto da residência inteligente. Estruturas que permitem a possibilidade de inserção de novos dispositivos sem que haja necessidade de alteração de infraestrutura da residência como sistemas integrados e de cabeamento estruturado são preferíveis aos sistemas tradicionais independentes que não possuem estas características.

A partir do conhecimento do funcionamento dos dispositivos a serem utilizados e da descrição funcional dos processos a serem automatizados, foi possível realizar as etapas de programação do controlador principal e do software supervisor referente aos processos de iluminação externa, abertura e fechamento do portão eletrônico, irrigação de jardim e enchimento da caixa d'água de um projeto de residência. O sistema supervisor dos processos, fornece aos usuários, simultaneamente, conforto, comodidade e controle da residência, como sugere o conceito de domótica.

A bancada experimental de um protótipo de residência, foi desenvolvida contendo controle de iluminação por meio de um sistema integrado de automação de arquitetura centralizada, com PLC *Schneider* modelo *TWIDO TWDLCAE40DRF* e sistema supervisor *Rockwell Automation FactoryTalk View Studio*. A comunicação entre esses sistemas, de diferentes fabricantes, foi realizada através de um servidor OPC, com protocolo de comunicação *Modbus TCP/IP*. A iluminação do protótipo pode ser acionada manualmente pelos usuários, por meio do sistema supervisor, ou automaticamente, de acordo com a indicação de presença de objetos e/ou pessoas pelos sensores de presença infravermelhos. No sistema supervisor, a iluminação do protótipo pode ser monitorada em tempo real.

## 6.2 Trabalhos Futuros

Por meio de uma infraestrutura qualificada, é possível acrescentar ao projeto dispositivos automáticos inteligentes que elevam os níveis de conforto e praticidade nas atividades

residenciais. É recomendável a inserção de sistemas de câmeras de segurança (CFTV) para proporcionar mais segurança ao usuário e dispositivos de fácil implementação, como torneiras e persianas automáticas que proporcionam respectivamente redução de custos e mais conforto aos residentes.

Para o desenvolvimento de trabalhos futuros, sugere-se a implementação do *software* supervisorio em dispositivos inteligentes de fácil locomoção e uso pessoal por parte do usuário, como tablets e smartphones. A implementação do supervisorio nesses dispositivos proporciona ao usuário, conforto, comodidade e praticidade dentro da residência.

Também é sugerida a implementação da possibilidade de acesso remoto ao supervisorio da residência por meio desses dispositivos. O acesso remoto permite ao usuário realizar o controle e monitoramento residencial mesmo não estando presente na residência. O controle e monitoramento remoto da residência proporciona um alto nível de segurança residencial ao usuário, permitindo-lhe acessar informações em tempo real do estado dos dispositivos e gerando alarmes referentes à quebra do sistema de segurança ou à situações de emergência na residência.

