



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ**  
***Campus Luiz Meneghel***  
**Centro de Ciências Tecnológicas - CCT**  
**BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**  
**LICENCIATURA EM COMPUTAÇÃO**

**GUSTAVO MARCELINO DIONISIO**

**PROTÓTIPO DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL BASEADO EM**  
***ARDUINO* COMO APOIO PARA PESSOAS LIMITADAS FISICAMENTE**

**BANDEIRANTES-PR**

**Julho de 2018**

PROTÓTIPO DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL BASEADO EM *ARDUINO*  
COMO APOIO PARA PESSOAS LIMITADAS FISICAMENTE

GUSTAVO MARCELINO DIONISIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Sistemas de Informação e Licenciatura em Computação da Universidade Estadual do Norte do Paraná para a obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação e Licenciado em Computação.

Orientador: Prof. Me. Thiago Adriano Coleti

Julho de 2018

PROTÓTIPO DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL BASEADO EM *ARDUINO*  
COMO APOIO PARA PESSOAS LIMITADAS FISICAMENTE

GUSTAVO MARCELINO DIONISIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Sistemas de Informação e Licenciatura em Computação da Universidade Estadual do Norte do Paraná para a obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação e Licenciado em Computação.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Me. Thiago Adriano Coleti  
Universidade Estadual do Norte do Paraná  
Orientador

---

Prof. Me. Carlos Eduardo Ribeiro  
Universidade Estadual do Norte do Paraná

---

Prof. Me. Luiz Fernando Legore do Nascimento  
Universidade Estadual do Norte do Paraná

Bandeirantes-PR, 02 de Julho de 2018

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família por apoiarem toda minha trajetória acadêmica.

Ao meu orientador Thiago Adriano Coleti pela disposição e dedicação para a concepção deste trabalho.

Aos integrantes da banca examinadora, composta pelos professores Luiz Fernando Legore do Nascimento e Carlos Eduardo Ribeiro, que deram várias sugestões e apoio.

Aos professores que fizeram parte da minha formação acadêmica.

*Descobrir consiste em olhar para o  
que todo mundo está vendo e pensar  
uma coisa diferente.  
(Roger Von Oech)*

DIONISIO, G. M..**Protótipo de automação residencial baseado em *Arduino* como apoio para pessoas limitadas fisicamente.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Sistemas de Informação e Licenciatura em Computação) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes–PR, Julho de 2018.

## **RESUMO**

As pessoas com dificuldade de locomoção podem enfrentar dificuldades diárias ao tentar executar tarefas em uma residência e acabam perdendo muito tempo e esforço durante tal execução. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um protótipo de automação residencial para atuando no controle de lâmpadas e para permitir que usuários possam controlá-las por meio de um dispositivo móvel conectado à Internet, evitando assim sua locomoção. O protótipo permite disparar comandos por uma interface *web*, utilizando botões ou comandos de voz. O protótipo se mostrou funcional e o comportamento foi o esperado para o mesmo.

**Palavras-chave:** arduino, automação residencial, pessoas com dificuldade de locomoção.

DIONISIO, G. M.. **Home automation prototype based on Arduino as support for physically limited people**. Final Project (Bachelor of Information Systems and Licentiate in Computing) – State University Northern of Parana, Bandeirantes–PR, July 2018.

## **ABSTRACT**

People with limited mobility may face daily difficulties when trying to perform tasks in a home and end up wasting a lot of time and effort during such execution. Thus, the present work has the objective of developing a residential automation prototype to acting in the control of lamps and allow users to control them through a mobile device connected to the Internet, avoiding their locomotion. The prototype allows triggering commands through a web interface, using buttons or voice commands. The prototype proved to be functional and had a satisfactory behavior during functional tests.

**Keywords:** arduino; residential automation; limited mobility people.

## **Lista de Abreviaturas e Siglas**

**CSS** - *Cascading Style Sheet*

**GND** - *Ground*

**HTML** - *Hypertext Markup Language*

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**IDE** - *Integrated Development Environment*

**IN1** - *Input 1*

**IN2** - *Input 2*

**LED** - *Light Emitting Diode*

**MB** - *Megabyte*

**Mb/s** - *Megabits por segundo*

**MHz** - *Mega Hertz*

**PDL** - Pessoa com dificuldade de locomoção

**PHP** - *PHP: Hypertext Preprocessor*

**RFID** - *Radio-Frequency Identification*

**RJ45** - *Registered Jack 45*

**TV** - *Televisão*

**USB** - *Universal Serial Bus*

**V** - *Volts*

**VCC** - *Voltage common collector*

## Lista de Figuras

Figura 1. <i>Arduino Uno</i> . Fonte: ARDUINO, 2017.	23
Figura 2. Ethernet Shield R3. Fonte: ARDUINO, 2017.	25
Figura 3. Módulo <i>Relé</i> . Fonte: ARDUINO, 2017.	25
Figura 4. Módulo RFID. Fonte: ARDUINO, 2017.	26
Figura 5. Sensor de presença. Fonte: ARDUINO, 2017.	26
Figura 6. Ambiente de desenvolvimento <i>Arduino</i> . Fonte: do autor.	27
Figura 7. Possibilidades da automação residencial. Fonte: MARQUES, 2012.	30
Figura 8. Planta e foto do protótipo de automação. Fonte: ARAÚJO et al., 2012, adaptado pelo autor.	34
Figura 9. <i>Arduino Mega</i> . Fonte: ARDUINO, 2017.	35
Figura 10. Componentes para implementação do circuito de controle e supervisão. Fonte: ROSA et al., 2013.	36
Figura 11. Sistema de controle. ROSA et al., 2013.	37
Figura 12. Aplicativo <i>Android</i> do sistema de automação com realidade aumentada. Fonte: FERNANDES et al., 2015.	38
Figura 13. Exibição de objetos com realidade aumentada. Fonte: FERNANDES et al., 2015.	38
Figura 14. Estrutura do sistema de automação. Fonte: MARCHESAN, 2012.	39
Figura 15. Arquitetura do sistema. Fonte: do autor.	44
Figura 16. <i>Ethernet Shield W5100</i> conectado a uma placa <i>Arduino Uno</i> . Fonte: <a href="https://www.eletruscomp.com.br/post/projeto-21-configurando-o-shield-ethernet-com-o-arduino/">https://www.eletruscomp.com.br/post/projeto-21-configurando-o-shield-ethernet-com-o-arduino/</a> (2018).	47
Figura 17. <i>Arduino</i> conectado a um roteador através do <i>Ethernet Shield W5100</i> . Fonte: do autor.	48
Figura 18. Tela de <i>login</i> . Fonte: do autor.	50
Figura 19. Tabelas. Fonte: do autor.	52

Figura 20. Indicação das portas lógicas. Fonte: do autor.	54
Figura 21. Configuração do <i>Ethernet Shield</i> . Fonte: do autor.	54
Figura 22. Configuração dos pinos digitais. Fonte: do autor.	55
Figura 23. Análise de comandos retornados de uma requisição. Fonte: do autor.	55

## Lista de Tabelas

Tabela 1. Gerações da telefonia celular. Adaptado de: FIGUEIREDO E NAKAMURA, 2003.	33
Tabela 2. Custos do projeto do trabalho 4. Adaptado de: MARCHESAN, 2012.	40
Tabela 3. Comparação. Fonte: do autor.	42
Tabela 4. Relação de conexão entre o <i>Arduino</i> e o módulo Relé. Fonte: do autor.	49
Tabela 5. Validação de variáveis. Fonte: do autor.	56

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
1.1 Contextualização	13
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivo geral	14
1.2.2 Objetivos específicos	15
1.3 Justificativa	16
1.4 Materiais e métodos	17
1.5 Estrutura do trabalho	20
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>21</b>
2.1 Arduino	21
2.1.1 Arduino Uno	22
2.1.2 Componentes externos	24
2.1.3 Ambiente de desenvolvimento Arduino	27
2.2 Automação Residencial	28
2.2.1 Classificação da automação residencial	31
2.3 Pessoas com dificuldade de locomoção	31
2.4 Dispositivos móveis	32
2.5 Trabalhos correlatos	33
2.5.1 Trabalho 1: Uma ideia educacional utilizando um protótipo de automação residencial/predial baseado em Arduino	33
2.5.2 Trabalho 2: Controle e supervisão residencial utilizando a plataforma Arduino	35
2.5.3 Trabalho 3: Automação e realidade aumentada para auxiliar pessoas com deficiência física	37
2.5.4 Trabalho 4: Sistema de monitoramento residencial utilizando a plataforma Arduino	39
2.5.5 Seleção de Requisitos	40
2.5.6 Comparação	41
<b>3 DESENVOLVIMENTO</b>	<b>44</b>
3.1 Proposta da arquitetura	44
3.2 Familiarização com o Arduino	45
3.3 Acendimento de lâmpada	45
3.3.1 Sensor de movimento	46

3.3.2 Módulo RFID	46
3.4 Principais usuários	46
3.5 Versão final do protótipo	46
3.5.1 Desenvolvimento físico	47
3.5.2 Desenvolvimento da aplicação web	49
3.5.3 Banco de Dados	52
3.5.4 Programação Arduino	54
<b>4 VALIDAÇÃO</b>	<b>56</b>
<b>5 RESULTADOS</b>	<b>58</b>
<b>6 TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>60</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Este capítulo está dividido em cinco seções: contextualização, objetivos, justificativa, materiais e métodos e, por fim, cronograma.

## 1.1 Contextualização

O conceito de automação foi inicialmente utilizado na indústria, contudo pode ser aplicado também ao ambiente residencial para facilitar a execução de tarefas como o controle de lâmpadas, ventiladores, aparelhos de ar-condicionado e outros eletrônicos (FERREIRA, 2010).

A automação residencial deve ser simples, com o propósito de facilitar as atividades executadas. Os eletrônicos automatizados precisam ser controlados com pouco esforço, de modo que um toque em um dispositivo móvel ou um clique de um *mouse* de computador possa exercer um comando sobre os mesmos (ROSA et al, 2013).

Com a automação residencial pode-se diminuir os esforços empreendidos para controlar um eletrônico, pois ela pode auxiliar a realização de tarefas, como controlar lâmpadas, do cotidiano de pessoas, inclusive aquelas com limitações físicas.

De acordo com o IBGE (2000), 14,5% da população brasileira possui algum tipo de deficiência. Desse total de pessoas com deficiência, 4,1% delas possuem deficiência física, enquanto 22,9% apresentam algum tipo de deficiência motora. Visto que no Brasil existe uma grande quantidade de pessoas com limitações físicas, a aplicação da automação residencial pode ajudar a melhorar a qualidade de vida dessas pessoas.

Este trabalho consiste em propor um protótipo de automação residencial para apoiar pessoas que possuem alguma limitação física a controlarem lâmpadas por meio de um dispositivo móvel, como um *tablet*, e com um baixo custo. O protótipo foi construído utilizando uma placa de prototipação chamada *Arduino*.

De acordo com o *website* oficial *Arduino* (2017), “O *Arduino* é uma plataforma de prototipagem eletrônica *open-source* que se baseia em *hardware* e *software* flexíveis e fáceis de usar”. O *Arduino* permite que se acople sensores e módulos para expandir suas funcionalidades

de forma rápida e flexível. Para conectar o *Arduino* a um dispositivo móvel por meio da Internet foi utilizado um módulo *ethernet*, assim, os comandos emitidos por um usuário chegam ao *Arduino*, são interpretados e executados.

O protótipo proposto tem o objetivo de apoiar os usuários a realizar o controle de lâmpadas. Visto que uma pessoa portadora de necessidades físicas possa ter dificuldades para se levantar, acender ou apagar uma lâmpada, essas ações foram automatizadas por um comando disparado a partir de um dispositivo móvel. Pretende-se com isso evitar que um usuário necessite se locomover até o local onde se encontra o interruptor para poder realizar a ação desejada, pois a automação garantirá maior independência e autonomia na execução das tarefas que serão automatizadas (GUEDES et al., 2012).

A área de automação residencial com baixo custo para melhorar a vida de pessoas portadoras de limitações físicas pode ser promissora, contudo pouco se encontra na literatura trabalhos científicos com o foco mencionado, ficando clara a necessidade de se realizar pesquisas com esse objetivo (FERREIRA, 2010).

## **1.2 Objetivos**

Os objetivos do presente trabalho estão divididos em duas subseções: objetivo geral e objetivos específicos. A subseção seguinte, objetivo geral, tem o papel de explicar qual é o resultado que o projeto deve apresentar. A subseção de objetivos específicos apresenta vários pequenos objetivos que deverão ser cumpridos para que possa atingir o objetivo geral proposto.

