

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA.  
CAMPUS JOINVILLE  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM  
MECATRÔNICA INDUSTRIAL**

**ERIC KOJI NAKIRIMOTO  
MARCOS EDUARDO BRAZ MONN**

**AUTOMAÇÃO DE DIFERENTES PARÂMETROS  
RESIDENCIAIS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ERIC KOJI NAKIRIMOTO  
MARCOS EDUARDO BRAZ MONN**

**AUTOMAÇÃO DE DIFERENTES PARÂMETROS  
RESIDENCIAIS**

**JOINVILLE, 2016**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA.  
CAMPUS JOINVILLE  
CURSO MECATRÔNICA INDUSTRIAL**

**ERIC KOJI NAKIRIMOTO  
MARCOS EDUARDO BRAZ MONN**

**AUTOMAÇÃO DE DIFERENTES PARÂMETROS  
RESIDENCIAIS**

**Submetido ao Instituto Federal  
de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Santa Catarina  
como parte dos requisitos de  
obtenção do título de Tecnólogo  
em Mecatrônica Industrial.**

**Orientador: Prof. Rodrigo Coral,  
Dr.**

**JOINVILLE, 2016**



# **AUTOMAÇÃO DE DIFERENTES PARÂMETROS RESIDENCIAIS**

**ERIC KOJI NAKIRIMOTO  
MARCOS EDUARDO BRAZ MONN**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Mecatrônica Industrial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Joinville, 16 de setembro de 2016.

Banca Examinadora:

---

Prof. Rodrigo Coral, Dr. Eng.  
Orientador

---

Prof. Ary Victorino da Silva Filho, Me. Eng.  
Avaliador

---

Prof. Michael Klug, Dr. Eng.  
Avaliador

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a Deus por nos ter dado saúde e força para que nós pudéssemos enfrentar os desafios e concluir nosso curso.

Aos nossos pais, amigos e professores por nos incentivar e orientar não só durante a realização deste trabalho, mas para nossa formação acadêmica e pessoal.

Às nossas namoradas Jéssica e Karla por nos apoiarem e entenderem nosso afastamento durante esta etapa.

Aos professores Michael Klug, Ary Victorino da Silva Filho e Paulo Roberto de Oliveira Bonifácio, pelo auxílio em algumas etapas do projeto.

A Giovani Monn Móveis que ofereceu apoio de mão de obra para construção da maquete.

Ao Instituto Federal de Santa Catarina por fornecer recurso financeiro para aquisição dos materiais utilizados no projeto.

Ao nosso orientador Rodrigo Coral, por nos aconselhar, cobrar e ensinar neste momento. O parabenizamos ainda pela excelência ao nos ministrar as disciplinas de metrologia e instrumentação e programação, que foram importantíssimas para realização deste trabalho.

*“A ciência é, portanto,  
uma perversão de si  
mesma, a menos que  
tenha como fim último,  
melhorar a humanidade.”*

*Nikola Tesla*

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo realizar o estudo e desenvolvimento de um projeto de automação residencial controlado por dispositivo móvel baseado em Android. Foi aplicada topologia de controle centralizado, utilizando como central de controle o dispositivo NI *myRIO*. Na pesquisa foi possível controlar e monitorar variáveis por meio de dispositivos conectados a internet ou a rede interna, através do NI *Data Dashboard*. Buscou-se tornar o sistema simples e personalizável pelo próprio usuário utilizando linguagem de programação *Labview*. Com a finalidade de simular o funcionamento do sistema, foi construída uma maquete baseada em uma pequena casa em escala de 1:20, nela foi forçada a variação das grandezas mensuradas pelos transdutores, buscando aperfeiçoar o *software* e a resposta dos atuadores envolvidos. Em virtude das características deste projeto, possibilitou-se ao usuário flexibilidade e acessibilidade ao sistema, fácil personalização da interface de controle, sensores com resoluções aceitáveis para suas finalidades, além de possibilitar diversos outros projetos na área.

Palavras-chave: Mecatrônica; Automação; Residencial.



## **ABSTRACT**

This research aimed the study and development of a home automation project controlled by mobile based on Android. It was applied centralized control topology using the central control device NI myRIO. In this study was possible to control and monitor variables through devices connected to the Internet or the internal network through the NI Data Dashboard . The goal was to make the system easy and customizable by the user using programming language Labview. In order to simulate the operation of the system , it was built a model based on a small house at 1:20 scale, which was forced to change the grandeur measured by the transducers , seeking to improve the software and the response of the actuators involved. The characteristics of this project possible for the user flexibility and accessibility to the system, easy customization of the control interface , sensors with resolutions acceptable for its purposes , and enable several other projects in the area.

**Keywords:** Mechatronics; Automation; Residential.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 - Residência Inteligente.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 2 - Rede domótica .....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 3 - Distribuição Código X-10.....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 4 - Instalação CEBus.....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 5 - Topologia de rede Zigbee .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 6 - Modelo de Arduino na versão UNO .....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 7 - Modelo <i>National Instruments myRIO</i> .....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 8 - Imagem do ambiente de programação <i>labview</i> ...</b>	<b>28</b>
<b>Figura 9 - Transmissor de temperatura LM35.....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 10 - Sensor de chuva. ....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 11 - Sensor LDR .....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 12 - Transformador de corrente .....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 13 - Exemplo de <i>layout</i> do <i>Data Dashboard</i>.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 14 - Comparação dos resultados com Wattímetro....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 15 - Posicionamento do sensor na entrada da rede.</b>	<b>39</b>
<b>Figura 16 - Resultados do transformador de corrente .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 17 - Circuito para o transdutor de corrente .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 18 - Programação para aquisição dos dados .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 19 - Primeiro teste com carga conhecida.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 20 - Segundo teste com carga conhecida.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 21 - Medição da lâmpada com o wattímetro .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 22 - Medição do ventilador com o wattímetro.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 23 - Curva de calibração do transdutor de corrente .</b>	<b>44</b>
<b>Figura 24 - Teste com o LDR .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 25 - Resultados dos testes com o sensor LDR .....</b>	<b>Erro!</b>
Indicador não definido.	
<b>Figura 26 - Sensor de chuva seco.....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 27 - Sensor de chuva com água .....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 28 - Resultados com o transdutor de chuva.....</b>	<b>Erro!</b>
Indicador não definido.	
<b>Figura 29 - Etapas de medição do sensor .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 30 - Valores do sensor resistivo aquisitados .....</b>	<b>47</b>

<b>Figura 31 - Aquisição de dados com o DHT11, BMP180 e sensor resistivo .....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 32 - Dados aquisitados durante cerca de um dia.. Erro! Indicador não definido.</b>	
<b>Figura 33 - Intervalo de valores em que houve chuva .....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 34 - Sistema montado com o LM35.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 35 - Dados aquisitados do LM35 com NI-6009.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 36 - Aquisição de dados com BMP180 e DHT11.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 37 - Circuito de medição da tensão.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 38 - Sistema para o teste do circuito proposto .....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 39 - Medição com a tensão acima da nominal.....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 40 - Medição com a tensão abaixo da nominal.....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 41 - Medição com a tensão próxima a nominal .....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 42 - <i>Zero Crossing</i>.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 43 - Sinal <i>zerocrossing</i>.....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 44 - Circuito Zero Crossing.....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 45 - Circuito chaveador triac.....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 46 - Teste de corte em onda senoidal.....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 47 - Placa de controle do <i>dimmer</i>.....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 48 - Circuito de potência e controle para LED RGB..</b>	<b>59</b>
<b>Figura 49 - Fluxograma base do software.....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 50 - Interface base do aplicativo <i>Data Dashboard</i>....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 51 - Interface do aplicativo de controle .....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 52 - <i>Software</i> de leitura do teclado.....</b>	<b>63</b>
<b>Figura 53 - Parte do <i>software</i> para controlar relés e servos</b>	<b>64</b>
<b>Figura 54 - Parte do software que controle os led's RGB ....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 55 - Parte do software de leitura dos fatores de indicação de chuva .....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 56 - Parte do software de controle de temperatura automático .....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 57 - Interface frontal do <i>software</i> .....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 58 - Medidas para corte das paredes da maquete....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 59 - Posicionamento dos componentes superiores .</b>	<b>68</b>
<b>Figura 60 - Posicionamento dos componentes inferiores ...</b>	<b>68</b>
<b>Figura 61 - Conectores para transporte.....</b>	<b>72</b>

Figura 62 - Posicionamento do Sensor de temperatura .....	73
Figura 63 - Lâmpada dimerizada com sensor LDR .....	73
Figura 64 - Vista superior da maquete.....	74
Figura 65 - Sensor de tensão .....	75
Figura 66 - Esquema sensor de tensão .....	75
Figura 67 - Gráfico com a curva de calibração do sensor de tensão .....	76
Figura 68 - Teste com transdutor de corrente. ....	77
Figura 69 - Circuito com opto-acopladores para comando de servo motor.....	78
Figura 70 - Painel de controle da maquete.....	79
Figura 71 - Interface 1 do <i>tablet</i> .....	80
Figura 72 - Interface 2 do <i>tablet</i> .....	80
Figura 73 - Interface 3 do <i>tablet</i> .....	81
Figura 74 - Maquete montada .....	82
Figura 75 - Monitoramento de dados com o <i>tablet</i> .....	83
Figura 76 - Teste de luzes .....	83
Figura 77 - Teste do controle do <i>dimmer</i> .....	84
Figura 78 - Montagem completa .....	84

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Cálculo de circuito reserva.....	23
Quadro 2 - Brainstorm dos dispositivos. ....	36
Quadro 3 - Seleção de dispositivos .....	37
Quadro 4 - Variáveis do sistema.....	60
Quadro 5 - Entradas e saídas do <i>myRIO</i> .....	63

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC – *Alternating Current*  
ATX – *Advanced Technology Extended*  
BPS – *Bits Por Segundo*  
CC – *Corrente Contínua*  
CEBus – *Consumer Eletronic Bus*  
CLP – *Computador Lógico Programável*  
DPS – *Dispositivo de Proteção Contra Surtos*  
EIB – *European Installtion Bus*  
EPR – *Etileno-propileno*  
FPGA – *Field Programmable Gate Array*  
GND – *Ground*  
HAN – *Home Area Networks*  
HTML – *HyperText Markup Language*  
IDR – *Interruptor Diferencial Residual*  
IHC – *Intelligent Home Control*  
IP – *Internacional Protection*  
LDR – *Light Dependent Resistor*  
LED – *Light Emitter Diode*  
LON - *Local Operating Network*  
MDF – *Medium Density Fiberboard*  
MODIS – *Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer*  
NBR – *Norma Brasileira*  
NI – *National Instruments*  
PHP – *Personal Home Page*  
PVC – *Policloreto de Vinila*  
PWM – *Pulse-Width Modulation*  
RF – *Radiofrequência*  
RGB – *Red, Green and Blue*  
SD – *Secure Digital*  
TRIAC – *Triode for Alternating Current*  
WI-FI – *Wireless Fidelity*  
XLPE – *Polietileno Reticulado*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 Contextualização .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Objetivo Geral .....</b>	<b>12</b>
<b>1.3 Objetivos Específicos .....</b>	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Domótica .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Instalações elétricas .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3 Controlador .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4 Software de controle .....</b>	<b>27</b>
<b>2.5 Transdutor .....</b>	<b>28</b>
<b>2.6 Aplicativo.....</b>	<b>34</b>
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>36</b>
<b>3.1 <i>Brainstorm</i>.....</b>	<b>36</b>
<b>3.2 Definição dos dispositivos .....</b>	<b>37</b>
<b>3.3 Análise dos transdutores .....</b>	<b>38</b>
<b>3.4 Controle dos dispositivos .....</b>	<b>54</b>
<b>3.5 Desenvolvimento do software .....</b>	<b>59</b>
<b>3.6 Desenvolvimento da maquete.....</b>	<b>66</b>
<b>4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>72</b>
<b>4.1 Projeto de instalação .....</b>	<b>72</b>
<b>4.2 Sensoriamento e controle .....</b>	<b>73</b>
<b>4.3 <i>Softwares</i>.....</b>	<b>79</b>
<b>4.4 Montagem final .....</b>	<b>81</b>
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>85</b>
<b>5.1 Trabalhos futuros .....</b>	<b>87</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>89</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>97</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

Há séculos o homem vem gradativamente substituindo ferramentas e utensílios com intuito de agilizar, facilitar e melhorar a forma que desempenha suas atividades durante sua jornada de trabalho. A chegada da onda industrial que se estendeu de 1700 a 1950, possibilitou o desenvolvimento de sistemas e processos capazes de produzir mais em menos tempo, tendo sempre o ser humano como uma ferramenta que podia ser adaptada para esse fim. Com a era do pós-industrial o elemento valorizado passa a ser o capital humano sendo necessário melhorar a produtividade para dar conta de todas as prioridades. (BARBOSA, 2008).

Diante de uma situação em que o tempo se tornou um elemento escasso, em virtude das grandes e pesadas rotinas de trabalho, a ideia de otimização passou a ser aplicada fora dos meios industriais. Foi onde surgiu o conceito de edifício inteligente, interessante aos investidores que gostariam de maximizar a eficiência energética, segurança, conforto e comunicação de seus empreendimentos (ROSÁRIO, 2009).

No Brasil este conceito ganhou força ao ser influenciado pela urbanização e a necessidade do emprego das mulheres no mercado de trabalho. Isso, segundo Leone (1997), foi decorrente da alta inflação e estagnação econômica da década de 80. Não só por este motivo, mas também a elevação do nível de escolaridade das brasileiras, que aliadas ao uso de anticoncepcionais passaram a se especializar mais e ter menos filhos tornando-as mais presente em atividades econômicas. (BRUSCHINI; LOMBARDI, 1996 apud PEREIRA, SANTOS e BORGES, 2005). Pode-se verificar então, que houve uma lacuna para atuação de meios eficientes para cumprir funções antes só realizadas pelas mulheres dentro das residências. Com o aprimoramento de tecnologias dedicadas aos edifícios inteligentes, estas lacunas passaram a aumentar a demanda por produtos que minimizem rotinas dentro das residências, criando assim um novo mercado.