# Referências

- AURESIDE. *Associação Brasileira de Automação Residencial*. 2016. Disponível em: [⟨https://www.aureside.org.br⟩](https://www.aureside.org.br). Acesso em: 07 de fev. 2016.
- BINGOL, O. et al. Web-based Smart Home Automation : PLC- controlled Implementation. *Acta Polytechnica Hungarica*, v. 11, n. 3, p. 51–63, 2014.
- BOLZANI, C. A. M. *Desenvolvimento de um simulador de controle de dispositivos residenciais inteligentes: uma introdução aos sistemas domóticos*. 115 p. Dissertação (Mestrado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2004.
- BOLZANI, C. A. M. *Residências inteligentes*. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2004. 332 p.
- BOSCH. *Bosch - Brasil*. 2016. Disponível em: [⟨https://www.bosch.com.br⟩](https://www.bosch.com.br). Acesso em: 03 de fev. 2016.
- CASADOMO. *Casadomo - Edifícios Inteligentes*. 2016. Disponível em: [⟨https://www.casadomo.com⟩](https://www.casadomo.com). Acesso em: 05 de fev. 2016.
- ELETRODEX. *Eletrodex Eletrônica*. 2016. Disponível em: [⟨https://www.eletrodex.com.br⟩](https://www.eletrodex.com.br). Acesso em: 17 de jun. 2016.
- FOUNDATION, O. *OPC FOUNDATION - The Industrial Interoperability Standard*. 2016. Disponível em: [⟨https://www.opcfoundation.org⟩](https://www.opcfoundation.org). Acesso em: 18 de jun. 2016.
- FRANCHI, C. M.; CAMARGO, V. L. A. *Controladores lógicos programáveis: sistemas discretos*. 1ª. ed. São Paulo: Ed. Érica, 2008. 352 p.
- FURUKAWA. *Furukawa Eletric*. 2016. Disponível em: [⟨https://www.furukawa.com.br⟩](https://www.furukawa.com.br). Acesso em: 26 de mar. 2016.
- GENTECH. *Gentech Systems Management*. 2016. Disponível em: [⟨https://www.gentechensors.com⟩](https://www.gentechensors.com). Acesso em: 15 de mar. 2016.
- GEORGINI, M. *Automação aplicada: descrição e implementação de sistemas seqüenciais com PLCs*. São Paulo: Ed. Érica, 2000. 216 p.
- HERÁNDEZ, F. J.; MARTÍNEZ, D.; PUJANTE, J. J. Deliverable D4.10 PLC-based Home Automation System Completed. *Information Society Technologies*, v. 1.4, 2004.
- INSTRUMENTS, N. *National Instruments NI*. 2016. Disponível em: [⟨https://www.ni.com⟩](https://www.ni.com). Acesso em: 18 de jun. 2016.
- INTELBRAS. *Intelbras Brasil*. 2016. Disponível em: [⟨https://www.intelbras.com.br⟩](https://www.intelbras.com.br). Acesso em: 13 de mar. 2016.
- KEPWARE. *Kepware - Software for Industrial Automation*. 2016. Disponível em: [⟨https://www.kepware.com/en-us/⟩](https://www.kepware.com/en-us/). Acesso em: 20 de jun. 2016.

- MAHAPATRA, S.; JAIN, A.; SINGH, D. PLC-Based Home Automation System. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, v. 4, n. 5, p. 12–15, 2014.
- METALTEX. *Produtos - Automação - Metaltex*. 2016. Disponível em: <https://www.metaltex.com.br>. Acesso em: 02 de fev. 2016.
- MONTEIRO, B. et al. A p c l p. *e-xacta*, v. 4, n. 2, p. 29–35, 2011. Disponível em: [www.unibh.br/revistas/exacta/](http://www.unibh.br/revistas/exacta/).
- NATALE, F. *Automação Industrial*. São Paulo: Ed. Érica, 2003. 256 p.
- POLICOM. *Grupo Policom*. 2016. Disponível em: <https://www.grupopolicom.com.br>. Acesso em: 14 de mar. 2016.
- PROSOFT. *Prosoft Technology*. 2016. Disponível em: <https://br.prosoft-technology.com>. Acesso em: 11 de mar. 2016.
- ROCKWELL. *Rockwell Automation*. 2016. Disponível em: <https://www.rockwellautomation.com>. Acesso em: 11 de mar. 2016.
- SCHNEIDER. *Schneider Electric*. 2016. Disponível em: <https://www.schneider-electric.com.br/>. Acesso em: 04 de abr. 2016.
- SILVA, D. S. *Desenvolvimento e Implantação de um Sistema de Supervisão e Controle Residencial*. 62 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2009.
- SMAR. *Smar - Automação Industrial*. 2017. Disponível em: <https://www.smar.com/brasil>. Acesso em: 11 de fev. 2017.
- STARVAI. *Starvai Tecnologia - Automação Industrial*. 2016. Disponível em: <https://www.starvai.com.br>. Acesso em: 18 de jan. 2016.
- WEG. *WEG Brasil*. 2016. Disponível em: <https://old.weg.net/br>. Acesso em: 11 de mar. 2016.