### **1.2.1 Objetivo geral**

Este trabalho possui como objetivo geral a proposta de um protótipo baseado em *Arduino* para realizar a automação de lâmpadas em um ambiente residencial, com o intuito de facilitar a experiência de pessoas com limitações físicas no controle de lâmpadas, controle este que é empreendido por meio de comandos enviados pela Internet utilizando um dispositivo móvel, como aparelhos celulares e *tablets*.

### 1.2.2 Objetivos específicos

As atividades necessárias para se cumprir o objetivo geral são:

1. Determinar uma técnica para ligar componentes residenciais, como lâmpadas e tomadas, no *Arduino*.

- Verificar e testar componentes;
- Verificar como acender e apagar lâmpadas conectadas à rede elétrica (110/220 *volts*);
- Verificar quais componentes são necessários para realizar o controle das lâmpadas.

2. Configurar o *Arduino* para executar comandos vindos da Internet.

- Estabelecer conexão com o *Arduino* na Internet;
- Receber comandos pela Internet;
- Interpretar comandos recebidos pela Internet;
- Executar os comandos no *Arduino*.

3. Criar a arquitetura

- Pesquisar e analisar modelos de arquitetura;
- Elencar os componentes para serem apresentados na arquitetura;
- Desenvolver um modelo de arquitetura.

4. Desenvolver o protótipo de automação utilizando *Arduino*.

- Utilizar duas placas *Arduino* para montar dois protótipos;
- Configurar sensores;
- Codificar as regras.

5. Verificar a aplicabilidade da ferramenta;

- Realizar testes funcionais.

Na seção seguinte será apresentada a justificativa abordada para a realização deste trabalho.

### 1.3 Justificativa

A placa de prototipação *Arduino* propõe baixo custo e flexibilidade para se construir um protótipo de automação, o que dispensa a necessidade de utilizar recursos com uma tecnologia altamente avançada e com o preço elevado (BARAKA, 2013).

Já os serviços web permitem expandir a forma de comunicação com o *Arduino*, de maneira que comandos sejam enviados por um dispositivo móvel e interpretados pelo *Arduino* para executar alguma ação desejada (LEE et al, 2014). Essa forma de comunicação permite que ações sejam executadas sem que seja necessário estar próximo ao *Arduino*, o que pode tornar as pessoas mais autônomas.

As pessoas que possuem limitações físicas podem depender de outros indivíduos para realizar alguma tarefa ou precisam despende um grande esforço para realizá-la. A execução das tarefas sem necessitar da ajuda de outra pessoa e sem exigir um grande esforço garante a elas maior autonomia e independência.

A automação residencial possui o intuito de auxiliar ou automatizar por completo a realização de tarefas com o objetivo de poupar tempo e esforço de maneira eficiente e conveniente (ACCARDI E DODONOV, 2012). Algumas tarefas simples, como acender uma lâmpada, podem ser árduas para pessoas que possuem limitações físicas. Com base nessa necessidade, o presente trabalho propõe um protótipo de automação residencial com baixo custo que possui o papel de facilitar a execução de tarefas envolvendo lâmpadas de um cômodo de uma residência. O protótipo deve ser preferencialmente utilizado por pessoas que possuam dificuldades para controlar lâmpadas através de interruptores convencionais.

Visando toda essa tecnologia disponível a um baixo custo, a ideia da automação residencial se torna acessível a mais grupos sociais e permite que pessoas adquiram mais conforto e executem ações sem o auxílio de outra pessoa. Essa autonomia propõe a melhoria na qualidade de vida dos usuários, sobretudo de pessoas que possuem limitações físicas (NICHELE, 2010).

A seção seguinte discute sobre os materiais e métodos deste trabalho.

## 1.4 Materiais e métodos

Este trabalho consiste em uma pesquisa experimental que aborda a concepção e funcionamento de um protótipo baseado em *Arduino* que automatiza interações com duas lâmpadas. Segundo Gil (2002, v. 5, p. 47) “a pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto”.

O protótipo desenvolvido interpreta e executa comandos originados de um dispositivo móvel, que primeiramente envia o comando para um servidor *web*. Com o comando persistido em um banco de dados e disponível no servidor *web*, o protótipo tem a capacidade de lê-lo e interpretá-lo, e então executar a ação desejada.

A interface de interação com o usuário foi projetada levando em conta a necessidade de simplicidade e facilidade, para exigir o menor esforço possível.

Para realizar os testes de funcionamento do protótipo pretende-se testar o sistema com dispositivos de diversos tamanhos, executar comandos em distâncias diferentes, executar todos os *status* possíveis das lâmpadas (ligadas/desligadas) e utilizar vozes diferentes para emitir comandos.

Os materiais físicos utilizados para a concepção deste trabalho foram:

- (a) **Arduino Uno**: fazer requisições a um servidor informando o *status* das lâmpadas e interpretando o retorno dessas requisições para controlar lâmpadas por;
- (b) **Ethernet Shield**: permitir que o *Arduino* se conecte a uma rede por meio de cabos de rede, fazendo com que ele possa se comunicar com o servidor *web*;
- (c) **Módulo Relé**: capacidade de conectar e controlar a energia de dispositivos que utilizam a rede elétrica de uma residência;
- (d) **Roteador/modem**: permitir que o *Arduino* se conecte efetivamente à Internet;
- (e) **Cabos**: cabo de rede para conectar o *Ethernet Shield* ao roteador e o roteador ao modem, *jumpers* para conectar o módulo relé ao *Arduino*, cabo USB para enviar a programação e prover energia ao *Arduino*;

- (f) **Lâmpadas:** dispositivos domésticos controlados;
- (g) **Computadores:** desenvolver a programação e configuração de servidores, acessar o sistema *web*; e
- (h) **Dispositivos móveis:** acessar o sistema *web*.

Já os materiais utilizados para o desenvolvimento lógico foram:

- (a) **Servidor Linux - Ubuntu:** sistema operacional utilizado para hospedar a aplicação *web*;
- (b) **Servidor Apache:** lidar com requisições HTTPS para a aplicação PHP;
- (c) **PHP:** linguagem de programação utilizada para desenvolver o *back-end* do sistema *web*;
- (d) **MySQL:** banco de dados para armazenar os comandos e os *status* das lâmpadas;
- (e) **HTML:** linguagem de marcação utilizada para disponibilizar elementos na interface gráfica;
- (f) **CSS:** estilizar a apresentação dos elementos na interface gráfica;
- (g) **JavaScript:** manipular elementos HTML e fazer requisições assíncronas para o próprio servidor para poder atualizar a página dinamicamente sem que necessite recarregá-la;
- (h) **IDE Arduino:** ambiente de desenvolvimento próprio para *Arduino*; e
- (i) **C:** linguagem de programação para realizar a programação do *Arduino*.

Algumas atividades foram elencadas para a realização do trabalho, que serão descritas abaixo.

- (a) **Levantamento bibliográfico:** realizar uma pesquisa em bases de dados nacionais e internacionais, com o intuito de elencar bibliografias sobre trabalhos que utilizam a placa *Arduino* para automatizar tarefas.

- (b) **Fichamento de textos:** fazer o fichamento dos textos selecionados durante o levantamento bibliográfico e classificá-los por afinidade com o objetivo proposto neste trabalho.
- (c) **Criar a arquitetura:** fazer o levantamento de modelos de arquiteturas para sistemas de automação residencial, elencar os componentes que estarão presentes na arquitetura e projetar a comunicação entre os componentes com base na arquitetura escolhida.
- (d) **Entender como ligar componentes residenciais, como lâmpadas e tomadas, no *Arduino*:** verificar e testar componentes e sensores; entender como controlar lâmpadas que funcionam em 110 ou 220 volts; pesquisar quais componentes serão necessários para controlar as lâmpadas.
- (e) **Definir quais componentes residenciais serão automatizados pela ferramenta:** verificar os eletrônicos que possam ter uma interação com os sensores de modo a beneficiar o usuário; analisar a compatibilidade e a capacidade de integração e controle dos eletrônicos definidos; definir os eletrônicos.
- (f) **Desenvolver o protótipo de automação usando *Arduino*:** utilizar duas placas *Arduino* para montar dois protótipos; codificar as regras.
- (g) **Teste e validação:** realizar testes funcionais utilizando diferentes dispositivos, vozes e distâncias, além de testar as possíveis combinações de comandos.
- (h) **Redação do trabalho:** redigir o trabalho baseado na pesquisa e nos dados colhidos.
- (i) **Redação de um artigo científico:** redação de um artigo baseado neste projeto para ser submetido em um evento da área de automação.
- (j) **Revisão / redação final / entrega:** revisar o trabalho inteiro para ajustar eventuais desordens.

A próxima seção apresenta a estrutura de capítulos do presente trabalho.

## **1.5 Estrutura do trabalho**

Este trabalho está dividido em capítulos e estruturado da seguinte forma: Capítulo 1 (este capítulo, Introdução), Capítulo 2 (Fundamentação Teórica), Capítulo 3 (Desenvolvimento), Capítulo 4 (Validação), Capítulo 5 (Resultados) e Capítulo 6 (Trabalhos Futuros).

A fundamentação teórica deste trabalho será apresentada no capítulo a seguir.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica do presente trabalho é apresentada neste capítulo, o qual está dividido em seções que abordarão os assuntos relacionados ao protótipo proposto, como *Arduino*, automação residencial, pessoas com dificuldade de locomoção, dispositivos móveis e, por fim, trabalhos correlatos.

A próxima seção discorre sobre a plataforma *Arduino*.

### 2.1 *Arduino*

A placa *Arduino* foi desenvolvida no ano de 2005 na Itália. Os pesquisadores envolvidos no projeto da criação da placa tinham a intenção de tornar fácil e econômica a prototipação de dispositivos inteligentes que tenham a capacidade de interagir com o ambiente. O objetivo principal era criar um produto que fosse fácil de programar, funcional e de baixo custo. A placa utiliza o conceito *open-source*, o que significa que os usuários têm a permissão de melhorar e modificar o *Arduino* da maneira que julgarem mais conveniente (GOMES et al, 2015).

De acordo com o *website* oficial do *Arduino*, disponível em <https://arduino.cc> (ARDUINO, 2017), existem diversos tipos de placas *Arduino*. Entre elas pode-se citar uma das mais populares: *Arduino Uno*. No *website* oficial do *Arduino* existem 20 tipos placas disponíveis. Todas as placas têm a capacidade de serem conectadas a um computador e programadas via IDE (*Integrated Development Environment*) utilizando a linguagem de programação C/C++.

O *Arduino* é uma plataforma de fácil aprendizado para os iniciantes nessa tecnologia e flexível para os usuários avançados, é executável em vários sistemas operacionais como Mac, Windows, e Linux (ARDUINO, 2017). Os professores e estudantes utilizam as placas para construir protótipos de baixo custo, provar leis de química e física ou para a aprendizagem de programação, automação e robótica.

Existem inúmeros tipos de projetos feitos utilizando a placa de *Arduino*, como:

- Sistema de notificação de nível da água;
- Detector de entrega de correios;

- Automação da operação das cortinas;
- Fechadura da porta controlada por Android.

A plataforma *Arduino* possui como vantagem a possibilidade de realizar sua programação utilizando uma IDE disponibilizada pelo fabricante feita em Java e com diversas bibliotecas prontas para o uso. A placa possui *hardware* e *software* integrados, tornando possível compilar e carregar programas para a placa de uma maneira simples através de um cabo USB (TOLENTINO et al, 2013).

Segundo Silva et al (2014), pode-se adicionar vários tipos de sensores e componentes nas placas *Arduino* para que se possa expandir as funcionalidades do *Arduino*, tais como:

- Sensor de movimento;
- Lâmpada;
- Módulo RFID;
- Módulo *Relé*;
- *Ethernet Shield*;

Na próxima seção será discutido a versão do *Arduino Uno*.

### **2.1.1 *Arduino Uno***

Segundo a página oficial, acessada em <https://arduino.cc>, Arduino (2017), a placa *Arduino Uno*, vista na Figura 1, possui basicamente 28 pinos de conexão, um microcontrolador Atmega328, uma entrada USB, botão *reset* e entrada para fonte de 9V. Do total de 28 pinos, 14 pinos são digitais, que trabalham com entrada e saída binárias, 6 pinos são analógicos, que funcionam com um intervalo de valores de entrada e saída, e o restante são pinos conectores de alimentação.

Para Tooley (2007),

Um microcontrolador é um computador de um único chip projetado especificamente para as aplicações de controle, em vez de aplicações gerais. Eles são usados muitas vezes para satisfazer um determinado requisito de controle, tal como controlar o comando de um motor. Os

microcontroladores de um único chip, por outro lado, costumam executar várias funções diferentes e podem controlar diversos processos ao mesmo tempo.