Visando esse mercado, se fortaleceu o conceito de residência inteligente, ou automação residencial, também conhecida como domótica. (ROSÁRIO, 2009). De maneira geral a domótica tem como particularidades aumentar o nível de conforto dentro da residência otimizando o tempo dos usuários, que para Barbosa (2008), “*hoje em dia, a tecnologia é vital para você ganhar tempo*”. Soma-se isso ao fato de existir uma crescente demanda por computadores pessoais e telefonia móvel, que segundo dados da pesquisa *Mobile Report* do segundo trimestre de 2015, o número de brasileiros que utilizam um smartphone conectado a internet subiu 4% em relação ao semestre anterior, totalizando cerca de 72 milhões de usuários, bem como as inúmeras ofertas de serviços de comunicação como o acesso à internet móvel, tem-se o momento ideal para aplicação e desenvolvimento de tecnologias nesse meio (MURATORI, 2005).

Quando se trata de tecnologias, mesmo que o fator econômico limite o grau de sofisticação, o uso da domótica pode eliminar desperdícios de recursos. Nos Estados Unidos, onde o custo de implantação de automação corresponde a cerca de 10% do valor da obra, as economias de gastos com água, energia e gás, após aplicados os sistemas, chegam a 30%. Já nos casos onde usuário está disposto a obter o máximo de conforto, o custo normalmente não é uma grande preocupação. (BOLZANI, 2004).

Pretende-se então, realizar nesse trabalho, a montagem de um conceito residencial com automação de algumas atividades da rotina de um cidadão comum com controle e monitoramento realizados por dispositivo móvel, buscando atender com maior flexibilidade e personalização possível, sem seguir nenhum protocolo de automação conhecido. O *software* deverá ser programado segundo as maneiras e costumes do usuário, já que os produtos disponíveis são pouco flexíveis, tem alto custo e baixa variação de sensores. Para isso, será empregado o dispositivo *NI myRIO* que realizará o controle e programação em ambiente *LabView*. Pretende-se monitorar umidade, temperatura e pressão visando prever possíveis tempestades ou a necessidade do acionamento dos sistemas de climatização para que sejam tomadas ações sem a necessidade de intervenção direta do usuário, monitorar também o consumo de energia da residência para de certa forma conscientizar o usuário e

possibilitar a redução de gastos, melhor seu conforto, dentre outras possibilidades.

Além de uma vasta aplicação, os estudos aqui realizados abordarão os mais diversos temas, pois cada uma das possibilidades de automação necessita de estudos em diferentes áreas da elétrica, eletrônica, mecânica e informática, gerando uma referência para futuras pesquisas no campus Joinville do IFSC onde novos trabalhos poderão ser realizados em tal área.

## 1.2 Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho é realizar a automação de diferentes parâmetros residenciais e controlá-los através de uma plataforma móvel baseada em *Android*.

## 1.3 Objetivos Específicos

- Revisar bibliografia.
- Definir os transdutores para aquisição de fenômenos físicos.
- Definir estrutura da maquete para teste de controle com *myRIO*.
- Desenvolver *software* em *Labview* para *myRIO*.
- Aquisitar os dados dos transdutores definidos.
- Gerenciar interface entre *software* e *tablet*.
- Controlar os dispositivos definidos na maquete de acordo com a interface.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão dispostos conceitos definidos como essenciais para automatizar diferentes parâmetros em uma residência.

### 2.1 Domótica

Domótica é um termo associado a tecnologia de automação residencial. Esse termo é similar a outros que surgiram com essa inovação como casa inteligente e residência inteligente, mas todos com o mesmo objetivo: dar conforto ao usuário. Esse conceito unifica controles e processos buscando simplicidade. Com isso é possível que a automação ajude em tarefas simples como eliminar a preocupação de esquecer janelas abertas com o risco de começar a chover (BOLZANI, 2004).

Além de facilitar a vida do usuário, a automação residencial segundo Nichele (2010), é de grande importância quando usada como ferramenta para segurança e monitoramento da vida de pessoas idosas ou que possuam deficiência física. Para um deficiente, o ambiente no qual está inserido deve ser adaptado a suas deficiências, o simples fato de este conseguir realizar tarefas como acender luzes, fechar janelas ou acionar eletrodomésticos de sua cadeira de rodas ou da cama, oferece grandes vantagens à segurança e conforto daquele habitante.

A inclusão da domótica também promove maior independência e contribui para que o idoso possa continuar residindo em seu domicílio no caso de viver sozinho (CAMARANO, 2002 apud DIAS e PIZZOLATO, 2004).

Segundo Rosário (2009), o crescimento anual do mercado da automação é em torno de 25% a 30%, o que prova que Werneck (1999 apud DIAS e PIZOLLATO, 2004) estava correto ao afirmar que após o contato do público geral com a domótica não haverá como retroceder, pois toda a concepção de moradias evoluirá e com a interação de profissionais de diversas áreas, o conceito de automação residencial terá grande evolução.

### 2.1.1 Classificação dos Sistemas de Automação

1) Os sistemas autônomos são aqueles que podem *“ligar e desligar um subsistema ou dispositivo específico de acordo com um ajuste pré-definido”* (TEZA, 2002). Normalmente cada dispositivo é tratado de maneira independente sem que tenha relações com os outros. São mecanismos de fácil implementação e baixo custo, porém não oferecem grande interatividade (BARROS, 2010).

2) Os sistemas integrados são aqueles onde diversos sensores e equipamentos de uma residência são controlados ou monitorados por uma única central, funcionando como um controle remoto universal (TEZA, 2002). Uma desvantagem deste é a necessidade de um subsistema para cada equipamento para adequar ao modo como este trabalha (BARROS, 2010).

3) São com os sistemas complexos, também conhecidos como Residências Inteligentes, que se atingem os maiores níveis de interatividade de uma residência inteligente para com o habitante (TEZA, 2002). Neste método todos os projetos tanto de construção como os de automação, são feitos de maneira simultânea, deste modo o sistema se torna um gerenciador, ao invés de um controle remoto universal. Todos os equipamentos devem possuir realimentação de status, ou seja, o sistema funcionará como uma cadeia fechada. Para Bolzani (2004), as residências inteligentes são o mesmo que a junção dos conceitos de uma residência comum, de dispositivos inteligentes, sistemas domóticos e da arquitetura e métodos modernos de construção, conforme Figura 1.

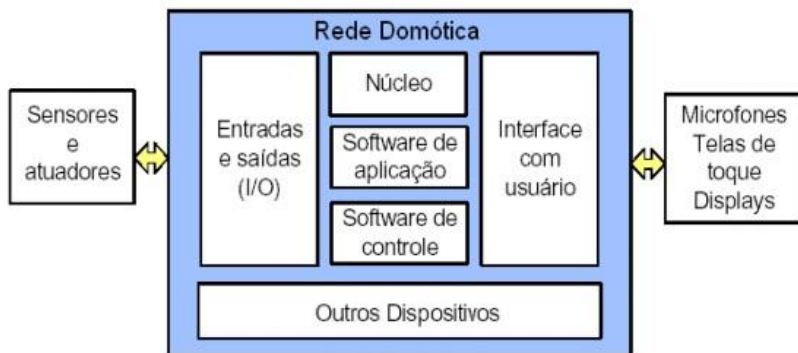


**Figura 1 - Residência Inteligente**

## 2.1.2 Rede Domótica

A rede domótica, também conhecida como *Home Area Networks* (HAN), consiste no conjunto de dispositivos (sensores, atuadores, controladores, etc.), que trocam informações entre si por um protocolo de comunicação (BARROS, 2010), conforme demonstra Figura 2 (SILVA, 2007).

Com o passar dos anos, foram criados diversos dispositivos, que quando inseridos a uma rede domótica permitem realizar a automação de qualquer tipo de imóvel. Como esses produtos são normalmente modulares é possível efetuar mudanças parciais, facilitando a adesão de proprietários que procurem uma solução econômica. (ROSÁRIO, 2009).



**Figura 2 - Rede domótica**

### 2.1.3 Tecnologias Comerciais de Automação Residencial

Os sistemas de automação residencial são interligados por uma rede domótica compartilhando informações capturadas pelos sensores ou por comandos do usuário com o controlador que efetuará as ações programadas. Porém, esta rede necessitará de sistemas e protocolos para que a interatividade e conectividade do projeto sejam asseguradas (DIAS E PIZZOLATO, 2004). É encontrado no mercado um número muito grande desses sistemas, produtos e protocolos (ROSÁRIO, 2009). Aqui serão revisadas bibliografias dos protocolos que segundo Dias e Pizzolato (2004) e Rosário (2009), utilizam do recurso de sensores e apresentam-se como destaque no mercado nacional e internacional.

#### 2.1.3.1 Tecnologia X-10

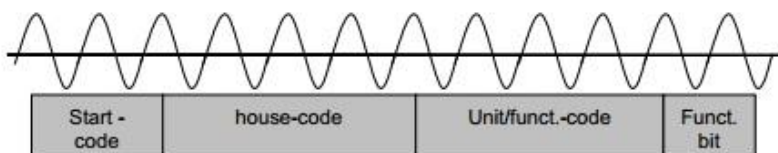
Na década de 70, foram desenvolvidos na Escócia sistemas que eram capazes de receber comandos a partir da rede elétrica, esta tecnologia foi chamada de X-10. Este sistema permitia controlar remotamente aparelhos e luzes de uma residência (ROSÁRIO, 2009). Os seus princípios eram o baixo custo de manufatura e o preço acessível, com isso tornaram-se, segundo Alves e Motta (2003, apud DIAS e PIZZOLATO, 2004), o protocolo mais utilizado em todo mundo, mesmo com todas suas limitações.

Segundo Rosário (2009), a tecnologia X-10 possui dois tipos de dispositivos, os controladores e os módulos receptores. Os controladores, como o próprio nome supõe, enviam comandos pela rede elétrica. Já os módulos receptores, são subdivididos em módulos de lâmpadas, que podem ligar, desligar ou regular a intensidade luminosa e em módulos de aplicativos, que quando conectados a um equipamento, utilizam de relés para ligá-lo.

Para que não haja conflito interno sobre os dispositivos ligados a rede, Nichele (2010, p.15) afirma que: “Os transmissores enviam comandos simples precedidos pela identificação do receptor a ser controlado.”. Desta forma, os

receptores reagirão apenas aos comandos endereçados a cada um deles.

A comunicação dentre controladores e receptores é feita por meio de pulsos curtos de baixa tensão com frequência de 120kHz, formando um sinal binário de 13 *bits*. No cruzamento próximo ao zero da onda da corrente alternada, a presença do pulso representa 1, e a ausência deste pulso representa 0. Os 13 *bits* são divididos em: 4 *bits* que representam o início de comunicação, conhecido como *start-code*, 4 *bits* que representam o código de casa (*house-code*) e outros 5 *bits* que transmitem a unidade e a função a exercer (*function-code*), conforme Figura 3 (DIAS e PIZZOLATO, 2004).



**Figura 3 - Distribuição Código X-10.**

Ainda, Dias e Pizzolato (2004), alertam sobre a necessidade de implementação de filtros nos ramais elétricos de entrada da residência. Desta forma, evitam-se a saída e entrada dos sinais gerados por dispositivos X-10 de terceiros.

### **2.1.3.2 CEBus (Consumer Eletronic Bus)**

*“O CEBus é um protocolo de comunicação ponto-a-ponto de mensagens de controle relativamente curtas sobre os meios de comunicação disponíveis em uma casa.”* (WEBB, 1999 apud ROSÁRIO, 2009).

Após inúmeras mudanças e revisões, constituiu-se a norma EIA-600, que especifica o protocolo para a comunicação de aparelhos através das linhas de energia, par trançado de baixa tensão, cabo coaxial, infravermelho, RF e fibra ótica. (TEZA, 2002).

O padrão CEBus consiste na difusão de espectro modulado na linha de força. Com a difusão de espectro, pode-se

variar a frequência de modulação, normalmente os pulsos começam em 100kHz e sobem até 400kHz em cerca de 100 $\mu$ s. Onde o dígito 1 corresponde a 100 $\mu$ s em nível lógico alto e o dígito 0 a 200 $\mu$ s em nível lógico alto. Chegando a uma taxa de transmissão média de 7500bps (TEZA, 2002).

Como se verifica na Figura 4 (TEZA, 2002), este sistema não possui um dispositivo centralizador, cada equipamento possui controle independente. E devido ao fato de cada mensagem dispor do endereço de remetente e destinatário, possibilita-se controle em cadeia fechada.

A comunicação dos dispositivos que estão conectados por mídias diferentes, é feita por roteadores que podem estar intrínsecos aos dispositivos (BARROS, 2010).

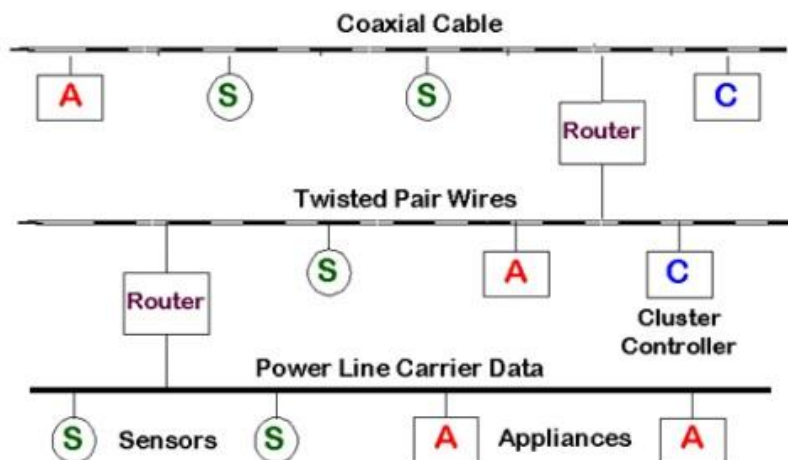


Figura 4 - Instalação CEBus

Projetos CEBus apresentam relação custo-benefício satisfatória, porém, dependendo do nível de exigência do proprietário, haverá a necessidade de reformas para passagem de fios e eletrodutos (ROSÁRIO, 2009).