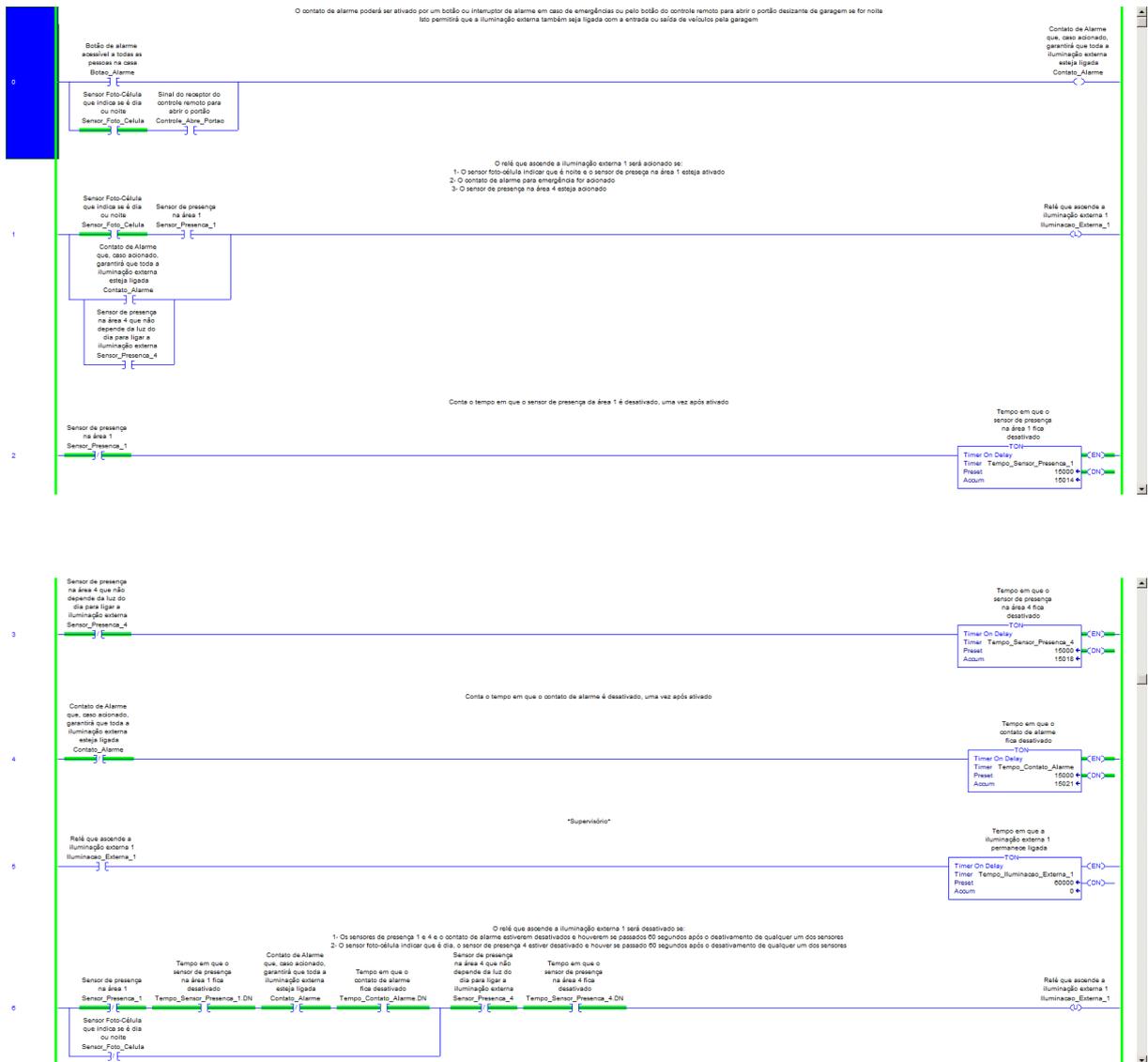


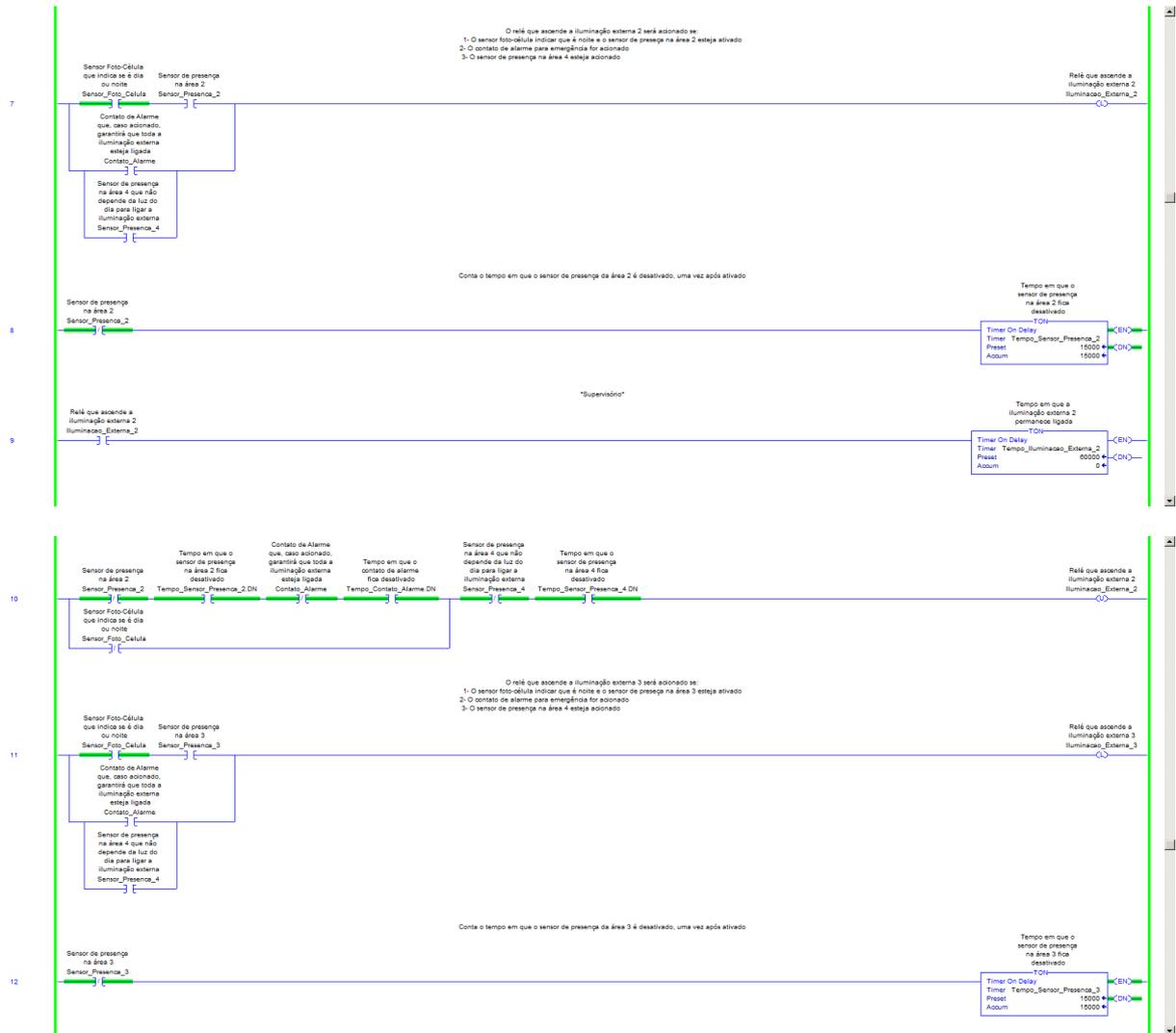
# ANEXO A – Lógica do Controlador

## Programa Iluminação Externa

A Figura 52, apresenta a programação do PLC em linguagem *Ladder*, referente ao processo de acionamento automático da iluminação externa da residência fictícia do projeto.

Figura 52 – Programa Iluminação Externa.