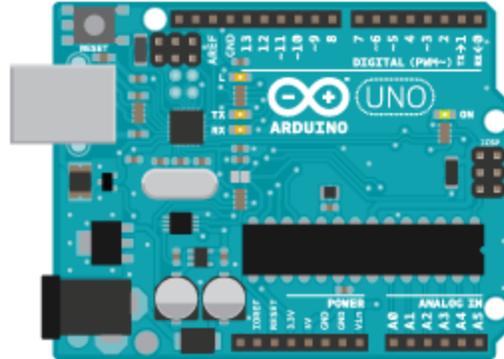


Figura 1. *Arduino Uno*. Fonte: ARDUINO, 2017.

O microcontrolador do *Arduino Uno* apresenta compatibilidade com quase todos os *shields* fabricados para o *Arduino Mega* e ele pode suportar projetos que utilizam, no máximo, a quantidade total de pinos.

Frizzarin (2016) diz que os principais componentes do *Arduino Uno* são os seguintes:

- Microcontrolador Atmel® Atmega 328P.
- *Clock* de 16 MHz.
- Conector para alimentação em corrente contínua de 6V até 20V (recomendado de 7V a 12V).
- Regulador de voltagem.
- Conector USB com um conversor USB-Serial integrado.
- Botão de *Reset*.

Alguns componentes externos que podem ser utilizados com a plataforma *Arduino* serão apresentados na próxima seção.

### 2.1.2 Componentes externos

As funcionalidades do *Arduino* podem ser expandidas com a utilização de componentes externos, como *shields* e módulos, que são placas que podem ser facilmente conectados ao *Arduino*. Esses componentes são placas que apresentam baixo custo e devem ser fáceis de se utilizar (ARDUINO, 2017). Os *shields* possuem na face superior entradas similares às entradas do *Arduino*, permitindo que outros componentes possam ser conectados. Abaixo serão explanados alguns dos componentes existentes compatíveis com *Arduino*.

O *Ethernet Shield* permite fazer a conexão de uma placa *Arduino* com a Internet. Para controlar as funcionalidades deste *shield* é preciso utilizar as funções da biblioteca *Ethernet*. Ele comporta até quatro conexões de soquete simultâneas (ARDUINO, 2017). Alguns pré-requisitos são necessários para trabalhar com este *shield*:

- Placa *Arduino*;
- Tensão de 5V;
- Controlador Ethernet;
- Velocidade de conexão 10/100 MB;
- Conexão com *Arduino* na porta serial;

O modelo *Ethernet Shield* R3 (Figura 2) possui algumas particularidades. Para executar a conexão com a rede é preciso utilizar um cabo RJ45, não tendo suporte para conexões sem fio. Este *Ethernet Shield* possui uma entrada para cartão de memória integrado, que necessita da biblioteca SD para ser utilizado. A interação do *Arduino* com o cartão de memória acontece por meio da comunicação serial, que se concentra nos pinos digitais 10 a 13 no *Arduino* Uno (ARDUINO, 2017). O *Ethernet Shield* R3 possui um conjunto de LEDs informativos:

- PWR – indica a alimentação da placa e do shield;
- LINK – informa a presença de um link de rede e pisca durante a transmissão ou recebimento de dados;
- FULLD – informa que a conexão de rede é full duplex

- 100M – indica a presença de uma conexão de rede de 100 Mb/s;
- RX – pisca quando dados são recebidos
- TX – pisca quando dados são enviados
- COOL – pisca quando ocorrem colisões de rede.

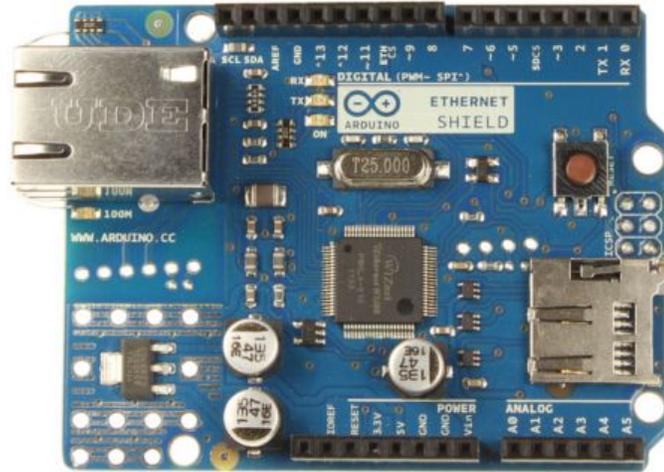


Figura 2. *Ethernet Shield R3*. Fonte: ARDUINO, 2017.

Outro componente utilizado na automação é o módulo *Relé*. Este módulo é empregado quando existe a necessidade de que o *Arduino* se conecte com equipamentos da rede elétrica, como lâmpadas, ventiladores, TV, entre outros (COSTA et al, 2013). Um exemplo de módulo relé é apresentado na Figura 3.

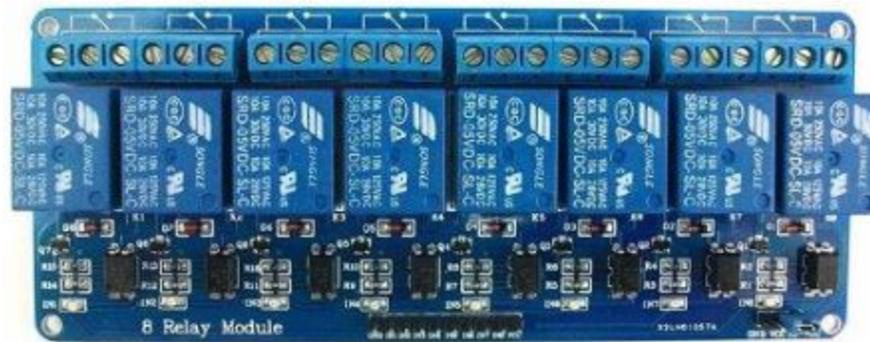


Figura 3. Módulo relé. Fonte: ARDUINO, 2017.

O *Arduino* também possui módulos RFID compatíveis com sua estrutura, Figura 4. Para Oliveira et al(2014),

A Identificação por Radiofrequência (RFID – Radio Frequency Identification) é baseada na utilização de ondas eletromagnéticas como meio para comunicar os dados sobre algum elemento (produtos, caixas, pessoas, etc) promovendo, dessa forma, a visibilidade, monitoramento e rastreabilidade de tal.

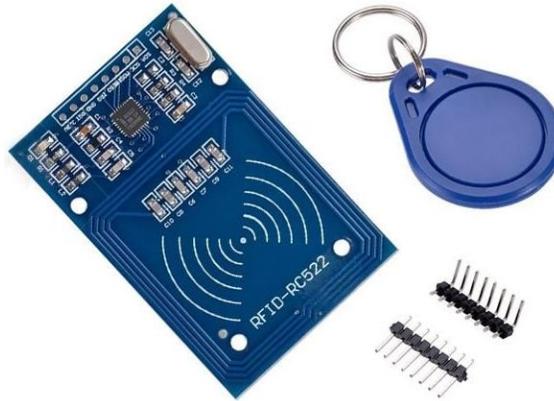


Figura 4. Módulo RFID. Fonte: ARDUINO, 2017.

Este tipo de módulo possui dois elementos básicos: o leitor, responsável por decodificar a radiofrequência, e as etiquetas, responsáveis por emitirem sinais de radiofrequência. O leitor consegue identificar uma etiqueta de acordo com a aproximação de ambos. A decodificação é repassada para a placa *Arduino*, que poderá realizar alguma ação baseada na etiqueta que foi aproximada ao leitor (OLIVEIRA, 2014).



Figura 5. Sensor de presença. Fonte: ARDUINO, 2017.

Existem sensores de presença capazes de identificar movimento através da luz infravermelha. Esse tipo de sensor tem a capacidade de identificar a irradiação da luz infravermelha, Figura 5. De acordo com a variação dessa luz capturada, o sensor transmite ao *Arduino* a informação de que existe movimento no local.

A seção abaixo apresenta o ambiente de desenvolvimento fornecido pelo fabricante da placa *Arduino*.

### 2.1.3 Ambiente de desenvolvimento *Arduino*

O fabricante das placas de prototipação *Arduino* disponibiliza um ambiente de desenvolvimento próprio multiplataforma, Figura 6, desenvolvido com a linguagem de programação Java. Por meio deste ambiente é possível escrever os códigos e enviá-los à placa por um cabo USB (conectado tanto na placa, como no computador). A linguagem C++ é utilizada para realizar o desenvolvimento.

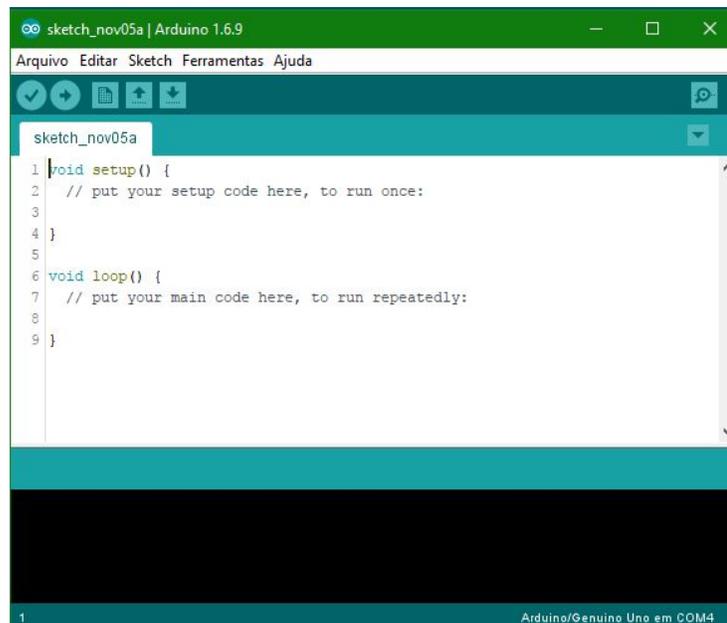


Figura 6. Ambiente de desenvolvimento *Arduino*. Fonte: do autor.

Na próxima seção será abordado o tema de automação residencial.

## 2.2 Automação Residencial

A automação, que inicialmente se constituiu no ambiente industrial, está sendo inserida no contexto residencial, visando facilitar a execução de tarefas e melhorar a experiência dos habitantes do local (FERREIRA, 2010). Ela pode ser definida como uma reunião de atividades concedidas por sistemas integrados que possuem a finalidade de sanar necessidades básicas dos moradores das residências: gerenciamento de energia, comunicações, conforto, segurança, etc (BRANDÃO, 2008).

Para Bolzani (2004),

“A automação residencial pode ser definida como um conjunto de tecnologias que ajudam na gestão e execução de tarefas domésticas cotidianas. A sua utilização tem por objetivo proporcionar um maior nível de conforto, comodidade e segurança além de um menor e mais racional consumo de energia”.

A automação residencial é um produto ou serviço que enriquece a casa para ação, comunicação ou qualquer outro evento gerado sem o envolvimento direto do proprietário (RILEY, 2012). O conceito de automação envolve sistemas desenvolvidos para automatizar atividades que são repetitivas. O sistema tem como objetivo executar suas funcionalidades pré-programadas, com pouca ou nenhuma interação com o proprietário.

Para Teza (2002) a automação é aplicação de instrumentos automáticos, eletrônicos e inteligentes com o intuito de automatizar processos, tais como: industriais, comerciais, prediais ou residenciais.

Segundo De Moraes Pereira (2017), a automação pode ser dividida em três etapas:

1. Identificar em qual estado está o ambiente que será automatizado;
2. Estipular o que é o problema e como ele será resolvido, levando em conta os objetivos definidos;
3. Executar ações que alterem o estado do ambiente.

De acordo com Picchiali e Farias (2013), a automação residencial teve sua grande contribuição no ano de 1908, quando foi inventada a máquina elétrica de lavar roupas. Por um longo tempo a automação é um conjunto de tecnologias acessíveis para a parte da população mais rica que possam comprar os sistemas caros, projetados sob medida, enquanto os outros montam seu próprios sistemas utilizando os componentes comprados durante um período de tempo.

Os sistemas de automação residencial apareceram após a automação industrial e comercial. Por motivos econômicos e de produção, os produtores se voltaram a segmento que lhe retornava com maior rapidez os seus investimentos. No Brasil, na década de 70, os primeiros sistemas automatizados de controle foram introduzidos pela indústria (TEZA, 2002).