### **2.1.3.3 LON (*Local Operating Network*)**

O sistema LON, não é um produto final, e sim apenas uma tecnologia. “*Trata-se de uma solução completa para redes de controle distribuído*” (ROSÁRIO, 2009, p.446).

Para isso, a rede contém diversos nós que se comunicam a partir de um protocolo comum. Cada um desses nós possui inteligência embutida e pode desempenhar funções de controle. Além de possuir uma interface de transceptor com o meio físico, que deixa diretamente conectado o controlador deste nó com o meio de comunicação (BARROS, 2010).

Assim como os CEBus, com o auxílio de um roteador na arquitetura LON, podem ser instalados uma grande variedade de meios de comunicação para um mesmo sistema, dependendo deste meio, pode chegar a transmitir dados até 1.25Mbps (TEZA, 2002).

Desta forma, uma rede Lon Works permite ao utilizador monitorizar, diagnosticar, controlar e gerir, 24 horas por dia todos os dispositivos existentes (BARROS, 2010).

### **2.1.3.4 EIB (*European Installation Bus*)**

O EIB entrou no mercado Europeu para diminuir as importações das tecnologias americanas e reduzir o número de curto circuito que ocorriam com frequência nos sistemas que possuíam excesso de fios nos eletrodutos (ROSÁRIO, 2009). Este sistema consiste de um meio físico de comunicação chamado de BUS, geralmente um par trançado de fios, que interligam-se a 64 dispositivos já microcontrolados que se comunicam diretamente entre si (TEZA, 2002).

Segundo Dias e Pizzolato (2004), Cada BUS possui capacidade para até 12 linhas de dados e admite 15 áreas de acoplamento, podendo controlar até 11520 dispositivos. E “*Isso explica sua viabilidade, tanto para uma residência de pequeno porte quanto para uma grande edificação.*” (DIAS e PIZZOLATO, 2004, p.25).

Já segundo Goossens (1998, apud ROSÁRIO, 2009), “*Sem contar com os endereços reservados para os acopladores*

de linhas, podem ser ligados a uma rede EIB 61455 dispositivos terminais”.

No Brasil, a Siemens comercializa o sistema *Instabus* que possui tecnologia EIB e é direcionado ao mercado de automação residencial.

### 2.1.3.5 Zigbee

Segundo PINHEIRO (2006 apud SILVA, 2006), “o Zigbee é um protocolo para HAN”. Este protocolo visa à automação residencial, apresenta um baixo custo de implementação, baixo consumo energético, topologia de rede variável e velocidade compatível com sua aplicação (SILVA, 2006).

Com transmissão sem fio via *Wi-Fi*, tem uma distância de comunicação razoável, de até 75 metros, variando conforme o ambiente e a potência de saída do dispositivo. Normalmente conectam-se a até 255 dispositivos (DIAS e PIZZOLATO, 2004), porém é possível implementar topologias de rede que aumentariam o número para até 65000 unidades na mesma rede (NICHELE, 2010). Essas redes consistem basicamente de um dispositivo coordenador, roteadores e dispositivos finais, conforme mostra Figura 5 (RAMOS e SANTOS, 2015).

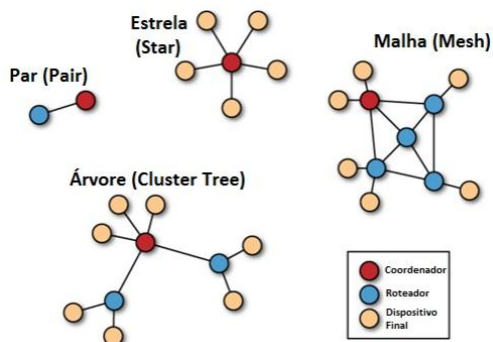


Figura 5 - Topologia de rede Zigbee

### 2.1.3.6 Z-Wave

Para Bolzani (2004, apud SILVA, 2006, p.62), “*a tecnologia Z-Wave constitui um sistema inteiramente sem fio que opera a 908,4 MHz, tecnologia digital que oferece controle e monitoramento de residências ou escritórios pela internet*”.

O sistema funciona de modo a ter o controle descentralizado, onde cada equipamento possui uma placa Z-Wave e este transmite as informações ponto a ponto via *Wi-Fi*, até que chegue a seu destinatário (NICHELE, 2010). Cada interruptor, tomada ou sensor, funciona de maneira análoga a repetidores de sinal (BOLZANI, 2004). Desta forma, obtém-se um maior alcance da mensagem (NICHELE, 2010). Segundo Penachim Neto (2009), esta forma de transmissão chama-se roteamento dinâmico e assegura uma escalabilidade virtualmente ilimitada em relação ao alcance do sinal.

Então, torna-se uma alternativa interessante tanto para instalações residenciais novas, quanto para reformas. Pois não exige passagem de novos eletrodutos. Porém, não possui largura de banda necessária para transmissão de áudio e vídeo (NICHELE, 2010).

## **2.2 Instalações elétricas**

Foi realizado um estudo a cerca deste tema para que todo o sistema possa ser elaborado o mais próximo possível de um sistema real.

Segundo Bolzani (2004), o projeto ideal deve ser feito de modo que o usuário seja atendido de forma satisfatória. Dependendo do nível de automação é possível obter economias que justificam seu investimento inicial e evitam prejuízos e aborrecimentos.

Segundo Teza (2002), o relacionamento entre construtor, instalador e proprietário é primordial para se obter uma instalação ideal. Mesmo em casos onde não se tem contato direto com a pessoa que morará na residência inteligente, o ideal é que se tenha ao menos uma instalação genérica previamente planejada. Estas instalações genéricas podem suprir a necessidade do proprietário quando é realizado um estudo do potencial habitante e do seu estilo de vida.

Visando a instalação a ser realizada, verificam-se os critérios estipulados e planeja-se o sistema. Esse que deve obedecer ao que é estipulado pela NBR 5410, pois:

*Esta norma estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens. (NBR 5410, 2004).*

E este projeto de automação residencial esta de acordo com o item 1.2.2 da NBR 5410 (2004), que normatiza os “circuitos elétricos alimentados sob tensão nominal igual ou inferior a 1000V em corrente alternada, com frequências inferiores a 400Hz, ou a 1500V em corrente contínua.”

Como este projeto, prevê a utilização de condutores para transmissão de corrente dos circuitos de força e como meio de comunicação entre central, sensores e atuadores. Eles devem estar de acordo com os seguintes itens:

- a) Uso diferenciado de cores para os condutores de fase, neutro e proteção;
- b) Devem possuir no mínimo isolamento EPR, XLPE ou PVC, que atendem respectivamente as NBR 7286, 7287 e 7288;
- c) Devem ser dimensionados de acordo com os métodos da seção transversal mínima. De acordo com item 6.2.6 da NBR 5410 (2004), os condutores dos circuitos de força devem possuir seção mínima de 2,5mm<sup>2</sup> e os circuitos de iluminação devem ser de, no mínimo, 1,5mm<sup>2</sup>;
- d) Estar de acordo com o critério de dimensionamento pela máxima condução de corrente, com a correção dos fatores de agrupamento e de temperatura, conforme item 6.2.5 da NBR 5410;
- e) Condizente com o critério de máxima queda de tensão, item 6.2.7.c) da NBR 5410, que afirma a queda deva ser de: “5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição”.

- f) Devem possuir proteção contra sobrecarga, conforme item 5.3.4 e 6.3.4.2 (NBR 5410, 2004);
- g) Proteção contra curtos-circuito e solicitações térmicas de acordo com os itens 5.3.5 e 6.3.4.3 da NBR 5410.

Normalmente, são instalados em residências eletrodutos corrugados em alvenaria e a NBR 5410, item 6.2.11.1 (2004) estipula que:

- a) Somente sejam usados como eletroduto, produtos que são comercializados como tal;
- b) Não podem propagar o fogo;
- c) Devem suportar as alterações características das técnicas de construção;
- d) Só deve estar inserido condutor isolado, cabo unipolar ou multipolar;
- e) A taxa de ocupação não deve ultrapassar 53% no caso de um condutor, 31% no caso de dois condutores e 40% quando há três ou mais condutores;

Para dimensionamento dos quadros e seus componentes, a NBR 5410 prevê:

- a) Que sejam calculados suas respectivas demandas e aplicado o fator de demanda. Para residências esta norma determina que sejam considerados 100% para os primeiros 10kW, 35% para os próximos 110kW e 25% para o que exceder de 120kW.
- b) A tabela 59 (Quadro 1) desta norma determina que existam espaços reserva para futura instalação de outros circuitos. Esses espaços são calculados em função da quantidade de circuitos já disponíveis.

**Quadro 1 - Cálculo de circuito reserva.**

Quantidade de Circuitos disponíveis (N)	Espaço mínimo disponível para reserva
Até 6	2
7 a 12	3
13 a 30	4
N > 30	0,15 N

- c) Os barramentos principal e secundário devem ser dimensionados seguindo o critério da máxima corrente consumida pelo quadro incluindo os reservas;
- d) Devem ser utilizados também Dispositivo de Proteção contra surtos (DPS) para proteção dos materiais de acordo com o item 6.3.5;
- e) Utilização de Dispositivos Residuais (DR) que atuam como proteção a choques elétricos de acordo com o item 9.2.4.3.

## 2.3 Controlador

Na automação, seja ela industrial ou residencial, é necessária a utilização de uma central dedicada sempre que os sensores não possuem comunicação que os tornem independentes. Ela conecta os transdutores e atuadores de forma pertinente, gerencia os serviços e sistema de uma residência e possibilita o comando remoto. Quando um dispositivo desempenha essas funções é denominado “dispositivo inteligente”. Esse dispositivo deve possuir entradas e saídas de dados para comunicar com os sensores e atuadores. Com isso é possível poupar tempo do usuário, economizar energia, dinheiro e aumentar o conforto. (BOLZANI, 2004).

Quando a central integra com os dispositivos é possível obter o ganho máximo de conforto e desempenho ao usuário. O ponto chave é que a central deve possuir os mesmos padrões de comunicação que os *hardwares* e *softwares*. Com isso evitam-se falhas no sistema. (ROSÁRIO, 2009).

Na definição de um *hardware* de controle é necessário conhecer as saídas mais comuns de dados dos transmissores. Elas podem ser em sinal analógico, digital e binário. (ROSÁRIO, 2005). Transmissores com saída analógica normalmente possuem sinal em corrente de 4mA a 20mA ou 0 a 20mA. Essa saída pode ser adaptada a um resistor padrão de 250 Ohms em série com a saída, com isso obtém valores de resposta de 1V a 5V. Sistemas mais modernos utilizam protocolos de comunicação para o envio de sinal digital. (BEGA et al, 2006).

No mercado é possível encontrar diversos controladores que possuem entradas e saídas de dados analógicos e digitais.

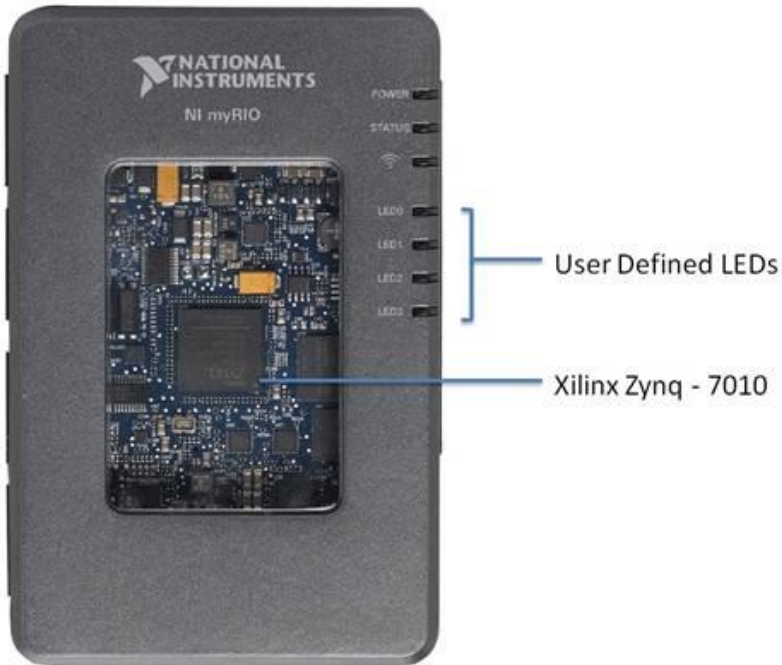
Um popular é o projeto de fonte aberta Arduino, que é um conjunto de *hardware* com *software* compatível. O *hardware* é encontrado em diversos formatos e tamanhos, mas normalmente é composto por entradas e saídas, digitais ou analógicas, conectores de alimentação e comunicação conforme a Figura 6 (ARDUINO, 2016).



**Figura 6 - Modelo de Arduino na versão UNO**

Esse *hardware* possui módulos para sensores e atuadores vendidos separadamente, mas embora não necessite investimento elevado possui limitações. É uma solução ideal para hobby e pequenas aplicações. (MCROBERTS, 2011). Outros dispositivos que são conhecidos por possuir *hardware* mais potente são o *Raspberry Pi*, *Beagleboard* e *cubieboard* que normalmente rodam o sistema operacional Linux e o *myRIO* que utiliza a plataforma *Labview*. O *Raspberry Pi* e o *Beagleboard* embora sejam projetos diferentes possuem muitas similaridades. Podem rodar em sistema operacional Linux, são encontrados em versões diferenciadas, possuem portas digitais, conector *ethernet* e entrada SD (COSTA; MERINO; PEREIRA, 2013). O *myRIO* é um dispositivo com FPGA que permite processamento rápidos. Além de entradas e saídas, digitais e analógicas, possui *Wi-Fi*, acelerômetro interno, botão programável e pode ser programado

em linguagem *Labview* ou *C/C++*. Tem estética agradável e protegida, conforme modelo da Figura 7 (NATIONAL INSTRUMENTS, [2016?]).