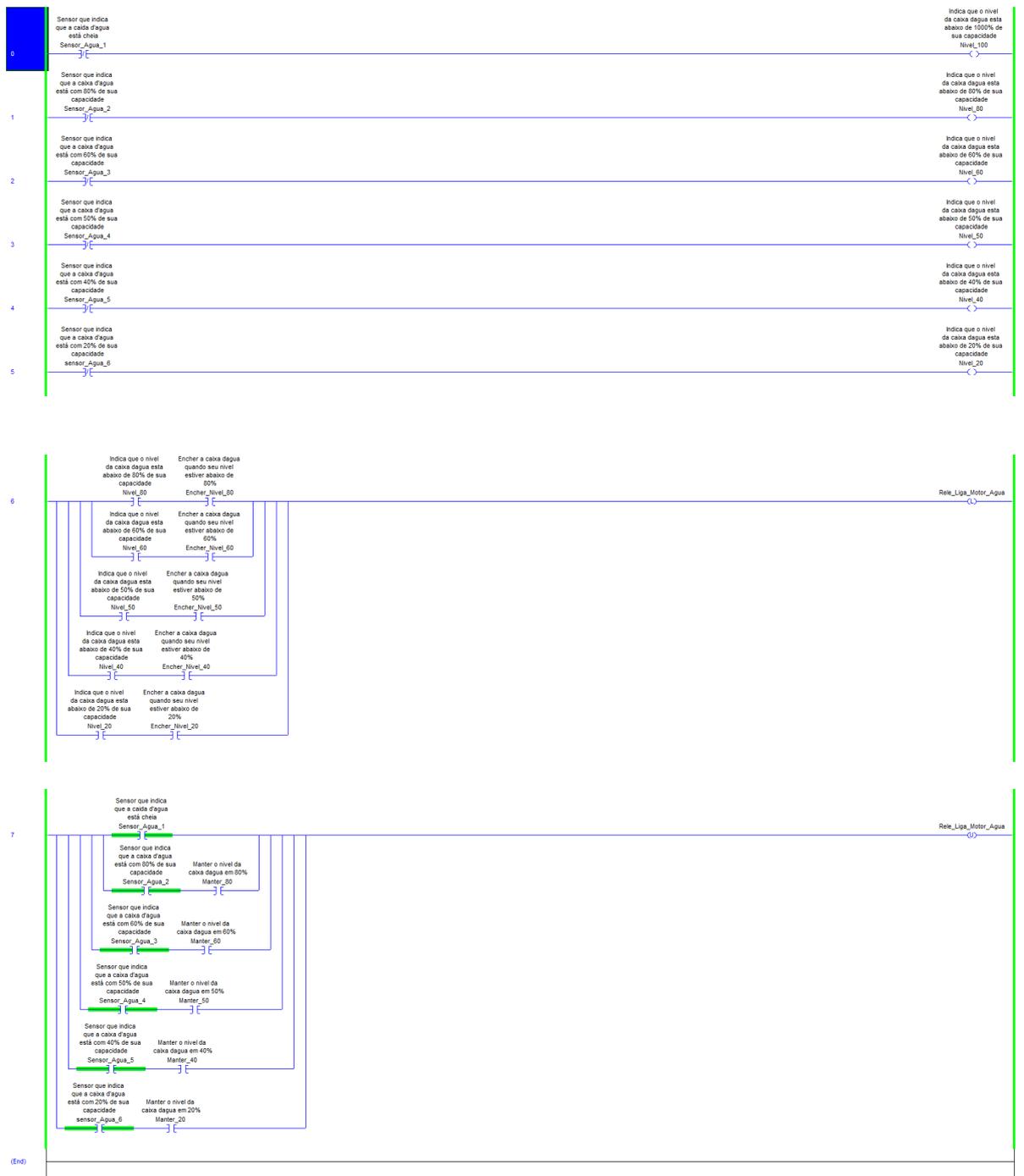


Fonte: Do Autor.

## Programa Caixa d'Água

A Figura 53, apresenta a programação do PLC em linguagem *Ladder*, referente ao processo de enchimento automático da caixa d'água da residência fictícia do projeto.

Figura 53 – Programa Caixa d’Água.



Fonte: Do Autor.

## Programa Irrigação de Jardim

A Figura 54, apresenta a programação do PLC em linguagem *Ladder*, referente ao processo de irrigação automática do jardim da residência fictícia do projeto.

Figura 54 – Programa Jardim.