Segundo Ferreira (2010), William Penn Powers, no ano de 1887, com a idéia de criar um dispositivo para o controle de temperatura do ambiente controlando o fornecimento da energia, mudou a visão das futuras evoluções na área de automatização residencial. Dessa forma, cinquenta anos mais tarde foi fabricado o primeiro dispositivo para controlar diversos edifícios, chamado *System 320*. Da ideia do Jim Sutherland surgiu o primeiro dispositivo da automação residencial, que em suas funções tinha o controle de temperatura de quartos, gerenciamento da lista de compras, controle de ciclo de energia e tempo, entre outras.

A automação residencial pode ser utilizada em diversos campos, como sugere Teza (2002, grifo nosso):

**Segurança:** Alarmes, Monitoramento, Circuito fechado de TV, Reconhecimento facial, Alarmes de vazamento de incêndio, *check-up* humano remoto, Controle de acesso.

**Entretenimento:** Áudio e Vídeo distribuídos, *Home Theater*, TV por assinatura e Internet.

**Controle e Iluminação:** Acendimento automático de luzes e Economia de Energia.

**Home Office:** Telefonia e Redes Domésticas.

**Controle de temperatura do ambiente:** Ar Condicionado e Aquecedores.

**Elerodomésticos inteligentes:** Forno, Geladeira, Máquina de lavar, etc.

**Serviços inteligentes:** Portas, Cortinas e Persianas Automáticas, Centrais de Vácuo, Reconhecimento de voz, Reuso de água, Aspiração de pó central, etc.

**Infraestrutura:** Cabeamento Dedicado, Cabeamento Estruturado, Painéis, Quadros de Distribuição.

**Controladores e centrais de automação:** *Hardware* e *Software* de controle de integração.

**Funcionalidades auxiliares:** Energia Solar, Estações Climáticas, Irrigação de Jardins e Hortas.

Alguns exemplos nos quais a automação pode ser aplicada em uma residência são apresentados na Figura 7.

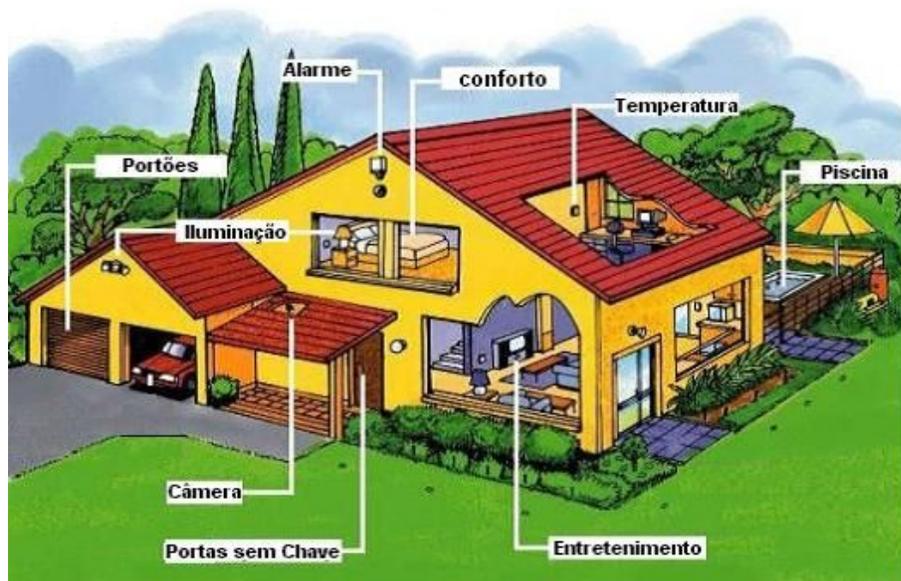


Figura 7. Possibilidades da automação residencial. Fonte: MARQUES, 2012.

Os sistemas de automação apresentam algumas classificações. Essas classificações são discutidas na seção a seguir.

### **2.2.1 Classificação da automação residencial**

Teza (2002) classifica os sistemas de automação residencial em três níveis de interação e define que a complexidade desses sistemas está vinculada ao nível de automação e ao grau de interação entre o usuário e o sistema. As classificações são:

- **Sistemas autônomos:** são vários subsistemas que automatizam um ambiente, mas não são interdependentes. Cada um desses subsistemas podem ser desabilitados sem que haja interferência no funcionamento dos outros. É indicado para ambientes pequenos.
- **Integração de sistemas:** nesta classificação existem diversos subsistemas automatizadores e, ao contrário dos sistemas autônomos, todos eles são integrados a um controlador.
- **Residência inteligente:** o sistema já não faz mais o papel simples de controlador remoto, mas sim de gerenciador. Existe uma comunicação bidirecional entre o controlador e os subsistemas e a todo tempo acontece a realimentação com o estado de cada subsistema.

A próxima seção discorre sobre pessoas com dificuldade de locomoção.

## **2.3 Pessoas com dificuldade de locomoção**

O Brasil possui leis federais que descrevem e apoiam as pessoas com dificuldade de locomoção. Segundo Brasil (2000),

Pessoa com deficiência: aquela que tem impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, o qual, em interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas.

Ainda de acordo com Brasil (2000),

Pessoa com mobilidade reduzida: aquela que tenha, por qualquer motivo, dificuldade de movimentação, permanente ou temporária, gerando redução

efetiva da mobilidade, da flexibilidade, da coordenação motora ou da percepção, incluindo idoso, gestante, lactante, pessoa com criança de colo e obeso.

Para Duarte e Cohen (2004), a consideração de Pessoa com Dificuldade de Locomoção (PDLs) é dada por aquelas pessoas “[...] que se locomovem em cadeira de rodas ou com o auxílio de muletas, pessoas com deficiência temporária ou permanente, pessoas idosas, mulheres grávidas, pessoas obesas, pessoas de baixa estatura, entre outras.” O deslocamento para uma PDL, devido à sua dificuldade, necessita mais esforço, mais espaço e mais tempo para execução de certas ações ou movimentos em relação a pessoas sem dificuldade de locomoção.

O assunto de dispositivos móveis é discutido na seção abaixo.

## **2.4 Dispositivos móveis**

Para Figueiredo e Nakamura (2003), um dispositivo com o fim de computação móvel deve apresentar a habilidade de processar, enviar e receber dados pela rede e não ser difícil de ser transportado pelo usuário. Desse modo, os dispositivos móveis possuem tamanho reduzido e não há a necessidade conectá-los à rede de dados por meio de cabos nem à fonte de energia elétrica para que ele possa operar corretamente. Os aparelhos móveis possuem como principais características:

- Tamanho reduzido para facilitar a manipulação e transporte;
- Bateria própria para garantir a mobilidade;
- Acesso a rede sem fio, também para garantir a mobilidade.

O principal objetivo dos aparelhos celulares, quando surgiram, era realizar conversas por voz. Todavia, como o desenvolvimento tecnológico e a evolução da telefonia celular (Tabela 1), os aparelhos ganharam mais poder de processamento e comunicação utilizando a integração das redes, tanto de dados quanto de celular. Geralmente os celulares são compostos por uma tela, que podem variar o tamanho para cada modelo de aparelho, e teclado numérico convencional (FIGUEIREDO E NAKAMURA, 2003).

Geração	1G	2G	2,XG	3G	4G
Características	Transmissão de Dados Analógica; Taxas de 9600 bps.	Transmissão digital de dados; Taxas de 9600 bps a 14400 bps; Surgimento de aplicações WAP.	Disponibilização de aplicações pré-3G.	Evolução CDMA e GSM; Taxas de até 2 Mbps; Surgimento de aplicações multimídia.	Elevação das taxas de transmissão de dados;- Tecnologias e aplicações ainda em discussão.

Tabela 1. Gerações da telefonia celular. Adaptado de: FIGUEIREDO E NAKAMURA, 2003.

A próxima seção discute e compara trabalhos correlatos a este.

## 2.5 Trabalhos correlatos

Esta seção apresenta e discute quatro trabalhos que apresentam correlação com o trabalho proposto no presente projeto. Ao final é realizada uma comparação sobre os assuntos abordados em cada trabalho.

### 2.5.1 Trabalho 1: Uma ideia educacional utilizando um protótipo de automação residencial/predial baseado em *Arduino*

Araújo et al (2012) propuseram o desenvolvimento de um protótipo de automação residencial utilizando a plataforma de prototipação *Arduino* com a intenção de aumentar o interesse dos alunos do curso de Engenharia de Controle e Automação. A construção do protótipo visa aproximar a teoria aprendida em sala de aula com a sua aplicação prática, por meio da automação residencial para demonstrar princípios físicos utilizando a plataforma *Arduino*, pois apresenta um baixo custo de aquisição. Além da plataforma *Arduino*, o autor do trabalho apresentado nesta subseção também utilizou sensores compatíveis com *Arduino* que capturam as

grandezas físicas e as transmitem para a placa. O protótipo proposto deve realizar as seguintes ações:

- Controlar variáveis de temperatura;
- Controlar variáveis de luminosidade;
- Apoiar o monitoramento de segurança patrimonial.

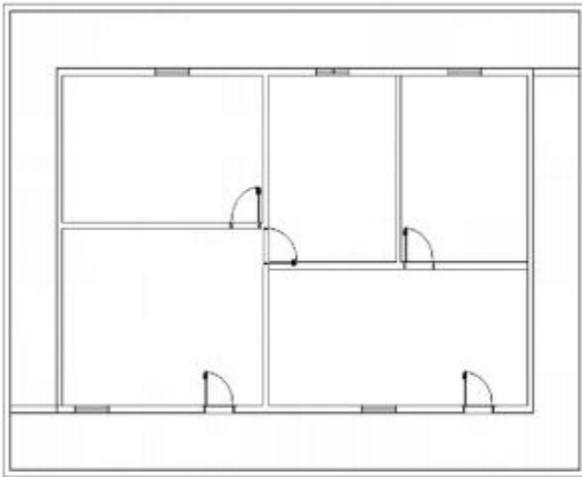


Figura 8. Planta e foto do protótipo para automação. Fonte: ARAÚJO et al, 2012, adaptado pelo autor.

O primeiro passo realizado para a concepção do protótipo foi o planejamento. O projeto conta com uma maquete feita em madeira que representa um edifício (Figura 8). Nela estão presentes os sensores e atuadores. Para implementação do protótipo foi utilizada a placa *Arduino Mega*, apresentado na Figura 9. Os sensores utilizados foram de temperatura, luminosidade e identificador de presença ou posição. Atuadores, *coolers* e LED's de alta luminosidade também fazem parte do projeto. A comunicação com o *Arduino* foi realizada através de transmissões tanto serial, como *bluetooth*. O resultado da motivação dos alunos não foi apresentado.

O protótipo apresentado pelo trabalho atingiu o objetivo educacional proposto, além do objetivo técnico. Também foi ressaltada a possibilidade da criação de protótipos com instrumentos de baixo custo.

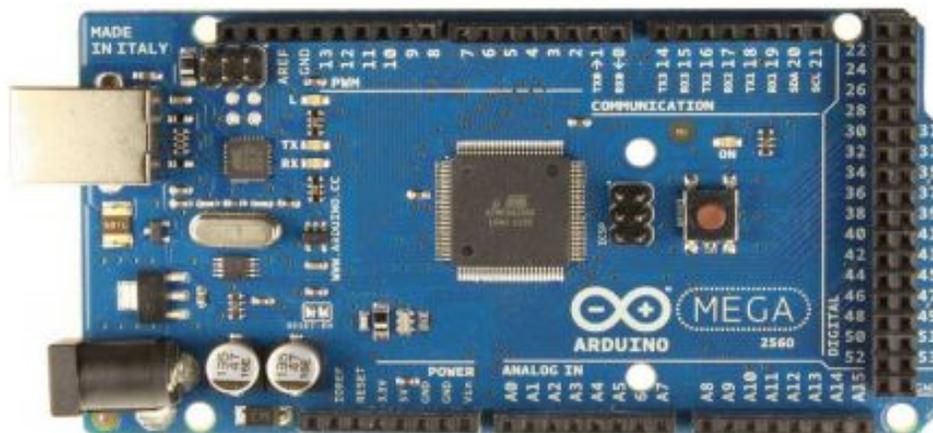


Figura 9. *Arduino Mega*. Fonte: ARDUINO, 2017.

## 2.5.2 Trabalho 2: Controle e supervisão residencial utilizando a plataforma *Arduino*

O trabalho proposto por Rosa et al. (2013) consiste em um sistema de automação residencial baseado na plataforma *Arduino* que realiza o controle de lâmpadas de uma casa. A ideia é utilizar um sistema *web* em um servidor da rede local, no qual os usuários possam se autenticar, para realizar a comunicação com o *Arduino*. Essa interação deve resultar no acendimento e verificação do estado (ligado/desligado) de lâmpadas. A proposta é aprimorar o controle dos dispositivos elétricos da residência, melhorar a qualidade de vida das pessoas e economizar energia elétrica, além de prezar pelo baixo custo. Os equipamentos de *hardware* utilizados para a concepção do trabalho, que podem ser visualizados na Figura 10, foram:

- Lâmpada fluorescente;
- Placa de prototipação *Arduino Uno*;
- *Hub wireless*;
- *Ethernet Shield*;
- *Notebook*; e
- Módulo Relé.