**Figura 7 - Modelo *National Instruments myRIO***

Nos mercados norte americano e europeu é possível encontrar em residências alguns *hardwares* como o controlador lógico programável (CLP), IHC (*Intelligent Home Control*), Neuron, entre outros (GUNDIM, 2007).

Na escolha do *hardware* foram levados em conta os pré-requisitos do projeto bem como a disponibilidade de dispositivos disponíveis no Instituto Federal de Santa Catarina. Em função disso foi escolhido o *myRIO* como controlador.



## 2.4 Software de controle

Diferente dos sistemas industriais, máquinas e equipamentos antigos, na automação residencial a interação entre dispositivo e usuário é frequente.

A interface homem-máquina de um sistema domótico deve ser feita com *software* que pode ser controlado e alterado pelo usuário sem que seja necessário acessar sistemas complexos. O programa deve ser composto por diversos algoritmos simultâneos com o objetivo de encontrar uma estratégia para o melhor desempenho dos equipamentos. Um exemplo de desempenho pode ser exemplificado ao utilizar os sensores de temperatura de um ambiente como sensores auxiliares do sistema de incêndio. (BOLZANI, 2004).

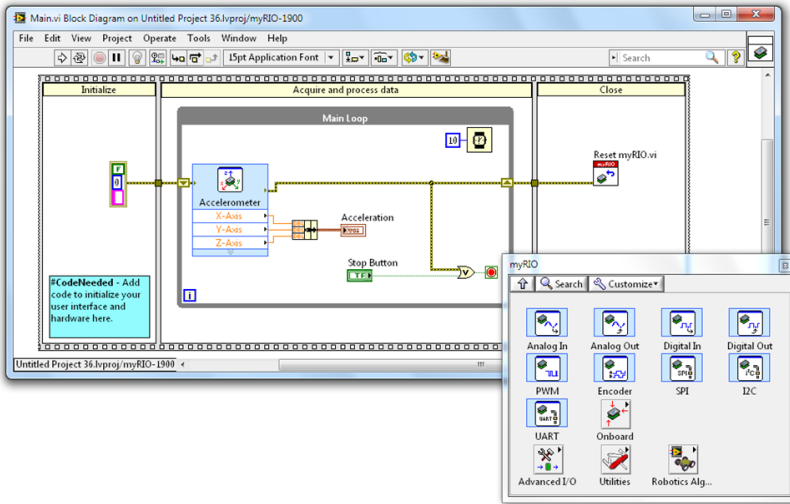
Devido a expansão da internet e o aumento na procura por sistemas que facilitem a vida do usuário houve um crescimento no desenvolvimento dos sistemas. O investimento no desenvolvimento de *softwares* e protocolos busca a garantia da comunicação perfeita entre *hardware* e *software*. Uma forma de fazer essa interface entre sensores e atuadores é a utilização da programação *ladder* com o auxílio de *softwares* supervisórios (ROSÁRIO, 2009).

Na programação do Arduino é utilizado o Arduino IDE que é um *software* baseado em C. Em função de ser utilizado em projetos *hobby* é possível encontrar grande quantidade de projetos prontos para diversas funções ou sensores (MCROBERTS, 2011).

Na programação do *Raspberry* é utilizada a linguagem de programação *Python* junto a bibliotecas disponíveis para sensores e atuadores (PEREIRA, 2014; BERGMANN, 2013).

O *myRIO* é utiliza a linguagem *Labview* ou em C. (National, 2013b). O *Labview* é o um software criado pela *National Instruments*, que consegue fazer interface com diversos *hardwares* de fabricantes diferentes. Sua aplicação é diversificada, mas possui ênfase para cientistas e engenheiros. O *Labview* é considerado um instrumento virtual que possibilita adquirir, tratar e salvar dados, além de gerar relatórios de sinais diversos com velocidade e qualidade. Sua linguagem é composta por blocos, o que facilita e torna intuitivo o entendimento do programa, além de possuir ferramentas que ajudam a identificar

possíveis erros de programação conforme a Figura 8 (JOHNSON; JENNINGS, 2006).



**Figura 8 - Imagem do ambiente de programação Labview**

Em virtude da definição de uso do *myRIO*, foi será utilizado como *software* o *Labview* para este projeto.

## 2.5 Transdutor

Para aquisição de fenômenos físicos é necessário medir uma forma de energia e relacioná-la a outra de forma que essa relação seja conhecida. O transdutor é o sistema que faz essa transformação possibilitando a aquisição dos dados na forma de energia desejada. (WERNECK, 1996; ALBERTAZZI; SOUSA, 2008). Os sensores mais utilizados na indústria são os de proximidade, de posição, velocidade, de força, pressão, de temperatura e de vibração e aceleração. (ROSÁRIO, 2005).

A escolha dos transdutores deve ser feita com cautela em função de cada um atender a situações específicas. Dependendo dos fenômenos físicos amostrados é possível facilitar a manutenção dos ambientes e efetuar as ações corretivas necessárias (BOLZANI, 2004). Essas ações são tomadas em

relação aos dados obtidos que são comparados com a referência. Muitos processos utilizam esses parâmetros para alterar sistemas sem necessitar de intervenção do operador (BEGA et al, 2006). Outros cuidados além da grandeza a ser medida são estipular as informações de linearidade, faixa de atuação, exatidão, resolução, repetibilidade e sensibilidade. Essas informações garantem a margem de segurança, confiabilidade e a fidelidade das respostas do dispositivo de acordo com seu escopo. Quanto a definição da proteção necessária para ambiente na qual ele estará envolvido, é necessário escolher o IP (*Internacional Protection*) adequado (ROSÁRIO, 2005).

Transdutores modernos possuem sistema micro processados que processam os dados obtidos. “O *micro processador executa as funções de linearização, acerto da faixa, filtragem, diagnóstico e conversão de unidades, além de supervisionar a comunicação*” (BEGA et al, 2006, p. 309).

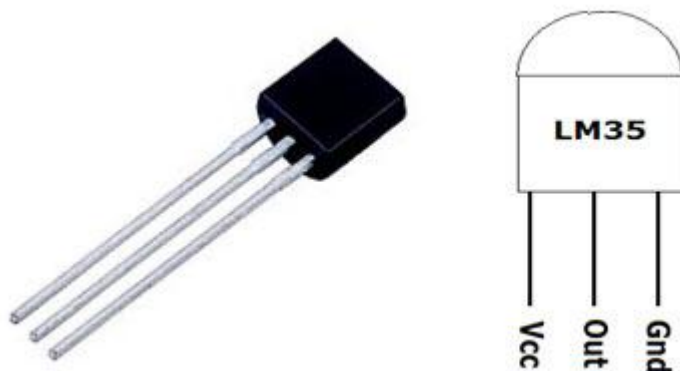
### **2.5.1 Transdutor para temperatura**

A alteração da temperatura está relacionada ao conforto do usuário e afeta diretamente as reações físico-químicas da natureza e o meio ambiente. Devido sua importância é possível medir a temperatura de diferentes formas (WERNECK, 1996).

Essa grandeza é considerada uma das mais importantes, pois com os dados dela obtidos, é possível executar várias ações de controle e proteção de sistemas e ambientes. Para definição de um sistema de medição eficiente é necessário definir as faixas de medição, precisão desejada, repetibilidade, proteção do sistema e tempo de resposta (BEGA et al., 2006). Com o dimensionamento definido é possível criar uma lógica robusta que utiliza a energia elétrica de forma racional e proporciona maior conforto ao usuário (ROSÁRIO, 2009).

No mercado existem diversos tipos de sensores robustos na medição de temperatura, pois grande parte das aplicações é industrial (BEGA et al., 2006). Na linha de projetos residenciais é possível encontrar sensores eletrônicos como o circuito integrado DHT11 que mede a temperatura e umidade relativa do ambiente (HONDA; TOMA, 2013), o circuito integrado BMP180 que mede

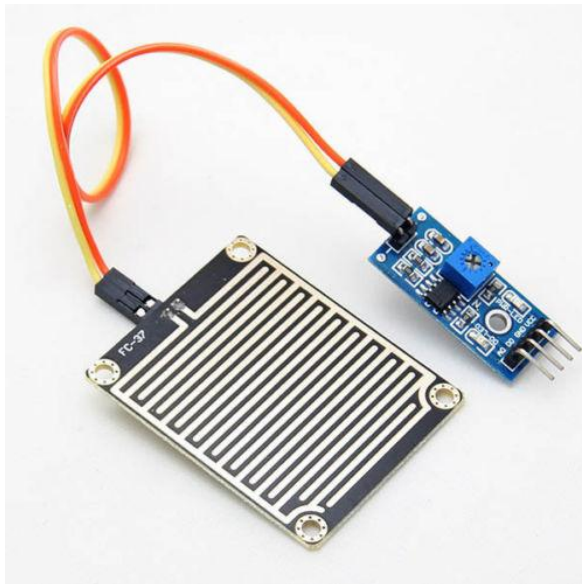
temperatura e pressão (SUBAIR; ABRAHAM, 2014) e o transmissor LM35 que mede apenas temperatura conforme a Figura 9 (MENEZES, 2013; CIRCUITDIGEST, 2016).



**Figura 9 - Transmissor de temperatura LM35**

## **2.5.2 Transdutor de chuva**

Para identificar o início da chuva são encontrados diversos tipos de transdutores no mercado e são classificados de acordo com seus princípios de funcionamento (SANTANA; GUIMARÃES; SILVA, 2010). O transdutor mais comum que possui aplicação na verificação do início de precipitação da água é o sensor resistivo (ESCHNER, 2011). A detecção do fenômeno por esse transdutor ocorre com efeito similar a um capacitor, sendo dois condutores separados pelo ar. Em situação sem chuva, o ar funciona como dielétrico e em situação de chuva a água entra em contato com os dois condutores possibilitando a passagem de corrente entre eles conforme a Figura 10 (MATOS, 2009; ACLINFO, [2016?]).



**Figura 10 - Sensor de chuva**

Outra maneira para identificar o início da chuva é a utilização de transdutores para leitura da umidade e temperatura do ambiente. Mesmo que os valores e a amplitude do sinal sejam diferenciados de acordo com cada região, o comportamento quando inicia a precipitação é semelhante. No período diurno são frequentemente encontradas temperaturas elevadas com umidade reduzida e no período noturno ocorrem temperaturas reduzidas com umidade elevada. Quando se inicia a chuva ocorrem variações significativas no aumento da umidade e na redução da temperatura. (OLIVEIRA; SILVA; FONTANA, 2013).

Para efetuar a mesma identificação sem que haja o contato direto com o ambiente é possível utilizar sensores ópticos de infravermelho. Esses ficam dentro de recipientes de vidro que alteram o índice de refração quando está com água (SUN et al, [2010?]; GUIMARÃES, 2007). Outra maneira de usar esse conceito é utilizando sensores de imagem, analisando de dois pontos a diferença entre as imagens externas (HOCHSTEIN, 2003).

Quando é necessário monitorar em áreas maiores é possível utilizar imagens obtidas por satélites. Um exemplo sensor MODIS do satélite Terra que possui capacidade de obter

diversas informações. Com a análise dessas é possível identificar momentos de precipitação (ANDERSON et al, 2004).

### 2.5.3 Transdutor de luminosidade

O controle de intensidade luminosa é um detalhe que possui grande importância em uma automação residencial. Sua aplicação pode ser usada desde a acentuação de detalhes arquitetônicos do local, como no controle de intensidade luminosa em ambientes que possuem acesso a luz natural. No controle da iluminação é possível obter economia de 30% a 50% no consumo. Existem as possibilidades de outras aplicações como o de controle temporizado e de controle da iluminação na ausência de pessoas no ambiente (BOLZANI, 2004). Para controle de pessoas é possível utilizar os sensores de presença ultrassônicos ou infravermelhos. Quando é feita a análise do controle da lâmpada é necessário avaliar o funcionamento da mesma (ROSÁRIO, 2009).

Para o controle da quantidade de luz incidente é possível utilizar o LDR, que é um sensor que varia a resistência de acordo com a intensidade luminosa conforme a Figura 11 (HONDA; TOMA, 2013; FUTUREELECTRONICS, [2016?]).

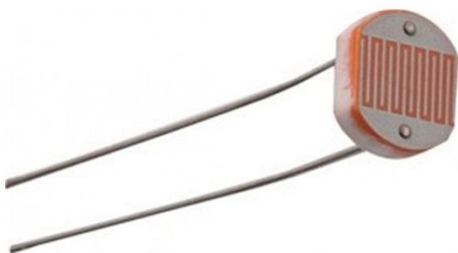


Figura 11 - Sensor LDR

## 2.5.4 Transdutor de Consumo Elétrico

A aquisição de dados de consumo de energia elétrica pode gerar redução no consumo se os dados forem aplicados a um sistema de gerenciamento de energia. Com as informações obtidas é possível controlar os sistemas para utilização em horários na qual o consumo é menor ou ajustar a utilização da iluminação natural em certos horários (BOLZANI, 2004).

Levando em conta a necessidade de medir o consumo e garantir que não possua riscos ao operador ou a outros dispositivos é interessante o uso do transformador de corrente conforme a Figura 12 (FONTES, 2013).



**Figura 12 - Transformador de corrente**

Também é possível utilizar circuitos em série que efetuam a medição do consumo por efeito hall como o ACS712. (ALLEGRO, [2016?]). Além dos sensores específicos é possível adaptar as saídas dos sensores de medição de wattímetros para aquisitá-los por controladores (TAKAHASHI; VIZCAINO, 2016).

## 2.6 Aplicativo

Na aquisição de sensores em tempo real se faz necessário o uso de uma plataforma de comunicação eficiente e rápida. Diversas formas de comunicação podem ser feitas entre a central e a interface. Por *bluetooth* é possível utilizar dispositivos externos de comunicação (OLIVEIRA, 2014; ALVAREZ; ANTUNES, 2015). Com módulos *ethernet* é possível criar um servidor na *intranet* ou *internet*, possibilitando ao usuário definir qual o limite de controle (BEGHINI, 2013). Com o *Wi-Fi* é possível criar uma rede local que não necessite de fios para executar a troca de dados (NOGUEIRA et al, 2013).