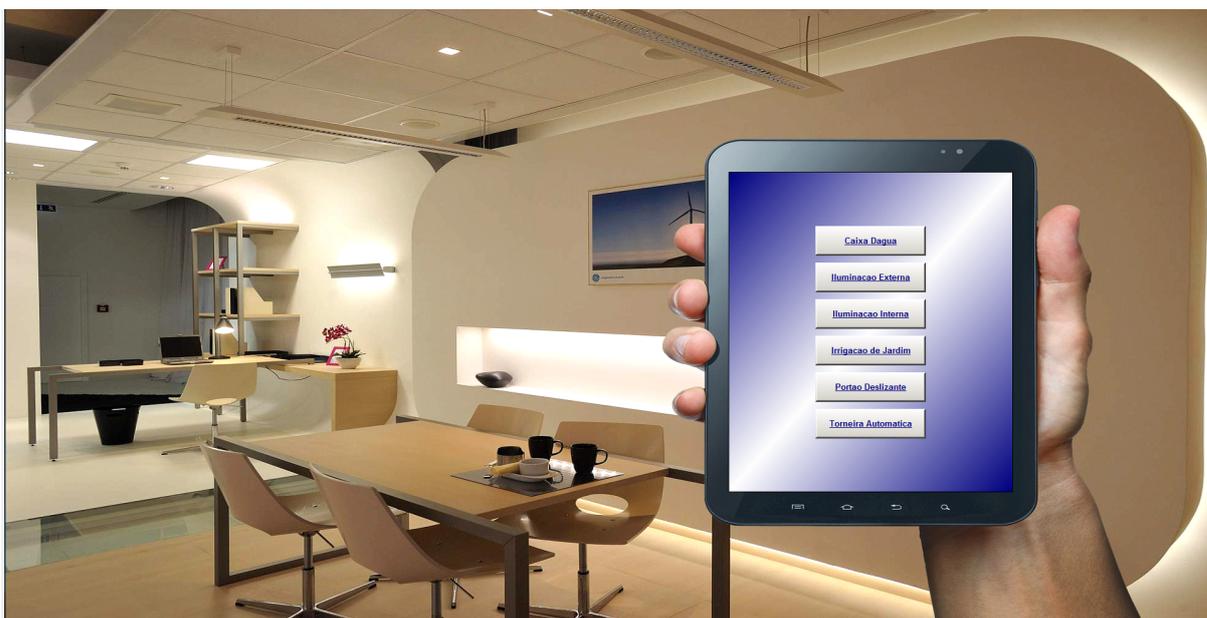


Fonte: Do Autor.

## ANEXO B – Sistema Supervisório

A figura 55 apresenta a tela de acesso inicial do usuário, que lhe permite acessar as demais telas dos processos contidos nesse projeto. Selecionando o botão referente a cada processo, o usuário tem acesso à tela de controle e supervisão dos mesmos, permitindo-lhe monitorar e atuar sobre os dispositivos do sistema.

Figura 55 – Supervisório - Tela Principal.