A interface do sistema proposto foi feita utilizando a linguagem de marcação HTML. A linguagem de programação escolhida pelo autor foi o PHP e os dados são armazenados e recuperados em um banco de dados MySQL. A interface dispõe de uma tela de autenticação de usuário e de outra tela com botões, cada um correspondente a uma lâmpada. Os botões executam ações sobre as lâmpadas e indicam o estado das mesmas com cores: vermelho quando a lâmpada está desligada e verde quando a lâmpada está ligada.

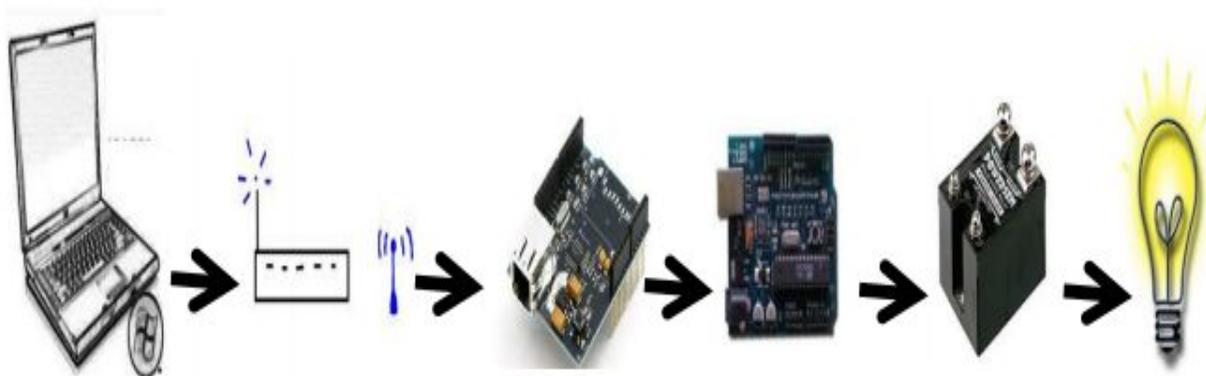


Figura 10 - Componentes para implementação do circuito de controle e supervisão. Fonte: ROSA et al., 2013.

A comunicação com a placa *Arduino* foi dada pela utilização de *sockets*, que estabelece uma relação bidirecional entre o sistema PHP e o *Ethernet Shield*, que é um módulo utilizado pelo *Arduino*. Dessa forma, o usuário envia comandos por cliques nos botões, que serão interpretados e executados pelo *Arduino*, que também envia informação ao servidor para que a interface possa ser atualizada com o estado das lâmpadas. O acendimento das lâmpadas foi feito com o módulo *Relé*, que recebe comandos do *Arduino*. A implementação física pode ser observada na Figura 11.

O objetivo proposto pelo autor foi alcançado satisfatoriamente. O *software* desenvolvido foi capaz de se comunicar com o *Arduino*, realizar o controle das lâmpadas e apresentar o estado em que elas estão. O projeto demonstrou a possibilidade de se fazer automação residencial utilizando sistemas *web* e *Arduino*.

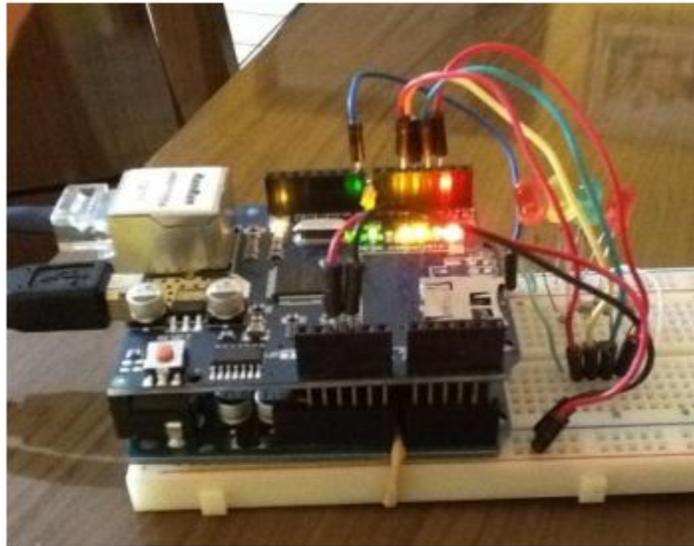


Figura 11. Sistema de controle. ROSA et al., 2013.

### **2.5.3 Trabalho 3: Automação e realidade aumentada para auxiliar pessoas com deficiência física**

Fernandes et al (2015) desenvolveram uma ferramenta de automação residencial para pessoas que possuem deficiência física. Essa ferramenta utiliza o conceito de realidade aumentada e tem como objetivo de apoiar os usuários a realizarem tarefas do cotidiano, como acender e apagar uma lâmpada. As ações são interpretadas por meio de movimentos realizados em um ambiente de realidade aumentada, para melhorar a interação do usuário com o sistema.

O trabalho foi realizado em fases:

- Concepção: documentação e requisitos;
- Elaboração: documentação técnica;
- Construção: prototipação do sistema de automação e desenvolvimento do sistema de realidade virtual aumentada;
- Integração: interface entre os sistemas;
- Testes: realização dos testes;

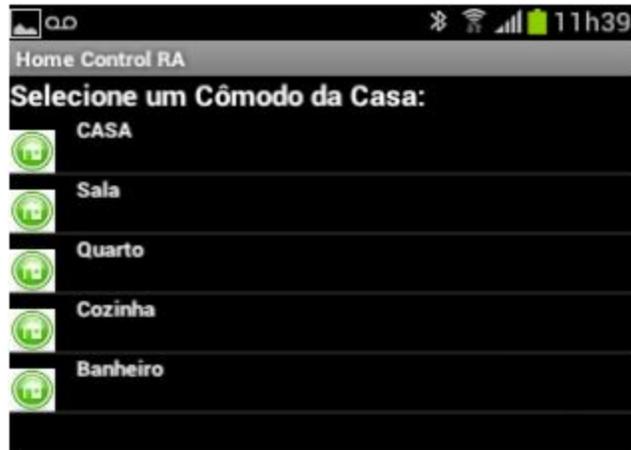


Figura 12 - Aplicativo *Android* do sistema de automação com realidade aumentada. Fonte: FERNANDES et al., 2015.

O protótipo de automação foi construído com a placa de prototipagem *Arduino*, que tem o papel de receber e executar comandos. O sistema de realidade virtual aumentada utilizou mais de uma tecnologia: Java, JavaScript, HTML. Para a modelagem gráfica foi utilizada a ferramenta Blender. Também foi implementado um aplicativo para o sistema operacional *Android* para a interação com o usuário, exibido na Figura 12. Um sistema de rastreamento de movimento identifica os movimentos realizados pela cabeça do usuário, sendo esses movimentos interpretados como comandos de ligar ou desligar algum aparelho. O estado dos aparelhos são exibidos através da realidade aumentada, como na Figura 13, o que permite que o usuário possa estar em um outro cômodo.



Figura 13 - Exibição de objetos com realidade aumentada. Fonte: FERNANDES et al, 2015.

O sistema proposto pelo trabalho se apresentou funcional. Foi possível verificar a possibilidade de se utilizar realidade virtual aumentada juntamente com automação residencial. O trabalho não apresentou testes com deficientes.

#### 2.5.4 Trabalho 4: Sistema de monitoramento residencial utilizando a plataforma *Arduino*

O trabalho realizado por Marchesan (2012) tem a proposta de implementar um sistema autônomo de gerenciamento de segurança residencial de baixo custo, além de demonstrar confiabilidade e eficiência. O sistema deve registrar e exibir para o usuário em uma página *web* as anomalias captadas pelos sensores. Para essa implementação foi utilizada uma placa de prototipação *Arduino* para fazer o monitoramento e controle de vários sensores de uma residência. O sistema pode ser acessado pela Internet, onde os usuários devem conseguir visualizar informações relacionadas ao sistema e customizar algumas configurações. A estrutura deste sistema pode ser observada na Figura 14.

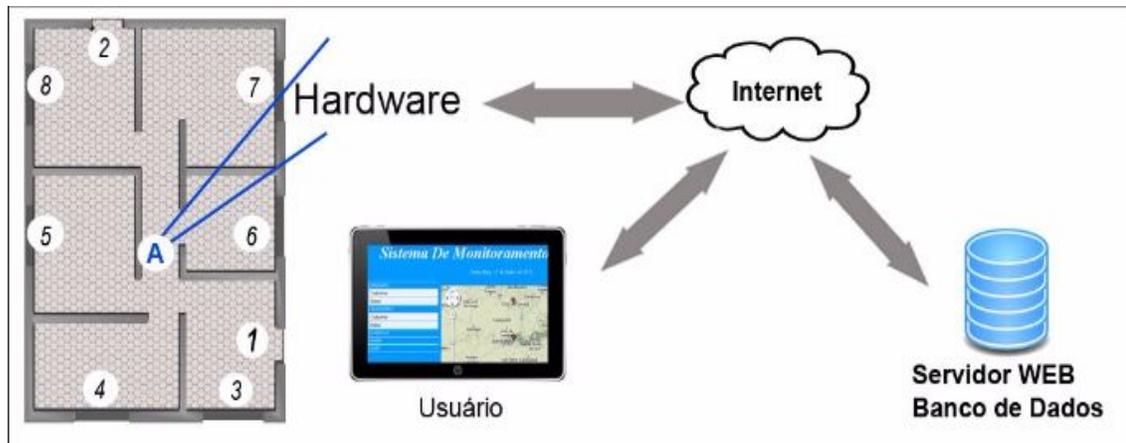


Figura 14. Estrutura do sistema de automação. Fonte: MARCHESAN, 2012.

O projeto utilizou as seguintes tecnologias: plataforma *Arduino*, sensores magnéticos, banco de dados MySQL, linguagem de programação PHP. Após a definição das tecnologias e aquisição do *hardware* necessário, o protótipo foi construído e programado. Então o sistema *web*

foi desenvolvido para realizar a comunicação com o protótipo em *Arduino*, com a intenção de capturar os eventos detectados pelo mesmo e interagir com o usuário. Quando o desenvolvimento findou, o sistema foi instalado em uma maquete para realizar testes. O *Ethernet Shield* utilizado pelo autor e a placa *Arduino Mega* não possuíam uma compatibilidade física, fazendo-se necessário a utilização de alguns cabos para sanar o problema.

<b>Dispositivo</b>	<b>Preço R\$</b>
<i>Arduino Mega</i> 1280	110,00
Ethershield ENC28J60	50,00
Sensores Magnéticos	5,00
Outros componentes(fios, estanho, resistores)	20,00
<b>Total</b>	<b>185,00</b>

Tabela 2: Custos do projeto do trabalho 4. Adaptado de: MARCHESAN, 2012.

O autor demonstrou que o sistema é funcional e apresentou a tabela de custos (Tabela 2) envolvidos para a aquisição do *hardware* para prototipar o controlador. O usuário consegue ver a situação da residência e é alertado a cada nova presença detectada. Um ponto negativo citado pelo autor é a ausência de câmeras neste sistema de segurança, porém essa ausência é justificada pelo custo de implementação das mesmas, que seria um investimento muito alto para o projeto em questão.

### 2.5.5 Seleção de Requisitos

De acordo com os objetivos apresentados anteriormente neste trabalho e com os trabalhos correlatos explanados, os requisitos básicos elencados para o desenvolvimento completo do protótipo são:

- Conectar com lâmpada(s): conectar lâmpadas ao *Arduino* com o objetivo de controlá-las, ligando ou desligando-as.

- Utilizar placa de rede: a utilização de uma placa de rede para o *Arduino*, como um *Ethernet Shield*, é necessária para que o *Arduino* possa se conectar a uma rede, com o objetivo de interagir com dispositivos da própria rede ou, caso esteja conectada à Internet, com servidores *web*.
- Utilizar protocolo HTTPS: o protocolo HTTPS foi utilizado para o *Arduino* fazer requisições a um servidor *web*.
- Receber e enviar comandos pela Internet: comandos são disparados por um usuário por meio de uma interface que esteja conectada à Internet, enquanto o *Arduino* precisa estar conectado à Internet para recebê-los.
- Desenvolver protótipo para pessoas com dificuldade de locomoção: desenvolvimento de um protótipo para que pessoas, inclusive com dificuldade de locomoção, possam utilizá-lo.