Para o aplicativo é possível utilizar plataformas de criação ou aplicativos existentes que se adequam a necessidades específicas. Um modelo de plataforma no sistema *Android* é o *App Inventor* que usa blocos lógicos para criar a programação do aplicativo (OLIVEIRA, 2014). Com isso facilita-se a criação por usuários sem experiência em *Java*, que é uma base para aplicativos *Android* (BEGHINI, 2013). Para o uso da linguagem *Java* é possível utilizar a plataforma de desenvolvimento eclipse (Alves, 2014) e o *Android Studio* (ANDROID, 2016). Em plataforma de multilinguagens de programação é possível utilizar o *Xamarin*, *Phonegap* e o *Appcelerator Titanium* (Zão, 2015). Entre os aplicativos prontos é viável a utilização do *Androidclient* (BERGMANN, 2013) ou o *Data Dashboard* da *National Instruments*. O *Dashboard* possui suporte para smartphones e *tablet's*, ele permite personalizar o *layout* da página com controles, indicadores e diversos recursos gráficos que comunicam com *software* em *Labview* conforme a Figura 13 (NATIONAL INSTRUMENTS, 2013a).

Além das possibilidades dos aplicativos é possível criar páginas em HTML para que os dispositivos possam acessar as informações dos sensores (BEGHINI, 2013; CAMPOS, 2014), e com o auxílio da programação em PHP acionar os atuadores de forma similar ao aplicativo (ALVAREZ; ANTUNES, 2015).





**Figura 13 - Exemplo de *layout* do *Data Dashboard***

Pode-se também utilizar a linguagem *Java* para fazer um servidor que realiza a interface entre as respostas dos dispositivos que ficam em um banco de dados que é acessado pelo smartphone (FEITOSA et al, 2010).

Em função da definição do *myRIO* como *hardware* de controle e na definição do *Labview* como linguagem de programação foi definido o uso do *Data Dashboard* como aplicativo do sistema de automação.

### 3 METODOLOGIA

Seguindo uma metodologia similar a do desenvolvimento de produtos foram definidas etapas. Essas buscam analisar quais são as propostas existentes e escolher a que melhor se enquadra ao escopo do projeto.

#### 3.1 *Brainstorm*

Para identificar as possibilidades de dispositivos eletrônicos a serem utilizados na automação foi feito um *brainstorm*. Essas tinham como limitação os objetivos da automação proposta que foram separados por controle ou sensoriamento de temperatura, iluminação, alimentação, janelas e chuva. O resultado obtido pode ser analisado conforme o Quadro 2.

**Quadro 2 - Brainstorm dos dispositivos.**

Temperatura	Iluminação	Alimentação	Abertura de janelas	Chuva
Termopar	Ldr	Relé	servomotor	sensor resistivo
dht11	placa solar	relé de estado sólido	motor de passo	sensor de umidade
bmp180	sensor infravermelho	Contactora	motor cc	sensor de pressão atm
bmp85		Triac	motor ac	sensor infravermelho
Resistivo			acionamento pneumático	sensor de carga
lm35				
câmera termográfica				
infravermelho				

### 3.2 Definição dos dispositivos

Após a identificação das possibilidades, foram feitas as eliminações dos recursos que não atendessem aos critérios de custo, operação e acessibilidade. A pontuação foi definida de 0 a 2 sendo 0 inviável e 2 atende perfeitamente. Na definição do custo foi utilizado como referência o valor dos outros sensores do mesmo fenômeno. Na definição de operação foram utilizados critérios como referência a necessidade de aferição, tipo de comunicação, e a forma de ligação com a central. Na definição de acessibilidade foi identificado se possuía fornecedores no Brasil e se possuíam o dispositivo compatível. Os valores obtidos foram inseridos na fórmula “custo\*(operação+acessibilidade)”. O resultado com as análises é demonstrado no Quadro 3.

**Quadro 3 - Seleção de dispositivos**

Dispositivo	Custo	Operação	Acessibilidade	Pontuação
Termopar	1	1	1	2
dht11	2	1	2	6
bmp180	2	1	2	6
bmp85	2	1	1	4
Resistivo	2	1	1	4
lm35	2	2	2	8
Ldr	2	2	2	8
câmera termográfica	0	0	0	0
Infravermelho	0	0	0	0
placa solar	1	1	0	1
sensor infravermelho	2	0	1	2
relé	2	2	2	8
relé de estado sólido	0	2	1	0
contactora	0	1	1	0
Triac	2	1	1	4
servomotor	2	2	2	8
motor de passo	1	2	1	3
motor cc	0	1	1	0
motor ac	0	1	1	0
acionamento pneumático	0	1	1	0
sensor resistivo	2	2	2	8
sensor de umidade	2	1	2	6
sensor de pressão atm	2	1	2	6
sensor infravermelho	2	0	1	2
sensor de carga	0	1	1	0

A partir da pontuação foram escolhidos os sensores adequados a automação conforme os destaques em azul no Quadro 3.

### **3.3 Análise dos transdutores**

Para verificar se o funcionamento dos equipamentos e os resultados são coerentes, foi adquirida uma unidade de cada sensor selecionado. Para aquisição do sinal foram utilizados um módulo NI-6009, Arduino Uno, multímetro e o *myRIO* para executar alguns testes. Os valores foram tratados e analisados com o *software Labview*.

#### **3.3.1 Transdutor de corrente**

No teste do transformador de corrente foi necessário utilizar um equipamento como referência de valores para comparação entre os dados. Esse teste foi composto de uma carga que era mensurada por um wattímetro Yokogawa WT230 e pelo transformador conforme a Figura 14 e Figura 15.

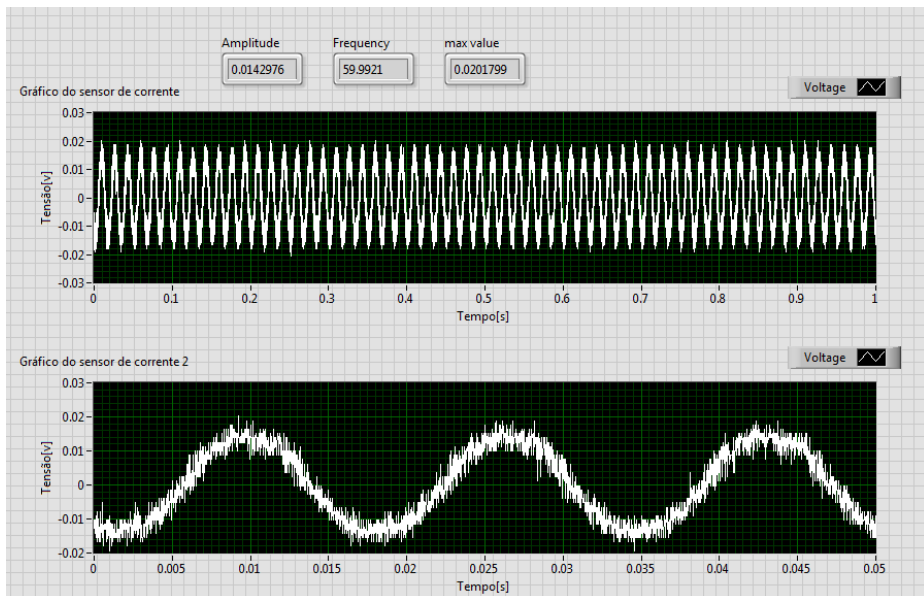
Os dados do transformador foram adquiridos e tratados buscando uma análise superficial do erro do transdutor conforme a Figura 16, que mostra os dados adquiridos e um intervalo ampliado.



Figura 14 - Comparação dos resultados com Wattímetro.

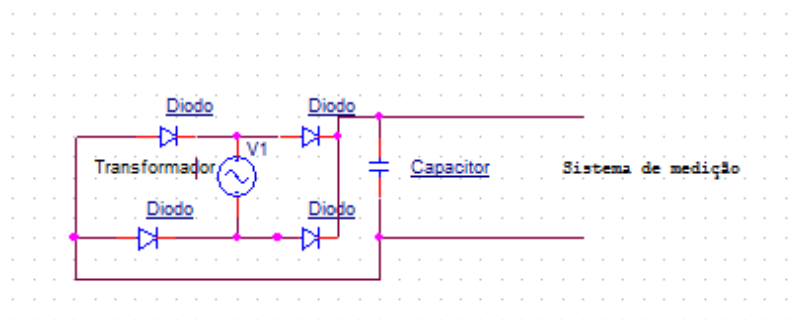


Figura 15 - Posicionamento do sensor na entrada da rede



**Figura 16 - Resultados do transformador de corrente**

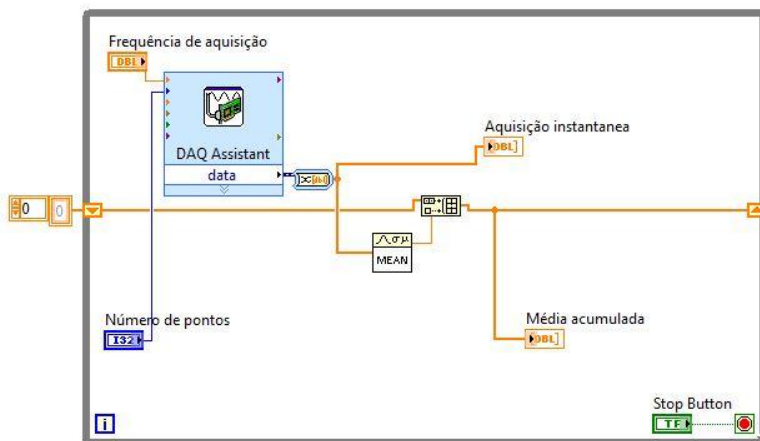
Com os resultados foi possível identificar que as informações do sensor são em formato alterado. Devido ao *myRIO* possuir entradas de sinais analógicos escalares, foi necessário adaptar o sensor com um circuito que tivesse saída de tensão em corrente contínua conforme o plano da Figura 17.



**Figura 17 - Circuito para o transdutor de corrente**

Como desconhecíamos o efeito da alteração foram adquiridos novos dados de duas cargas diferentes. A medição foi

feita com uma lâmpada e com um ventilador adquirindo dois mil pontos a 2kHz conforme a Figura 18.

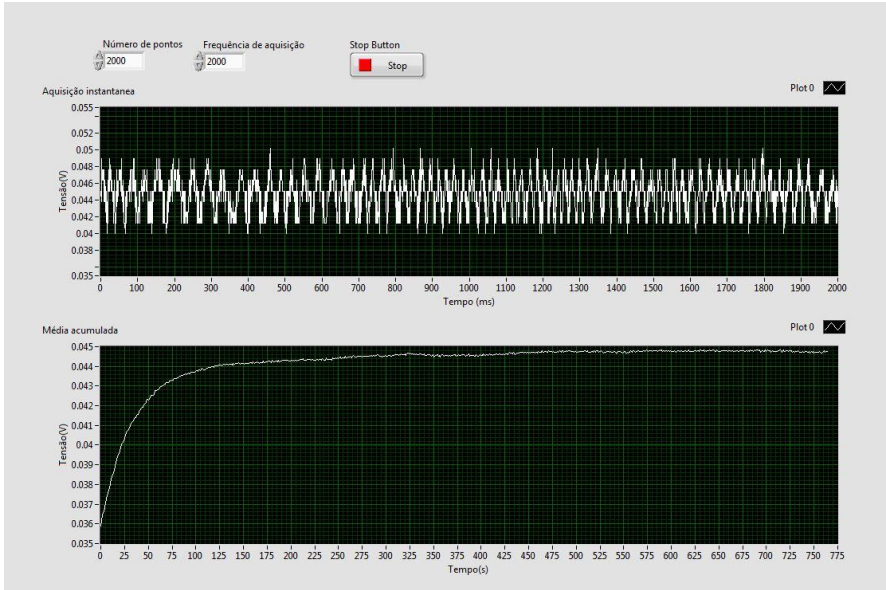


**Figura 18 - Programação para aquisição dos dados**

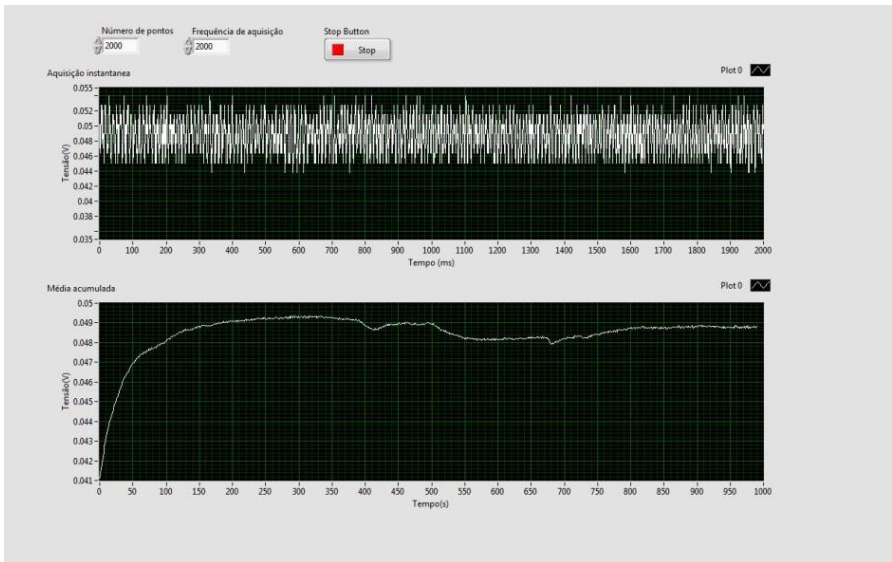
Com os pontos adquiridos geraram-se médias, que foram plotadas em um gráfico. Com esses dados foi possível identificar um comportamento estável no final do sinal conforme apresentado na Figura 19 e Figura 20.

Na faixa de aquisição da Figura 19 e Figura 20, para o tempo de setecentos e oitocentos segundos, respectivamente, foram identificados comportamento estável nos sinais. Esse permite utilizar seu valor médio e comparar com os valores obtidos pelo wattímetro conforme a Figura 21 e Figura 22 desde que seja respeitado o tempo para estabilização.