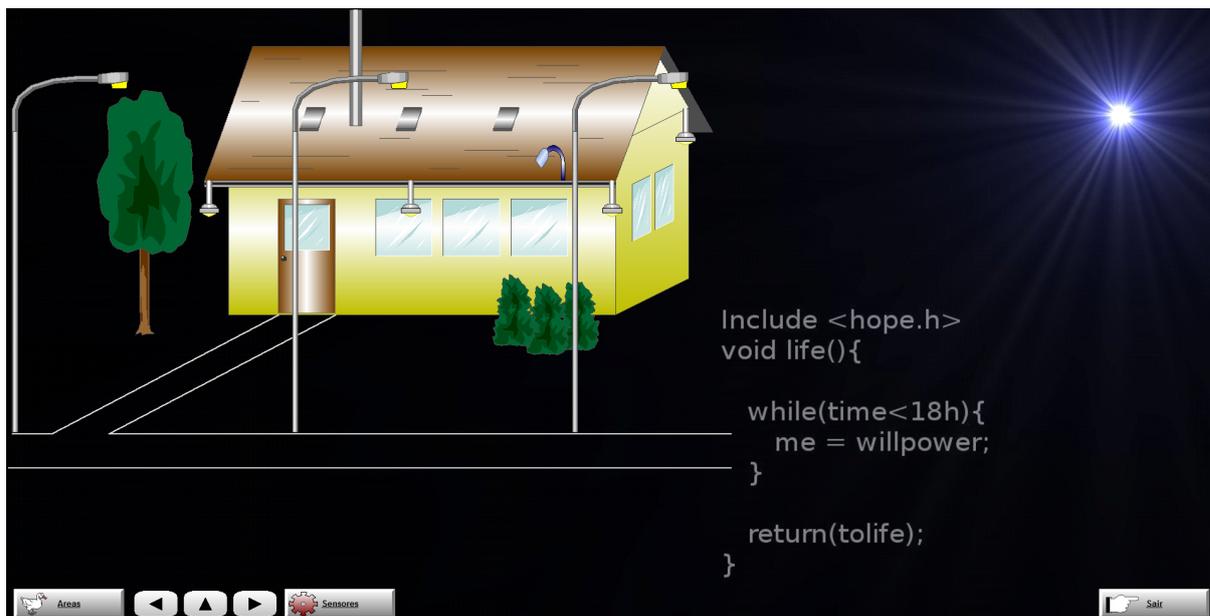


Fonte: Adaptada de (STARVAI, 2016).

### Supervisório Iluminação Externa

A Figura 56, apresenta a tela do sistema supervisório referente ao processo de acionamento automático da iluminação externa da residência fictícia do projeto.

Figura 56 – Supervisório Iluminação Externa.

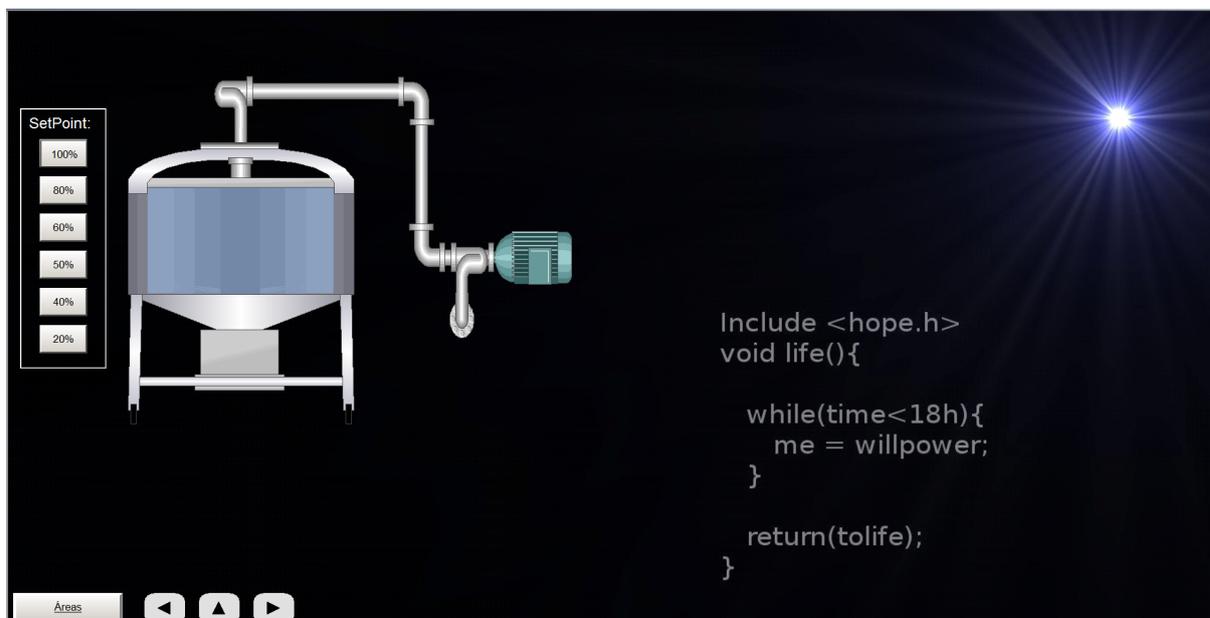


Fonte: Do Autor.

## Supervisório Caixa d'Água

A Figura 57, apresenta a tela do sistema supervisório referente ao processo de enchimento automático da caixa d'água da residência fictícia do projeto.

Figura 57 – Supervisório Caixa d'Água.



Fonte: Do Autor.