Com esses requisitos selecionados, será feita uma comparação entre os trabalhos correlatos e o presente trabalho, que abrange todos os requisitos citados acima.

### **2.5.6 Comparação**

É apresentada na Tabela 3 a comparação entre os requisitos selecionados para o protótipo proposto por este trabalho com os requisitos dos trabalhos correlatos para demonstrar as lacunas que serão preenchidas.

De acordo com a Tabela 3, nenhum dos trabalhos discutidos acima apresenta todas as características almeçadas pelo presente trabalho.

O Trabalho 1 (ARAÚJO et al, 2012) apresenta controle de lâmpadas, porém o meio de comunicação do usuário com a placa *Arduino* é principalmente via *bluetooth*, tornando a distância limitada para realizar os controles. O público-alvo do projeto foi os alunos do curso de Engenharia de Controle e Automação.

Requisitos	Trabalho 1	Trabalho 2	Trabalho 3	Trabalho 4
Conectar com lâmpada(s)	X	X	X	
Utilizar placa de rede		X		X
Utilizar protocolo HTTPS				
Receber e enviar comandos pela Internet				X
Desenvolver protótipo para pessoas com dificuldade de locomoção			X	

Tabela 3: Comparação. Fonte: do autor.

Rosa et al (2013) propôs em sua pesquisa, Trabalho 2, um sistema de automação residencial baseado em *Arduino* para controlar lâmpadas utilizando um sistema *web* com um servidor local. A comunicação do servidor com o *Arduino* foi feita por meio de *socket*. O objetivo deste sistema é de proporcionar economia, qualidade de vida e poupança de esforço. Com isso, existem limitações de distância e não é pressuposto que pessoas com dificuldade de locomoção também possam utilizar o sistema.

No Trabalho 3, de Fernandes et al (2015), fez um protótipo para deficientes físicos. O protótipo permite que os usuários controlem lâmpadas com o movimento da cabeça. Neste trabalho não foi utilizada nenhuma comunicação via Internet, tornando limitante a questão da distância para executar alguma ação.

Marchesan (2012) implementou um sistema de segurança baseado em *Arduino* que permite um usuário visualizar anomalias que acontecem em uma residência, captadas por um sensor. O autor utilizou um servidor *web* e disponibilizou um sistema *web*, porém, divergindo do

presente trabalho, não há um controle ativo do usuário e as pessoas com dificuldade de locomoção não foram consideradas em seu público-alvo.

O presente trabalho apresenta características em comum com os trabalhos correlatos, como relatado na Tabela 3, e preenche algumas lacunas que não realizadas nos trabalhos relatados, aglomerando todos os requisitos expostos na Tabela 3.

### 3 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo apresenta o desenvolvimento realizado para a concepção deste trabalho. É discutida na próxima seção a arquitetura do protótipo proposto neste trabalho.

#### 3.1 Proposta da arquitetura

É apresentada na Figura 15 a arquitetura para o protótipo proposto, que consiste no dispositivo móvel trocando informações com o servidor e o servidor trocando informações com o *Arduino*.

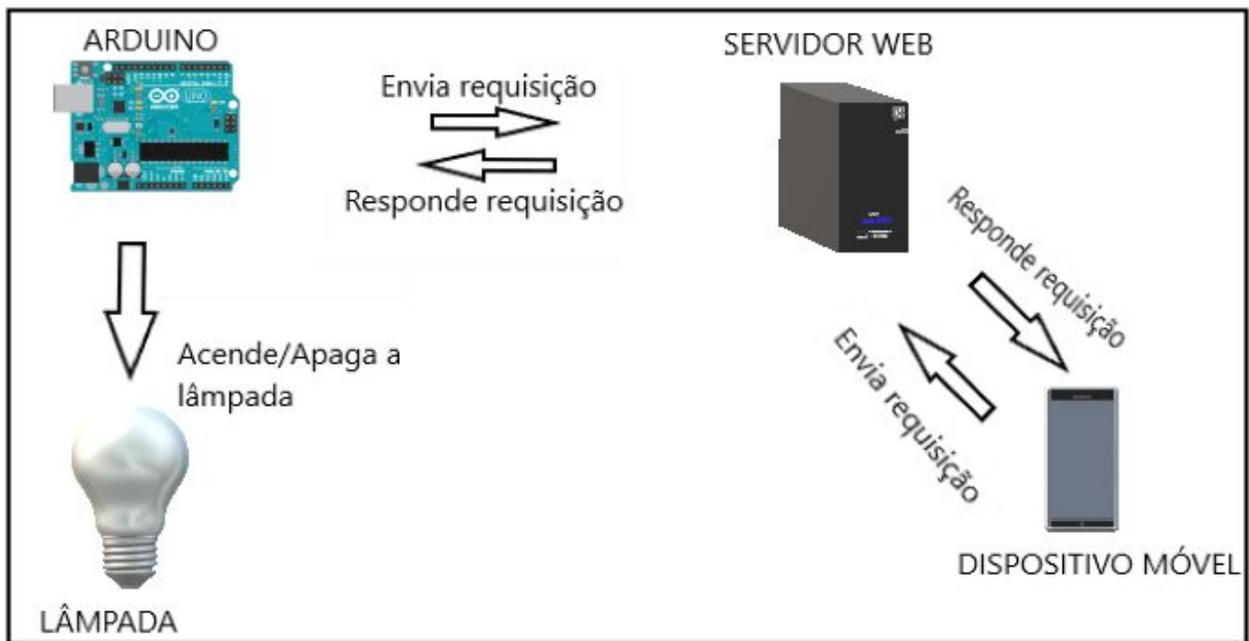


Figura 15. Arquitetura do sistema. Fonte: do autor.

Com base na arquitetura apresentada, o dispositivo móvel não realiza a comunicação direta com a placa *Arduino*, mas sim com um servidor *web*. A plataforma *Arduino* consulta os comandos emitidos pelo usuário por meio de requisições enviadas ao servidor.

Dessa forma, um usuário utilizando um dispositivo móvel realiza requisições para o servidor *web*. Essas requisições podem ser feitas para exibir uma página ou para disparar algum comando. O servidor *web* armazena em um banco de dados, que está no próprio servidor, os

comandos solicitados pelo usuário. O *Arduino* também faz requisições ao servidor, porém, nessas requisições, é enviado o *status* atual das lâmpadas e espera-se o retorno de um comando ou em branco. De acordo com o retorno da requisição feita para o servidor, o *Arduino* pode exercer o controle sob uma das lâmpadas.

A seção a seguir discute o primeiro passo de familiarização com o *Arduino*.

## **3.2 Familiarização com o Arduino**

Para começar o desenvolvimento do protótipo foi necessário realizar pesquisas sobre o funcionamento do *Arduino*. Foram realizados vários testes de acendimento de LEDs para a familiarização com o *Arduino* e com o ambiente de desenvolvimento.

A partir do teste citado acima, o próximo passo foi acender uma lâmpada conectada à rede elétrica da residência. Este passo é discutido na seção abaixo.

## **3.3 Acendimento de lâmpada**

Após a aquisição da familiaridade com a plataforma, foram realizadas pesquisas para entender o procedimento do controle de lâmpada pelo *Arduino*. Os módulos *Relé* conseguem realizar o intermédio entre ambos, pois o *Arduino* pode fornecer no máximo 5V de tensão elétrica para componentes, e uma lâmpada convencional funciona na rede elétrica da casa (110 ou 220V).

O módulo *Relé* é conectado ao *Arduino*, à lâmpada e à rede elétrica. A lâmpada também apresenta uma conexão para a rede elétrica. Uma parte do módulo *Relé* trabalha com 5V, que é o lado conectado ao *Arduino*, que envia sinais digitais para o módulo e então o módulo executa o chaveamento da tensão da energia elétrica da rede da casa com a lâmpada, podendo ligá-la ou desligá-la.

Dessa forma foram implementadas as ações de ligar e desligar uma lâmpada de acordo com um intervalo de tempo. A cada cinco segundos o *Arduino* executa a ação de inverter o valor digital do módulo *Relé*, fazendo com que a lâmpada permanecesse cinco segundos ligada e cinco segundos desligada até que a alimentação da placa *Arduino* fosse interrompida.

Com este passo realizado, o próximo passo foi realizar o controle da lâmpada utilizando um sensor de movimento, como apresentado na subseção seguinte.

### **3.3.1 Sensor de movimento**

Também foram realizados testes para acender uma lâmpada utilizando um sensor de movimento. Quando o sensor identifica uma presença, o módulo Relé era ativado durante três segundos, fazendo com que a lâmpada permanecesse ligada por três segundos.

Testes também foram realizados com o módulo RFID, explicado na próxima seção.

### **3.3.2 Módulo RFID**

O módulo RFID foi utilizado também para controlar a lâmpada. Tendo dois emissores de radiofrequência, foi definido que um teria o papel de acender a lâmpada e o outro teria o papel de apagá-la.

A próxima seção discute quais serão os principais usuários a se beneficiarem com o protótipo.

## **3.4 Principais usuários**

É desejado que as pessoas com dificuldade de locomoção utilizem o protótipo e tenham o cotidiano facilitado pelo mesmo. O trabalho não leva em conta as pessoas que não são capacitadas para utilizar dispositivos móveis ou que não tenham alguma familiaridade. É pressuposto que o usuário tenha familiaridade com dispositivos móveis.

A versão final do protótipo e todos os passos para a sua concepção serão relatados na seção a seguir.

## **3.5 Versão final do protótipo**

A arquitetura proposta para o protótipo, descrita na seção 3.1, foi mantida durante o desenvolvimento. Para a parte física foi necessário: um *Arduino Uno*, um *Ethernet Shield*, um

módulo Relé, uma *protoboard*, *jumpers*, roteador, lâmpadas 110 V, cabos de energia e cabo *Ethernet*. A parte lógica foi desenvolvida em um servidor Linux Ubuntu, que contemplou os seguintes itens: servidor Apache para hospedar a aplicação *web*, linguagem de programação PHP para o desenvolvimento da aplicação *web*, banco de dados MySQL para armazenar os dados da aplicação. Além dos itens citados, e como já abordado anteriormente, é necessário ter uma conexão com a Internet. A montagem, utilização e configuração dos itens citados acima serão discutidas nas próximas subseções. Na seguinte subseção será abordada a concepção da parte física do protótipo, que contempla o *Arduino* e todos os componentes que se relacionam fisicamente com ele.

### 3.5.1 Desenvolvimento físico

Nesta subseção será abordada a concepção da parte física do protótipo, que contempla o *Arduino* e todos os componentes que se relacionam fisicamente com ele.

O primeiro componente a ser conectado com o *Arduino* foi o *Ethernet Shield W5100*. Para realizar esta conexão foi necessário encaixá-lo em cima da placa *Arduino*.

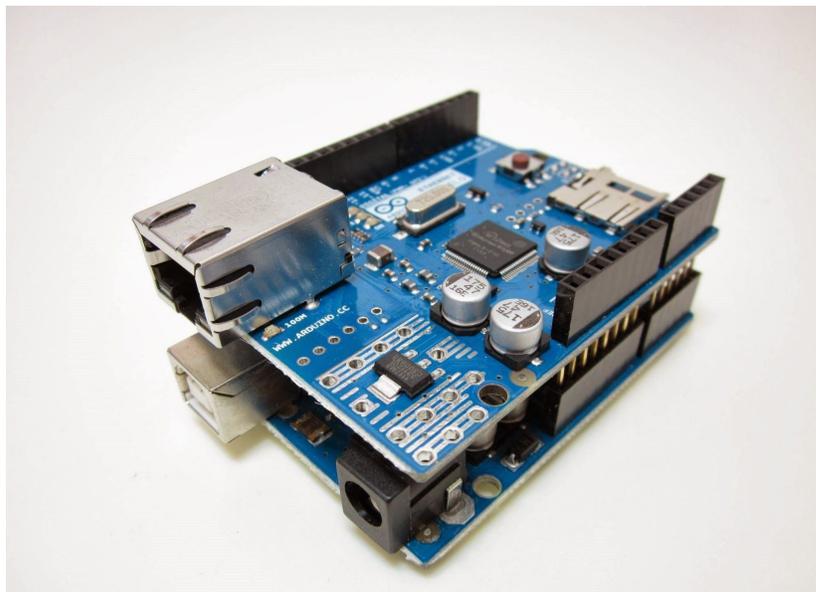


Figura 16. *Ethernet Shield W5100* conectado a uma placa *Arduino Uno*. Fonte:

<https://www.eletruscomp.com.br/post/projeto-21-configurando-o-shield-ethernet-com-o-arduino/> (2018)

Este *shield*, além de permitir conectar o *Arduino* à rede, também possui entrada para um cartão de memória, porém essa funcionalidade não foi utilizada para o presente projeto. Uma conexão entre um *Ethernet Shield* W5100 e uma placa *Arduino* Uno é mostrada na Figura 16.