Com os valores das médias e do consumo apontado pelo wattímetro, foi gerada uma curva de calibração. É conhecido que o wattímetro não possui calibração, mas devido à disponibilidade do equipamento e a estabilidade garantida pelo fabricante, ele foi utilizado como referência nos testes para minimizar o erro sistemático do sistema.



**Figura 19 - Primeiro teste com carga conhecida**



**Figura 20 - Segundo teste com carga conhecida**





Figura 21 - Medição da lâmpada com o wattímetro



Figura 22 - Medição do ventilador com o wattímetro

Analisando as médias dos sinais estáveis da Figura 19 e Figura 20 obtemos os valores do transformador de 0.0488V para lâmpada e de 0.0448V para o ventilador. Gerando uma função linear obtem-se a compensação da Figura 23.

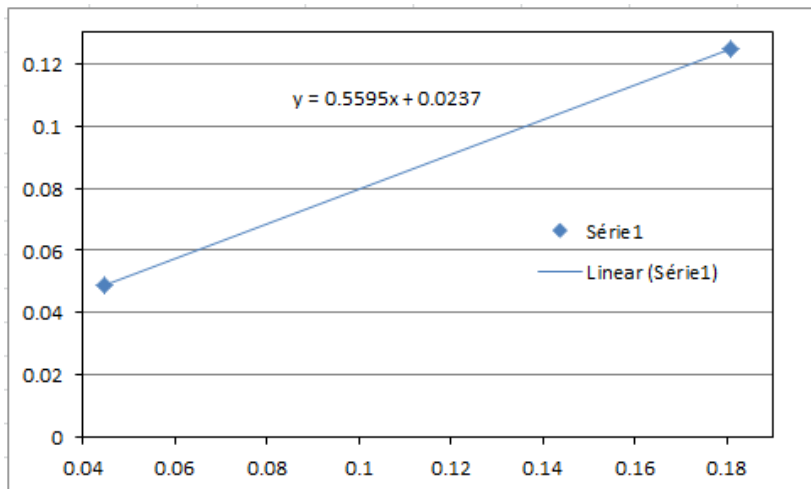


Figura 23 - Curva de calibração do transdutor de corrente

### 3.3.2 Transdutor de luminosidade

No teste do sensor LDR, conforme a Figura 24 foi colocado o sensor dentro de um recipiente opaco e retirado no tempo de 5 segundos. O resultado obtido foi de uma variação proporcional à intensidade luminosa que o sensor está sujeito, conforme a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**



Figura 24 - Teste com o LDR

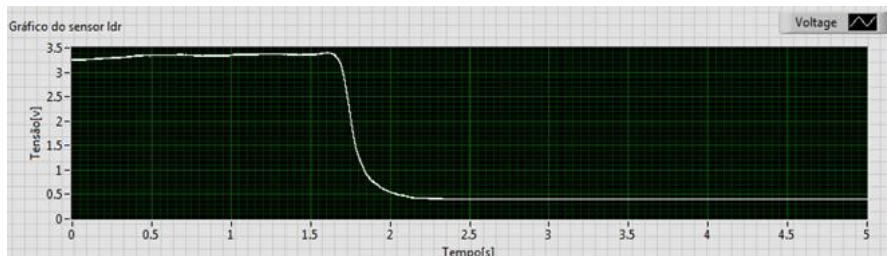


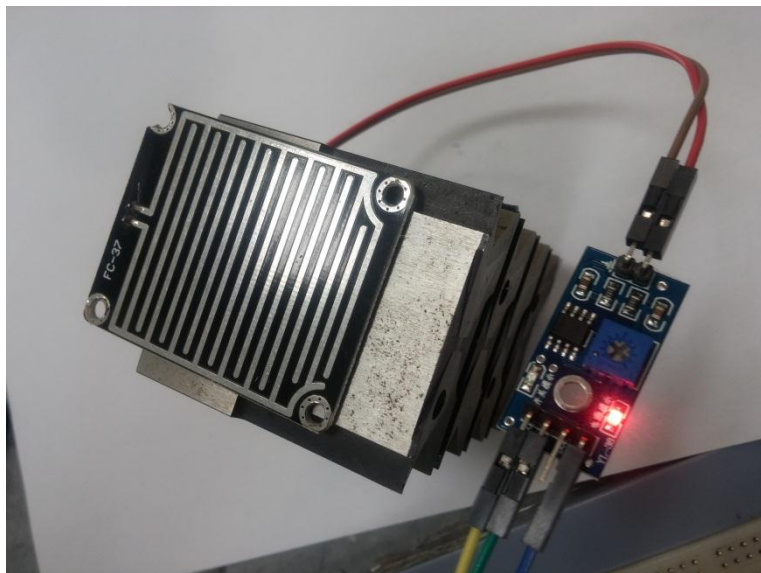
Figura 25 -Resultados dos testes com o sensor LDR em 5 segundos.

Após esse teste foi possível identificar que o sensor é adequado à aplicação e o tempo de resposta é aceitável. Com isso é uma ótima alternativa para identificar a intensidade luminosa do local e a partir disso definir ações.

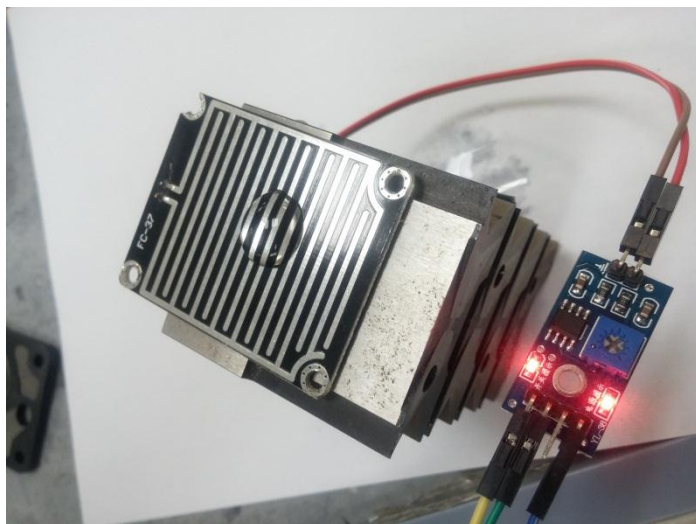
### 3.3.3 Transdutor de chuva

No teste do transdutor de chuva foi adquirido o sinal durante o sensor resistivo sem nenhum líquido e com a adição de uma quantidade de água, conforme a Figura 26 e Figura 27.

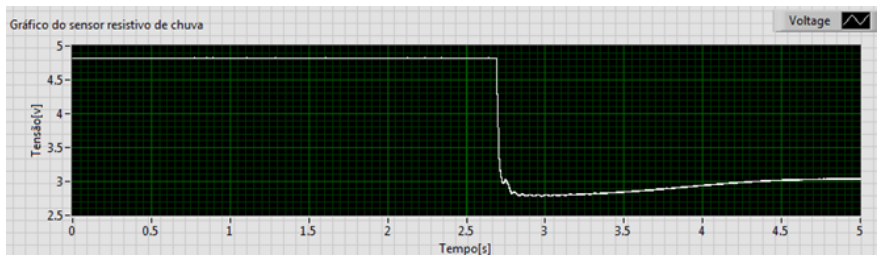
O resultado obtido foi de grande variação na tensão de saída no sinal conforme a **Erro! Fonte de referência não encontrada..**



**Figura 26 - Sensor de chuva seco**



**Figura 27 - Sensor de chuva com água**



**Figura 28 - Resultado com transdutor de chuva.**

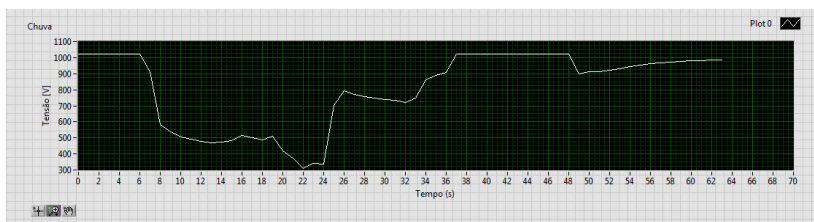
Essa grande diferença possibilita nivelar qual a intensidade da chuva, pois a área do sensor molhada é proporcional à tensão de saída.

Devido à revisão bibliográfica feita foram testados os sensores DHT11, BMP180 e o sensor resistivo buscando identificar algum comportamento diferenciado que possibilite prever a precipitação de água. Os dados foram obtidos pelo Arduino Uno programado para efetuar uma aquisição de intervalo aproximado de um minuto durante aproximadamente um dia.

Na etapa inicial foi analisada a resposta do sensor resistivo seco, parcialmente molhado, totalmente submerso e retirado em seguida conforme a Figura 29 e foi identificado que os valores são coerentes conforme a Figura 30.

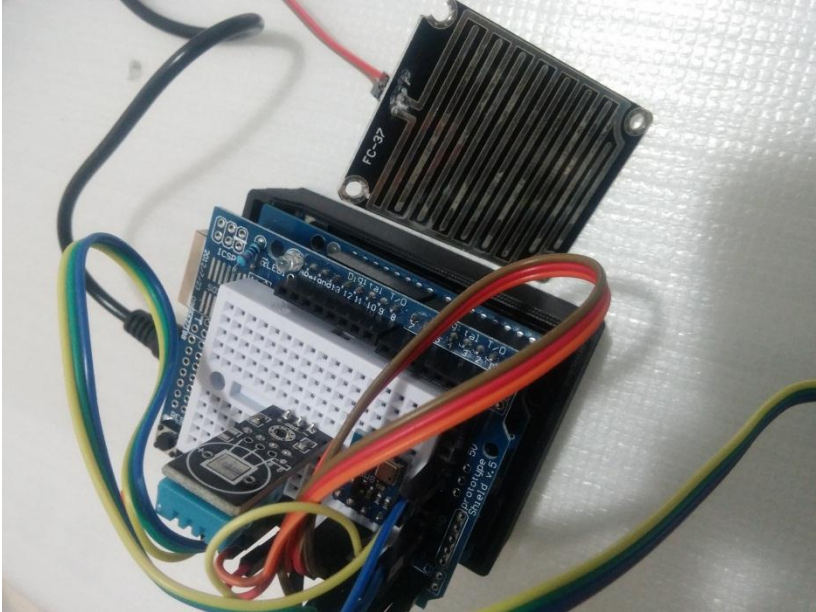


**Figura 29 - Etapas de medição do sensor**



**Figura 30 - Sinal do sensor resistivo adquirido**

A partir dessa análise foram adaptados os sensores ao Arduino conforme a Figura 31, e deixados por um dia adquirindo as informações com intervalo de aproximadamente um minuto.



**Figura 31 - Aquisição de dados com o DHT11, BMP180 e sensor resistivo**

Os resultados obtidos foram salvos em um cartão micro-SD e tratados em *Excel* conforme a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

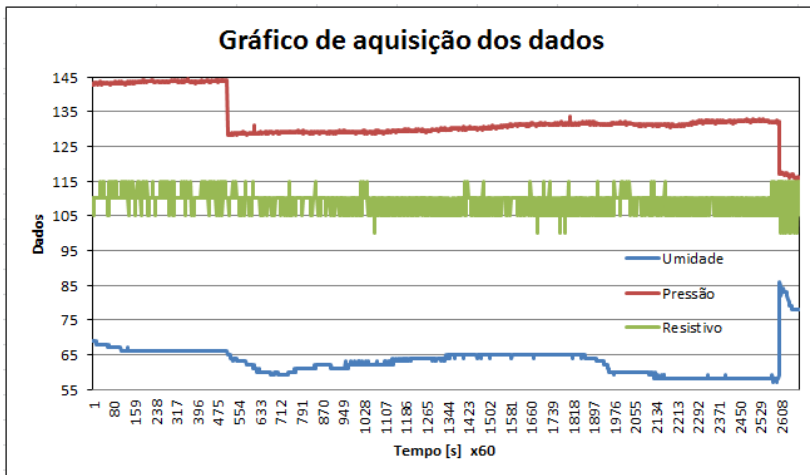


Figura 32 - Dados aquisitados durante cerca de um dia.

Para analisar os dados foram multiplicados alguns valores para que fosse possível comparar eles em proporção similar. Analisando os dados obtidos é possível identificar que não foi obtida variação significativa do sensor resistivo de chuva mesmo tendo ocorrido dois períodos de chuvas durante o dia. Se analisar os sensores de umidade e pressão é possível identificar variações de comportamento do sinal em intervalos similares ao do início da chuva conforme a Figura 33.

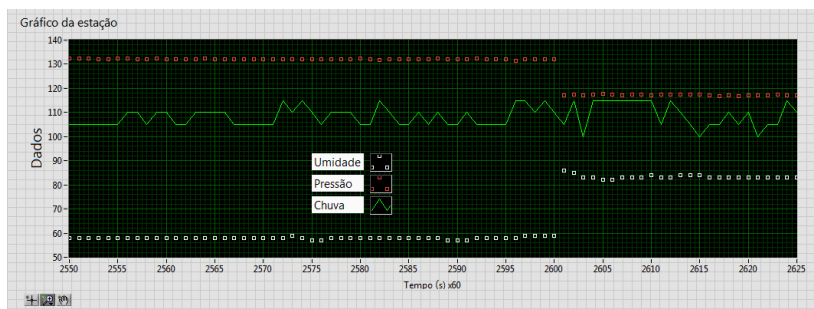


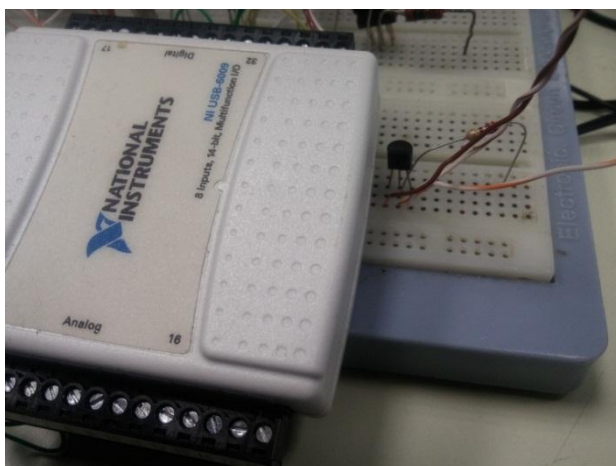
Figura 33 - Intervalo de valores em que houve chuva

Com isso é possível comprovar que há uma alteração significativa nos valores dos sensores no início da chuva.

Embora exista incerteza dos valores obtidos em função de ter sido feita apenas uma aquisição, esses resultados são apenas indicativos do funcionamento do sensor e na criação do *software*.

### 3.3.4 Transdutor de temperatura

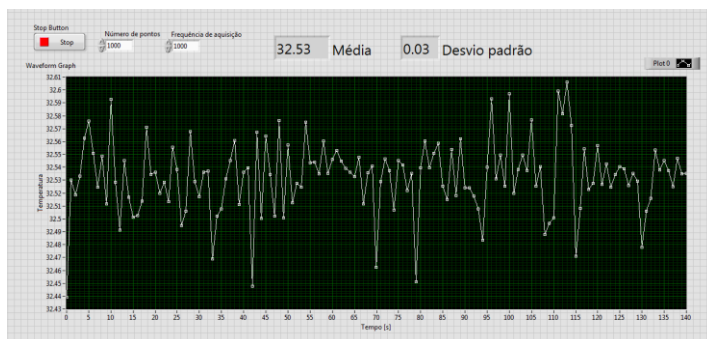
A primeira análise foi do sensor LM35 adquirido pelo modulo NI-6009. A ligação dele é conhecida e foi utilizada a própria alimentação fornecida pelo módulo conforme Figura 34.



**Figura 34 - Sistema montado com o LM35**

Para análise dos dados foram adquiridos mil pontos por segundo e após um minuto foi feito uma média com desvio padrão dos dados junto a uma plotagem dos pontos conforme a Figura 35.

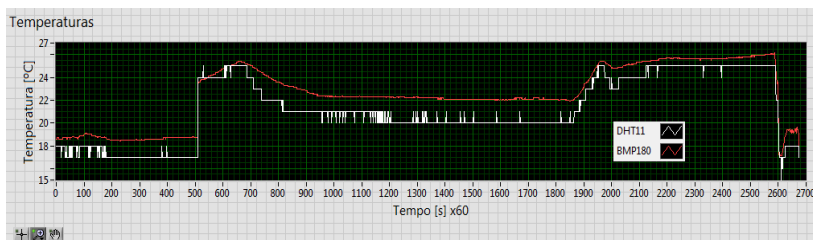




**Figura 35 - Dados adquiridos do LM35 com NI-6009**

Analisando os resultados obtidos com o sinal de tensão convertido em graus Celsius foi identificado um valor acima da temperatura apontada por um indicador não aferido. Essa temperatura do sistema apontou 21°C. Embora esse não seja calibrado, representa com maior fidelidade a sensação térmica do ambiente. Por conseguinte, devido a não disponibilidade de referência calibrada de temperatura, optou-se por não utilizar o LM35.

Considerando a disponibilidade do sensor BMP180 e do DHT11 que fornecem dados de temperatura, realizaram-se testes para a medição e obtiveram-se os resultados da Figura 36.



**Figura 36 - Aquisição de dados com BMP180 e DHT11**

Mesmo sem referência calibrada para verificar a temperatura, os valores que foram obtidos aparentemente estavam coerentes com a sensação térmica do local.

### 3.3.5 Transdutor de tensão

Para definir o consumo é necessário descobrir qual a tensão de entrada da residência. Com esse objetivo, inicialmente foi simulado um circuito que convertesse a tensão de entrada em um valor de saída que pudesse ser adquirida pelo sistema conforme a Figura 37.

Após garantir a resposta de saída foi construído um circuito em um sistema conforme a Figura 38 e avaliado três valores de tensão para criar a curva de correção do sinal  $125,75x+22,463$ , conforme a Figura 39, Figura 40 e Figura 41.

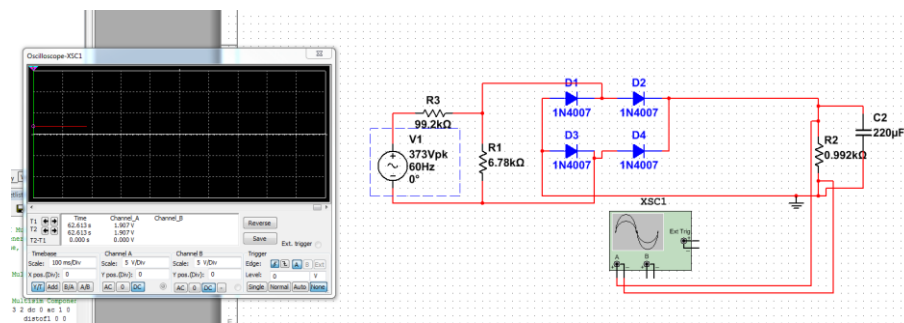


Figura 37 - Circuito de medição da tensão

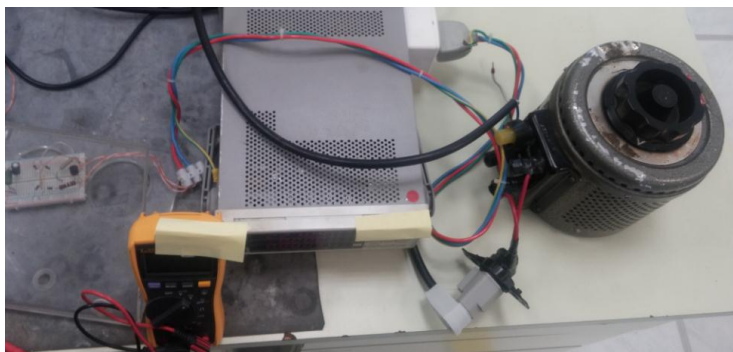


Figura 38 - Sistema para o teste do circuito proposto



**Figura 39 - Medição com a tensão acima da nominal**



**Figura 40 - Medição com a tensão abaixo da nominal**



**Figura 41 - Medição com a tensão próxima a nominal**

### **3.3.6 Definição final dos transdutores**

Analisando os dados obtidos nos testes dos sensores foram escolhidos os seguintes sensores:

LDR: Sensor adequado à intensidade luminosa com resposta adequada.

Transformador de corrente: Adequado a medir a corrente desde que feita a adaptação na saída de tensão.

BMP180: Sensor apresenta melhor resolução nas informações de temperatura e identificou-se a possibilidade de verificar o início da chuva com a variação de pressão.

Sistema de medição de tensão: O circuito criado atende as necessidades de monitoramento do valor de tensão conforme o solicitado.

## **3.4 Controle dos dispositivos**

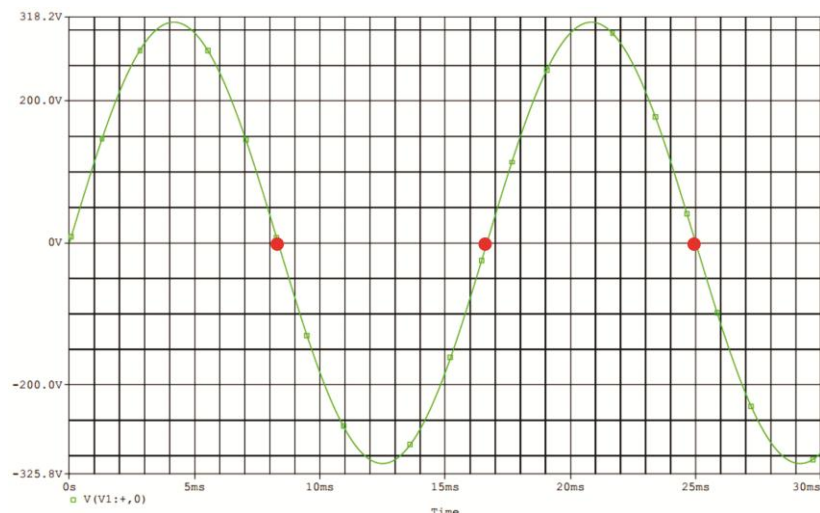
Para controlar lâmpadas, alarme e refrigeração foram escolhidos relés. Com intuito de simular o controle de abertura de uma janela e do portão de uma garagem optou-se pelo uso de micro servomotor.

### 3.4.1 Controle do fluxo luminoso de lâmpada Incandescente

Para controlar o fluxo luminoso de um ambiente, implementou-se um sistema de dimerização de lâmpada incandescente em malha fechada, que permite ao usuário estabelecer a iluminação ideal do local e através da leitura de um LDR o sistema manterá constante o que lhe foi determinado, independente da luz natural do ambiente.

Utilizar-se-á ferramenta de controle proporcional e integral para determinar a duração do corte realizado por um triac para cortar trechos da onda senoidal da rede elétrica, reduzindo a tensão efetiva sob a lâmpada e em consequência, o fluxo luminoso emitido por ela.

Utilizou-se técnica conhecida como “*zero crossing*”, muito utilizada para mensurar a frequência ou o período de onda senoidal (WALL, 2012). Porém, neste caso ela será aplicada de modo a garantir que os cortes na onda sempre sejam feitos a partir da passagem por zero da tensão. Conforme Figura 42.

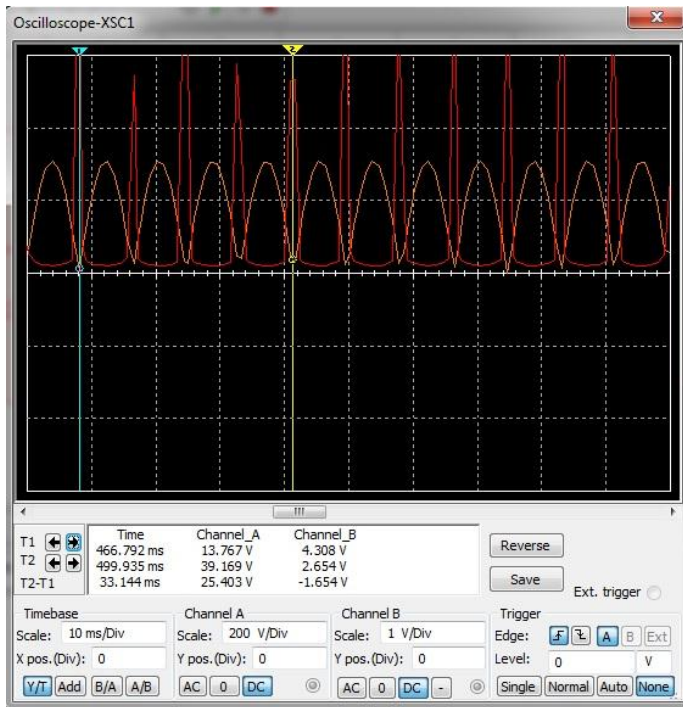


**Figura 42 - Zero Crossing**

O *zero crossing* será enviado para o controlador com a forma de um sinal digital conforme Figura 43 - Sinal *zerocrossing*

E para que este sinal seja obtido, foi montado o circuito em placa de circuito impresso conforme esquemático representado na Figura 44.

Como pode-se verificar no circuito apresentado, foi utilizado optoacoplador 4n25 para isolamento entre sinal CC e AC. Em simulação no *software* NI *Multisim* o sinal gerado pelo circuito pode ser identificado pelo controlador utilizado, sendo viável a aplicação neste projeto.



**Figura 43 - Sinal zerocrossing**

Obtendo o sinal para o momento do corte, o controlador será responsável por enviar sinal para que o triac realize o corte do sinal senoidal. Pelo fato de trabalharem em condições diferentes de tensão, planejou-se o uso de um *opto triac* MOC3020, para isolamento entre o controlador e a porta *gate* do triac BT-136, conforme Figura 45 (SANTOS, 2013). Devido à dificuldade de simulação em *software* obtida pelo autor, procurou-se montar o circuito em *protoboard* e forçar a

comutação do triac por meio de chave manual, tal experimento possibilitou verificar as formas de ondas obtidas pelo módulo de aquisição para tensões elevadas NI-9225 que constam na Figura 46.

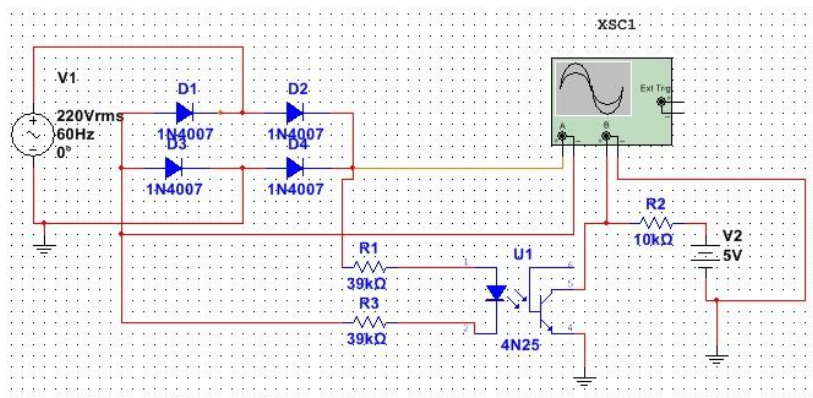


Figura 44 - Circuito Zero Crossing

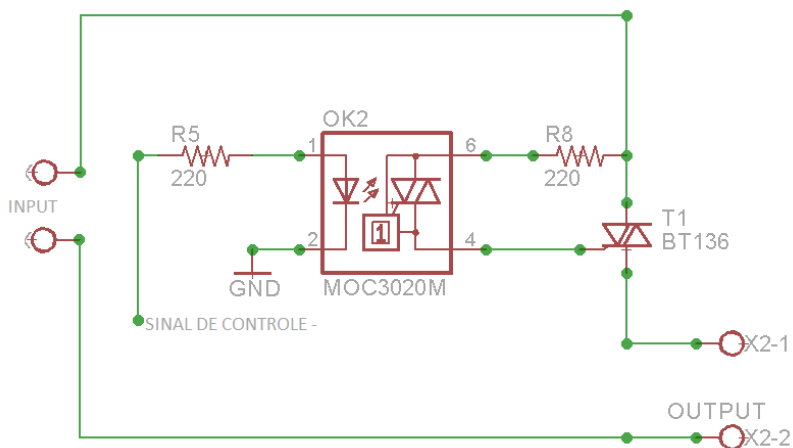


Figura 45 - Circuito chaveador triac



Figura 46 - Teste de corte em onda senoidal

De posse dos dados obtidos, pode-se afirmar que o controle do fluxo luminoso por meio do *zero crossing* e da comutação de triac é viável para o projeto. A montagem da placa foi executada conforme a Figura 47.