Para conectar o *shield* à rede, foi utilizado um cabo *Ethernet*, que faz uma ligação do *shield* a um roteador que possui conexão com a Internet. Essa conexão pode ser vista na Figura 17.



Figura 17 - *Arduino* conectado a um roteador através do *Ethernet Shield* W5100. Fonte: Do Autor.

Após realizar a conexão do *Arduino* com o *Ethernet Shield*, o módulo Relé foi conectado. A tabela 4 apresenta a relação de conexão entre os pinos do módulo Relé e do *Arduino*.

Como mostrado na Tabela 4, o pino GND do módulo relé se conecta ao GND do *Arduino*, para fazer aterramento do módulo. O pino VCC do Relé é conectado ao pino 5V do *Arduino*, que fornece uma corrente de 5 volts para o módulo. Os pinos IN1 e IN2 são responsáveis por receber comandos digitais do *Arduino*, para acionar o dispositivo 1 ou o dispositivo 2 respectivamente. Neste projeto, os dispositivos a serem acionados são duas lâmpadas, que são conectadas ao Relé e à rede elétrica da residência.

<b>Módulo Relé (pino)</b>	<b>Arduino (pino)</b>
GND	GND
VCC	5V
IN1	4
IN2	8

Tabela 4. Relação de conexão entre o *Arduino* e o módulo Relé. Fonte: do autor.

A conexão entre a lâmpada e o Relé é feita por cabos que suportam 110 volts de tensão. Considerando que uma lâmpada possui dois cabos de energia, um deles é conectado ao Relé e o outro é conectado a uma tomada, enquanto um outro cabo é conectado na mesma tomada e no Relé. Quando os pinos de *input* do Relé recebem o sinal digital 0, o circuito é fechado e o dispositivo então é energizado, resultando, neste caso, no acendimento da lâmpada.

Com o protótipo físico montado, a próxima etapa foi desenvolver uma aplicação *web*, que tem o objetivo de receber comandos do usuário e disponibilizá-lo para o *Arduino*. A aplicação *web* será detalhada na próxima subseção.

### **3.5.2 Desenvolvimento da aplicação *web***

A aplicação *web* foi desenvolvida utilizando a linguagem de programação PHP para o *backend*. Para o *frontend* foi utilizada a linguagem de marcação HTML para criar a estrutura da interface gráfica, linguagem de folha de estilo CSS para estilizar e melhorar a apresentação da interface gráfica, e linguagem de programação JavaScript, para manipular elementos, fazer requisições e interpretar eventos disparados pelo usuário, como o toque em um botão.

Essa aplicação se tornou um *website* responsivo, tendo sua interface adaptável a diversos dispositivos, como *notebooks*, *smartphones* e *tablets*.

Para acessar a interface onde os comandos de automação são enviados, é necessário passar por uma autenticação. No caso do usuário não conseguir realizar o *login* pelo motivo do

usuário ou senha estarem incorretos, é apresentado um *feedback* informando que o usuário ou senha estão incorretos, como está sendo exibido na Figura 18.

Após realizar o *login* com sucesso, o usuário é redirecionado para uma página chamada Painel de Controle. Nesta página estão disponíveis botões para ligar ou desligar dispositivos, lista de comandos executados, fila de comandos a serem executados e *status* dos dispositivos.



A imagem mostra uma interface de usuário para login. No topo, há o título "Acesso Restrito" em branco sobre um fundo escuro, seguido pelo subtítulo "Faça o login para prosseguir." em uma cor mais clara. Abaixo, há um formulário branco com dois campos de entrada: "Seu e-mail" e "Sua senha". Um botão azul com o texto "Entrar" em branco está posicionado abaixo dos campos. Na base do formulário, uma mensagem de erro em vermelho indica "Usuário/Senha incorretos! Tente novamente".

Figura 18. Tela de *login*. Fonte: do autor.

Todas as ações e exibições do painel de controle funcionam de maneira assíncrona, ou seja, a página não precisa ser recarregada para que alguma ação seja executada. Foi criada um temporizador, com JavaScript, que dispara uma função que tem o papel de fazer as requisições assíncronas para o próprio servidor. Com o retorno dessas requisições, a função analisa os dados e atualiza os elementos da página, como a fila de comandos, lista de comandos executados, *status* dos dispositivos.

Existem quatro botões relacionados à geração de comandos, são eles: Ligar dispositivo 1, Desligar dispositivo 1, Ligar dispositivo 2, Desligar dispositivo 2. A cada vez que um desses botões é acionado, por clique ou toque, o botão é desativado temporariamente e um indicador de processamento é exibido, até que o comando relativo ao botão acionado seja salvo no banco de

dados, ativando novamente o botão e ocultando o ícone indicador de processamento.

A fila de comandos tem a função de exibir os dez próximos comandos que serão executados. Todo comando é tratado de maneira igualitária, não havendo, assim, nenhum comando com prioridade. Ainda nessa fila, cada comando listado possui um botão de cancelamento, que tem a função de cancelar um comando antes que ele seja executado. Quando um comando que está na fila é executado, cancelado ou sinalizado como *timeout*, o mesmo é removido da fila e é exibido na lista de últimos comandos.

A lista de últimos comandos exibe os dez últimos comandos processados e exibe um ícone na frente de cada um, indicando o *status* que o mesmo possui. Os *status* podem ser: executado, quando um comando é executado normalmente; cancelado, quando o usuário cancela um comando que está na fila de comandos; e *timeout*, quando um comando que está na fila de comandos não é executado ou cancelado por pelo menos quinze segundos. Nesta lista, quando a aplicação é acessada por um dispositivo que possui uma tela com espaço suficiente, como *notebooks*, computadores de mesa ou alguns tipos de *tablet*, também é exibido o tempo, em segundos, que um comando levou para sair da fila de comandos. Todas as ações referentes aos comandos também podem ser disparadas por comandos de voz.

Na seção Dispositivos do painel de controle da aplicação *web*, dois ícones que representam o *status* dos dispositivos são exibidos. A cor verde do ícone significa que a última vez que houve uma comunicação entre o *Arduino* e o *website*, o dispositivo estava ligado. A cor vermelha, em contrapartida, representa que o dispositivo estava desligado. Abaixo dos ícones é possível ver a data e horário que a última verificação foi realizada, além de possuir também uma legenda sobre as cores dos ícones.

Existem três possíveis ações na barra de menu superior da aplicação que o usuário pode escolher. São elas:

- Painel de Controle;
- Estatísticas; e
- Sair.

A ação painel de controle é aberta logo após a autenticação do usuário e exibe a página

com as funções relatadas acima. A ação Estatísticas exibe uma página com um gráfico de colunas indicando a quantidade de comandos processados, separados por *status*, que são: executado, cancelado e *timeout*. A ação Sair faz com que o usuário encerre a sua sessão na aplicação.

Esta aplicação também possui uma *script* PHP específico para realizar a interação com o *Arduino*. É por este *script* que o *Arduino* informa o *status* atual dos dispositivos e recebe os comandos da fila de comandos via requisições HTTPS. Na subseção Programação *Arduino* será relatado com mais detalhes como os comandos são requisitados e interpretados pelo *Arduino*.

A aplicação *web* interage com um banco de dados MySQL, o qual terá a estrutura abordada na subseção a seguir.

### 3.5.3 Banco de Dados

O banco de dados utilizado no protótipo foi o MySQL. Apenas a aplicação *web* tem acesso ao banco de dados, o *Arduino* não faz nenhuma verificação ou atualização direta nele, mas sim por meio de requisições à aplicação *web*.

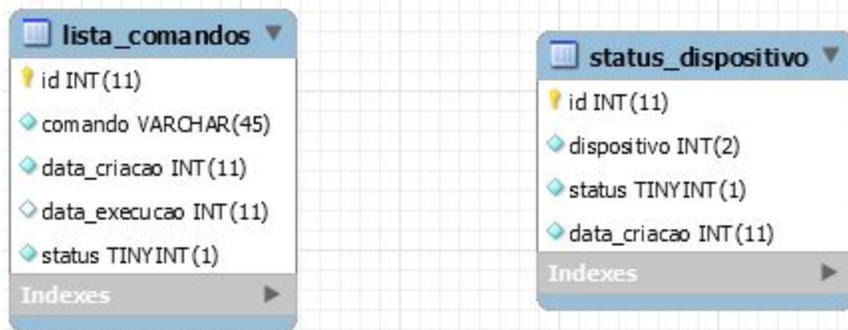


Figura 19. Tabelas. Fonte: do autor.

A automação foi realizada com duas tabelas: *lista\_comandos* e *status\_dispositivo*. Os atributos de ambas tabelas podem ser observados na Figura 19.

A tabela *lista\_comandos* possui todos os comandos que foram gerados pelo usuário e os seus respectivos *status*. Os atributos da tabela *lista\_comandos* são:

- **id**: chave primária de cada comando para poder diferenciar os comandos;

- **comando**: este campo armazena uma string com o comando a ser executado, que pode ser para ligar ou desligar os dispositivos;
- **data\_criacao**: armazena a data e horário que o comando foi gerado, com o formato *timestamp*;
- **data\_execução**: armazena a data e horário que o comando foi processado; e
- **status**: indica o *status* que o comando está (cancelado, executado, *timeout*, em espera).

A tabela `status_dispositivo` possui a indicação do estado dos dispositivos automatizados, que neste presente trabalho são duas lâmpadas. Esses estados podem ser ligado ou desligado. A tabela `status_dispositivo` possui os seguintes atributos:

- **id**: chave primária para diferenciar cada *status*;
- **dispositivo**: diz respeito a qual dispositivo se refere o *status*, dispositivo 1 ou dispositivo 2;
- **status**: este campo indica se o dispositivo está ligado ou desligado;
- **data\_criacao**: armazena a data e horário que o *status* do dispositivo foi gerado, com o formato *timestamp*;

O funcionamento lógico do *Arduino* e a programação realizada na IDE *Arduino* serão discutido na próxima subseção.

### 3.5.4 Programação *Arduino*

O desenvolvimento da aplicação do *Arduino* foi realizado por meio da própria IDE da plataforma, chamada *Arduino*. A linguagem de programação suportada é a linguagem C.

```
//Porta ligada ao pino IN1 do módulo relé  
int porta_rele1 = 4;  
//Porta ligada ao pino IN2 do módulo relé  
int porta_rele2 = 8;
```

Figura 20. Indicação das portas lógicas. Fonte: do autor.

O primeiro passo na programação foi criar as variáveis globais para indicar os pinos digitais utilizadas pelo módulo relé e configurar o *Ethernet Shield*. Neste protótipo, os pinos digitais adotados para a comunicação com o módulo relé foram os de número 4 e 8, como está na Figura 20.

Após indicar as pinos digitais, o *Ethernet Shield* foi configurado para ser reconhecido na rede local. Foi necessário atribuir um IP, *gateway*, máscara de rede e um endereço MAC. Essa configuração pode ser observada na Figura 21.

```
//Definicoes de IP, mascara de rede, gateway e mac  
byte mac[] = {  
    0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED  
};  
IPAddress ip(192, 168, 100, 90); //Define o endereco IP  
IPAddress gateway(192, 168, 100, 1); //Define o gateway  
IPAddress subnet(255, 255, 255, 0); //Define a máscara de rede
```

Figura 21. Configuração do *Ethernet Shield*. Fonte: do autor.

Com as variáveis globais criadas, foi preciso configurar os pinos para eles funcionarem como pinos de saída, de modo a enviar comandos digitais para o módulo relé. Em seguida os valores HIGH são atribuídos nesses pinos, de modo a desligar os dispositivos conectados ao relé. Esses passos estão descritos na Figura 22.

```

//Define pinos para o rele como saida
pinMode(porta_rele1, OUTPUT);
pinMode(porta_rele2, OUTPUT);

digitalWrite(porta_rele1, HIGH); //Desliga dispositivo 1
digitalWrite(porta_rele2, HIGH); //Desliga dispositivo 2

```

Figura 22. Configuração dos pinos digitais. Fonte: do autor.

A função *loop()* do *Arduino* executa repetidas vezes até que haja uma interrupção de energia. Nesta função estão as requisições feitas para o servidor, a análise do retorno dessas requisições e a manipulação dos dispositivos (ligar ou desligar).

A princípio é verificado se o *Ethernet Shield* está conectado à rede, caso não esteja, essa verificação continua ocorrendo. Se o *shield* estiver conectado, então é verificado se alguma requisição está sendo retornada, senão uma requisição é feita. Em caso de uma requisição estiver sendo retornada, há uma verificação se existe algum comando neste retorno, que, se encontrado, o mesmo é interpretado e executado (Figura 23).

```

if (!client.connected()) {
  if(strstr(retorno, "desaciona_dispositivo_1") != NULL){
    Serial.print("DESLIGA 1");
    digitalWrite(porta_rele1, HIGH); //Desliga rele 1
  }else if(strstr(retorno, "aciona_dispositivo_1") != NULL){
    Serial.print("ACIONA 1");
    digitalWrite(porta_rele1, LOW); //Liga rele 1
  }else if(strstr(retorno, "desaciona_dispositivo_2") != NULL){
    Serial.print("DESLIGA 2");
    digitalWrite(porta_rele2, HIGH); //Desliga rele 2
  }else if(strstr(retorno, "aciona_dispositivo_2") != NULL){
    Serial.print("ACIONA 2");
    digitalWrite(porta_rele2, LOW); //Liga rele 2
  }else {
    Serial.print("NAO ACIONA");
  }
}

```

Figura 23. Análise de comandos retornados de uma requisição. Fonte: do autor.

A cada requisição feita pelo *Arduino*, os *status* dos dispositivos são enviados juntamente nesta requisição para que sejam atualizados na interface da aplicação *web*.

## 4 VALIDAÇÃO

Uma simulação de cenários e comportamento de variáveis e dispositivos para cada um dos cenários é apresentado na Tabela 5.

Cenário	Comandos emitidos	Pino 8	Pino 4	Lâmpada 1	Lâmpada 2
Liga dispositivo 1 / Liga dispositivo 2	aciona_dispositivo_1 / aciona_dispositivo_2	LOW	LOW	Ligada	Ligada
Liga dispositivo 1 / Desliga dispositivo 2	aciona_dispositivo_1 / desaciona_dispositivo_2	HIGH	LOW	Ligada	Desligada
Desliga dispositivo 1 / Liga dispositivo 2	desaciona_dispositivo_1 / aciona_dispositivo_2	LOW	HIGH	Desligada	Ligada
Desliga dispositivo 1 / Desliga dispositivo 2	desaciona_dispositivo_1 / desaciona_dispositivo_2	HIGH	HIGH	Desligada	Desligada

Tabela 5. Validação de variáveis. Fonte: do autor.

A primeira coluna representa o cenário a ser considerado, que consiste em quatro: ambos dispositivos ligados, ambos desligados, o primeiro ligado e o segundo desligado, e o primeiro desligado e o segundo ligado. A segunda coluna (Comandos emitidos) mostra os comandos que serão interpretados pelo *Arduino* de acordo com cada um dos cenários. A terceira e quarta coluna representam o valor dos pinos do *Arduino* que possuem a função de ativar (LOW) ou desativar (HIGH) a energia para um dispositivo no módulo relé. As duas últimas colunas mostram o estado

de cada lâmpada após a interpretação do comando e a atribuição de um valor nos pinos que controlam o acionamento de energia no módulo relé.

A validação do sistema *web* também foi feita em diversos dispositivos, como *notebooks*, computadores de mesa, *smartphones* e *tablets*, para verificar o funcionamento do sistema e a disposição da interface gráfica em diversos tamanhos de tela, mostrando que o sistema foi satisfatório em termos de responsividade.

Foram realizados testes com comandos disparados por dispositivos presentes na mesma rede do *Arduino* e em outras redes, inclusive de cidades diferentes, contudo não houve diferença significativa no desempenho do sistema em relação a este quesito, visto que os comandos chegam a um servidor e então ao *Arduino*.

Os testes com comandos de voz foram feitos com vozes masculinas e femininas, a fim de assegurar que pessoas de ambos os sexos possam realizá-los. O reconhecimento de voz não apresentou problemas em reconhecer sentenças ditas claramente por ambas as tonalidades de voz. Apenas o navegador Google Chrome v25 ou superior se mostrou funcional com o reconhecimento de voz, tornando uma limitação para esta funcionalidade.

O presente trabalho também apresenta algumas limitações, além da citada acima, que não foram contempladas no desenvolvimento. O protótipo não prevê o controle manual das lâmpadas, que podem ser desligadas interrompendo a alimentação elétrica do *Arduino*, porém não poderia ser ligada novamente em caso do usuário ou do *Arduino* não terem acesso ao sistema *web*. No caso do usuário ter acesso ao sistema *web*, é possível verificar a data e horário da última vez que o *Arduino* conseguiu fazer uma requisição ao servidor, juntamente com o último *status* que as lâmpadas tinham neste momento.

## 5 RESULTADOS

O resultado da produção gerado pelo presente trabalho consiste em uma aplicação *web* responsiva com banco de dados que pode ser acessada por dispositivos que estejam conectados à Internet e possuam um navegador *web*, uma programação para uma placa *Arduino* atuar juntamente com um *Ethernet Shield* e um módulo relé para fazer requisições à aplicação *web* e controlar o módulo relé para ligar ou desligar lâmpadas.

O protótipo apresentado neste trabalho atendeu os objetivos esperados. É permitido que os usuários realizem o controle de lâmpadas disparando comandos por comandos de voz, toque ou clique em botões na interface do sistema *web*.

Os usuários podem realizar o controle das lâmpadas sem a necessidade do deslocamento físico até um interruptor, sendo este controle feito pelo sistema *web*.

A interface construída possui todas as ações na mesma tela e em botões grandes, de modo a possibilitar aos usuários pouco esforço no disparo de comandos, evitando transições e recarregamentos de telas.

## 6 TRABALHOS FUTUROS

O protótipo apresentado no presente trabalho tem a capacidade de expansão de funcionalidades e flexibilidade em relação a componentes eletrônicos compatíveis com a placa *Arduino*. As sugestões para trabalhos futuros são:

- Criar uma estrutura para suportar usuários de casas distintas, centralizando os usuários em um único sistema *web*, de forma que cada usuário consiga exercer controle e visualizar informações somente da própria casa;
- Realizar teste com pessoas com dificuldade de locomoção e observar o impacto causado pela utilização do protótipo;
- Automatizar mais dispositivos eletrônicos, como ventiladores e televisões, para o usuário ter autonomia sobre mais itens da casa;
- Tornar o protótipo flexível em relação aos dispositivos automatizados, permitindo que um usuário comum possa conectar e trocar os dispositivos automatizados, como televisão, aparelho de som e ventilador, sem que haja necessidade de alterar o *hardware* ou *software*;
- Minimizar ou sanar o impacto das limitações apresentadas na validação deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

ACCARDI, A., DODONOV, E.. Automação residencial: elementos básicos, arquiteturas, setores, aplicações e protocolos. **Revista TIS**, v. 1, n. 2, 2012.

ARAÚJO, I. B. Q., SOUTO, F. V., COSTA JUNIOR, A. G. Desenvolvimento de um protótipo de automação predial/residencial utilizando a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino. **XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (Cobenge), Belém, UFPA**. 2012.

ARDUINO - Products. **Arduino**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/Products>>. Acesso em: 28 de setembro de 2017.

ARDUINO PLAYGROUND - Homepage. **Arduino**. Disponível em: <<https://playground.arduino.cc/Portugues/HomePage>>. Acesso em: 05 de julho de 2017.

BARAKA, K., GHOBIL, M., MALEK, S., KANJ, R., KAYSSI, A. . Low cost arduino/android-based energy-efficient home automation system with smart task scheduling. **Computational Intelligence, Communication Systems and Networks (CICSyN), 2013 Fifth International Conference on**. IEEE, 2013. p. 296-301.

BEGHINI, L. B. Automação Residencial de baixo custo por meio de dispositivos móveis com sistema operacional Android. Tese de Doutorado. **UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**, São Carlos, 2013.

BOLZANI, C. A. M. Residências Inteligentes. [S.l.]: **Livraria da Física**, 2004.

BRANDÃO, R. F. M.. A domótica ao serviço da sociedade. **Neutro à Terra**, n. 1, 2008.

BRASIL. Lei nº 10.098, DE 19 de dezembro de 2000. **Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências.** Brasília, DF, 2000.

COSTA, H. D. N., MERINO, R. K. Z., PEREIRA, W. A. **Desenvolvimento e análise de um sistema de automação predial utilizando uma central de controle via rede externa.** 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

DE MORAES PEREIRA, L. A.. Automação Residencial: rumo a um futuro pleno de novas soluções. **VII Congresso Internacional de Automação, Sistemas e Instrumentação** - São Paulo. 2007.

DUARTE, C. R., COHEN, R.. Afeto e lugar: a construção de uma experiência afetiva por pessoas com dificuldade de locomoção. **SEMINÁRIO ACESSIBILIDADE NO COTIDIANO**, v. 1, 2004.

FERNANDES, F. G., BARBOSA, J. L. M., CARDOSO, A. Aplicação para auxílio às pessoas com deficiência física utilizando automação residencial e realidade aumentada. **CEEL–XIV Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica**, Uberlândia–MG. 2015.

FERREIRA, V. Z. G.. A domótica como instrumento para a melhoria da qualidade de vida para os portadores de deficiência. **Monografia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba**, João Pessoa, 2010.

FIGUEIREDO, C. M. S., NAKAMURA, E. Computação móvel: Novas oportunidades e novos desafios. **T&C Amazônia**, v. 1, n. 2, p. 21, 2003.

FRIZZARIN, F. B. Arduino: guia para colocar suas ideias em prática. E-book. **Casa do Código**, 2016.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. **São Paulo**, v. 5, n. 61, p. 16-17, 2002.

GOMES, E., CANDIDO, I., OLIVEIRA, J., GUSTAVO, M., COVELHO, O., HIGASHI, R., CARNAÚBA, T. Esteira Seletora de Recicláveis. **Trabalho de conclusão de curso, Escola Técnica Estadual**, São Caetano do Sul, 2015.

GUEDES, L. ALVARENGA, L., ROMANINI, A., MARTINS, M. S., FOLLE, D. O papel social da automação – automação inclusiva e mais sustentável. **1º Seminário Nacional de Construções Sustentáveis**, 2012.

IBGE 2000 – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **CENSO de 2000**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 22 de outubro de 2017.

LEE, S., JO, J., KIM, Y., STEPHEN, H . A framework for environmental monitoring with Arduino-based sensors using Restful web service. **Services Computing (SCC), 2014 IEEE International Conference on**. IEEE, 2014. p. 275-282.

MARCHESAN, M. Sistema de monitoramento residencial utilizando a plataforma arduino. **Universidade Federal de Santa Maria**, Santa Maria, 2012.

MARQUES, D. **O que é a domótica**, 2012. Disponível em: <<http://instalacoes08.blogspot.com.br/2012/11/o-que-e-domotica-diogo-marques-n6.html>> Acesso em: 02 out. 2017.

MCROBERTS, M.. Arduino básico. **São Paulo: Novatec**, 2011.

NICHELE, D. B. Automação residencial: um grande auxílio para idosos e deficientes. Monografia, **Universidade São Francisco**, Itaitiba, 2010.

OLIVEIRA, K. D., de ALMEIDA NETO, M. B., RODRIGUES, T. O., LIRA, A. H. S., de CASTRO MARTINS, F. R., ALVES, W., BRAGA, C. B. O uso de plataformas opensource para o ensino da tecnologia de identificação por rádio frequência (rfid). **Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (Cobenge)**, Juiz de Fora, 2014.

PICCHIAI, D., FARIAS, R. M. A Visão Sistêmica da Lavanderia Hospitalar: Limites e Propostas. **Revista de Gestão em Sistemas de Saúde**, v. 2, n. 2, p. 124-147, 2013.

RILEY, M. Programming your home: automate with Arduino, Android, and your computer. **Pragmatic Bookshelf**, 2012.

ROSA, F. D., MESQUITA, M. J. C., ALMEIDA, W. R. M., ARAUJO Filho, P. M. D. Controle e Supervisão Residencial Utilizando a Plataforma Arduino. **Acta Brazilian Science**, v. 1, p. 68-76, 2013.

SILVA, J. L. D. S., MELO, M. C., CAMILO, R. D. S., GALINDO, A. L., VIANA, E. C. Plataforma Arduino integrado ao PLX-DAQ: Análise e aprimoramento de sensores com ênfase no LM35. Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe. Feira de Santana. Anais. Feira de Santana: **Sociedade Brasileira de Computação**, 2014.

TEZA, V. R. Alguns aspectos sobre automação residencial – Domótica. **Tese de Mestrado**. **Universidade Federal de Santa Catarina**, Santa Catarina, 2002.

TOLENTINO, G. C., TSUKAMOTO, D. B., NOMURA, S. Estudo de caso: Utilização do Arduino para um Sistema de Controle remoto de dispositivos via internet. **Uberlândia MG**, 2013.

TOOLEY, M. Circuitos Eletrônicos. **Elsevier**, 2007.