Figura 47 - Placa de controle do *dimmer*

### 3.4.2 Controle de Iluminação com LED RGB

Para controle da iluminação externa foi definido o uso de LEDs RGB controlados via *software*, variando a tensão sob cada cor por pulso PWM. O *software* usará um *slider* de 255 posições que por meio de uma proporção direta, transformará o valor indicado pelo *slider* (V) em um valor da razão cíclica (D), do pulso PWM, ou seja:



$$D = \frac{V}{254}$$

Em virtude da baixa corrente das portas do NI *myRIO*, tornou-se necessário o uso de um circuito para potência como o que segue na Figura 48, as chaves do circuito simulado tem comportamento das saídas PWM do *myRIO*, que comutará a uma frequência de 1 kHz.

Utilizando os transistores BC 337 pode-se aplicar ao circuito corrente de até 1A, verificou-se que o uso de apenas 10 LED's seria o suficiente para obter o resultado desejado totalizando uma corrente de 200mA por cor, desprezando a utilização de dissipadores de calor para os transistores.

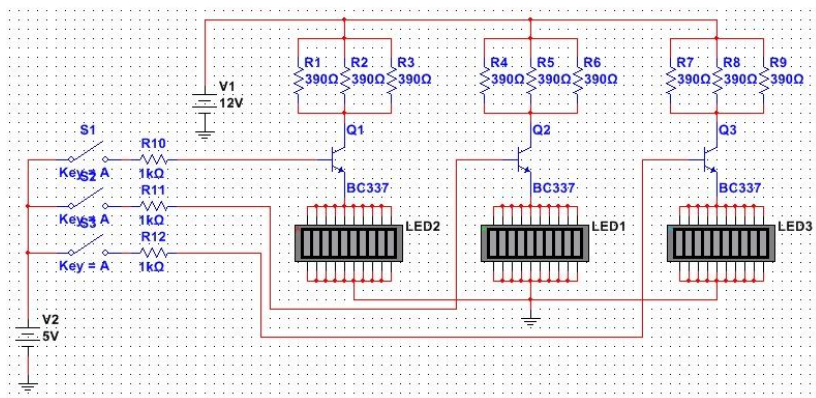


Figura 48 - Circuito de potência e controle para LED RGB

### 3.5 Desenvolvimento do *software*

Para o desenvolvimento do *software* foram separadas etapas essenciais para garantir o alto desempenho do mesmo. Essas foram definidas como a parte lógica da programação, interface e o desenvolvimento do *software*.

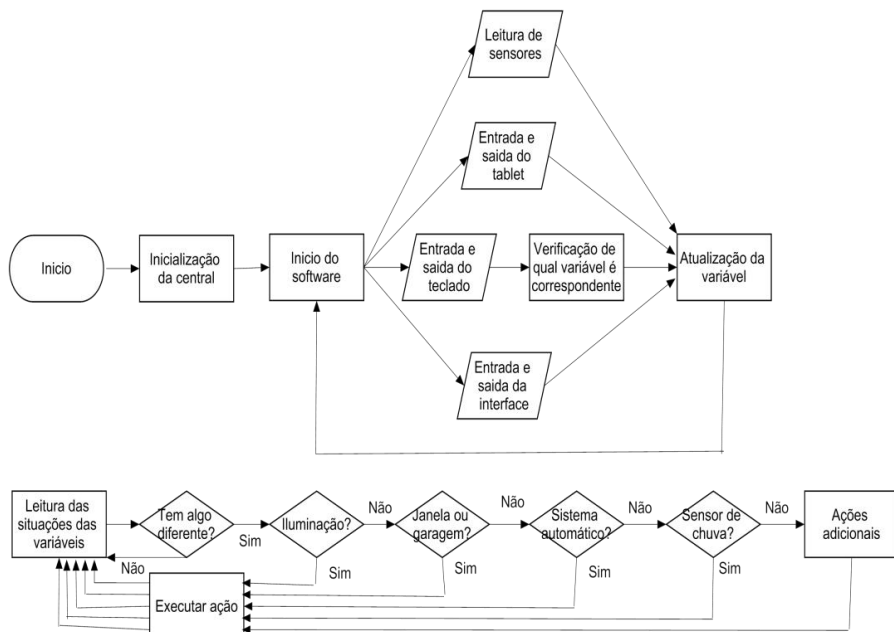
#### 3.5.1 Desenvolvimento da lógica de programação

Com o objetivo de criar uma lógica eficiente foram definidas inicialmente as variáveis de entrada e saída, Quadro 5.

A partir dessas informações foi definido um fluxograma com a lógica base. Essa define as alterações das variáveis de informação em paralelo com as ações que são consequências das respostas conforme Figura 49.

**Quadro 4 - Variáveis do sistema**

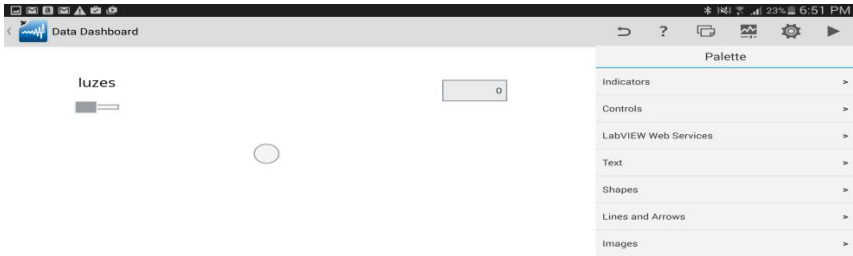
Variáveis de entrada	Variáveis de saída
Iluminação quarto	Indicador luz quarto
Iluminação sala	Indicador luz sala
Iluminação cozinha	Indicador luz cozinha
Iluminação garagem	Indicador luz garagem
Iluminação banheiro	Indicador luz banheiro
Iluminação externa RGB	Indicador luz externa RGB
Iluminação dimmer	Indicador luz dimmer
Ar condicionado	Indicador estado ar condicionado
Modo automático	Indicador modo automático
Modo automático com ar	Indicador modo automático com ar
Abertura de janela	Indicador abertura de janela
Abertura da garagem	Indicador abertura da garagem
Parada de software	Indicador de chuva
Valor do sensor resistivo	Indicador de consumo
Valor do sensor de pressão	Indicador de temperatura
Valor do sensor de consumo	Sinal dimmer
Valor do sensor de temperatura	Sinal de abertura janela
Indicador do teclado	Sinal de abertura porta garagem
Temperatura desejada	Sinal de check do teclado



**Figura 49 - Fluxograma base do software**

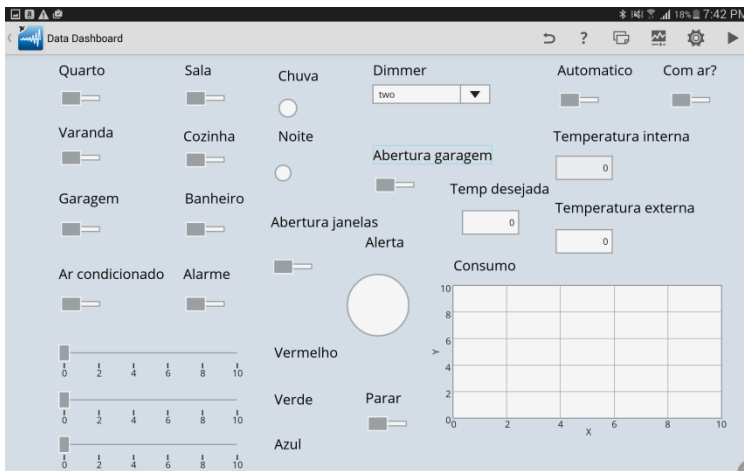
### 3.5.2 Criação da interface do aplicativo

Conforme definido em etapas anteriores o aplicativo utilizado é o *Data Dashboard* da *National Instruments*. Sua interface permite incluir indicadores e controles que comunicam com o software devido a um *link* feito a uma variável compartilhada. Além dos comandos é possível incluir textos e imagens para melhorar a interface do aplicativo conforme a Figura 50.



**Figura 50 - Interface base do aplicativo *Data Dashboard***

Para elaborar o *layout* do aplicativo foi utilizado o Quadro 4 como referência das variáveis. Em função dos controles não possuírem funções específicas de RGB foram definidos *sliders* para cada cor e de maneira análoga para o controle do *dimmer*. Criou-se também, um exemplo de alerta que compara os valores da temperatura para verificar se estão dentro da faixa permitida. Os dados foram dispostos conforme as funções e buscou-se deixar uma interface agradável conforme a Figura 51.



**Figura 51 - Interface do aplicativo de controle**

### 3.5.3 Desenvolvimento do *software*

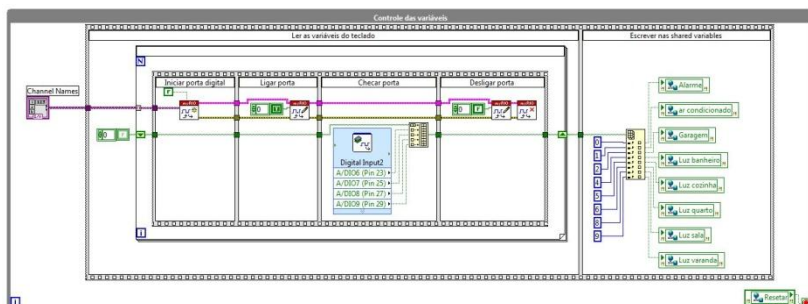
Conforme as definições anteriores, a programação será feita na linguagem *Labview*. Ela deve possuir variáveis compartilhadas dos comandos de entrada e funções que rodam em paralelo. Essas variáveis podem ser alteradas via *software*, aplicativo ou teclado.

Conforme o planejado inicialmente, foram definidas as entradas e saídas do *myRIO* conforme o Quadro 5.

**Quadro 5 - Entradas e saídas do *myRIO***

DIO0	11	DO	Resistivo chuva	DIO0	11	Quarto	Rele 1	DIO0	11	C		
DIO1	13			DIO1	13	Varanda	Rele 2	DIO1	12			
DIO2	15	Ent1	Entrada teclado	DIO2	15	Garagem	Rele 3	DIO2	13			
DIO3	17	Ent2	Entrada teclado	DIO3	17	Alarme	Rele 4	DIO3	14		PWM0	Janela
DIO4	19	Ent3	Entrada teclado	DIO4	19	Ar condicionado	Rele 5	DIO4	15		Entrada zero	Dimmer
DIO5	21	Ent4	Entrada teclado	DIO5	21	Luz banheiro	Rele 6	DIO5	16		Saída controle	Dimmer
DIO6	23	Saída 1	Saída teclado	DIO6	23	Luz cozinha	Rele 7	DIO6	17			
DIO7	25	Saída 2	Saída teclado	DIO7	25	Luz sala	Rele 8	DIO7	18		PWM1	Garagem
DIO8	27	Saída 3	Saída teclado	DIO8	27	Vermelho	rgb	AI0	3		A	
DIO9	29	Saída 4	Saída teclado	DIO9	29	verde	rgb	AI1	5			
DIO10	31			DIO10	31	azul	rgb	AI2	7	Leitura sensor luz		
DIO11	18			DIO11	18			AI3	9	B		
DIO12	22			DIO12	22			AI0	3			
DIO13	26			DIO13	26			AI1	5			
DIO14	32	SCL	BMP180	DIO14	32			AI2	7			
DIO15	34	SDA	BMP180	DIO15	34			AI3	9	C		
								AI0	3		Leitura corrente	
								AI1	5	Leitura tensão		

Após essa definição foram feitas as rotinas de leitura de variáveis de teclado e atualização das variáveis compartilhadas conforme Figura 52.



**Figura 52 - Software de leitura do teclado**

Com a atualização das variáveis é possível definir os comandos dos relés conforme Figura 53.

Tendo em vista as outras variáveis disponíveis no aplicativo e na interface, é possível atualizar as ações do controle do RGB conforme Figura 54.

De posse dos valores informados pelos sensores algumas variáveis são atualizadas conforme a Figura 55 e com o alinhamento das respostas de acionamentos é possível gerar ações conforme a Figura 56.

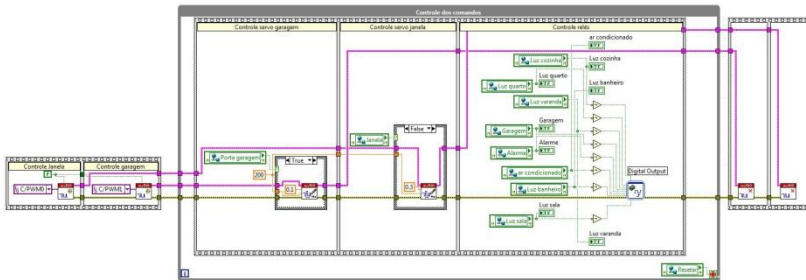


Figura 53 - Parte do software para controlar relés e servos

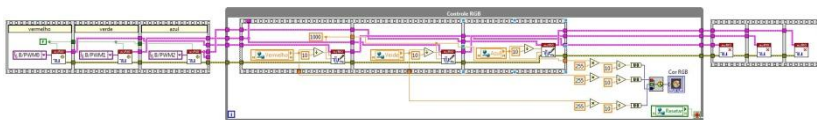


Figura 54 - Parte do software para controle dos led's RGB

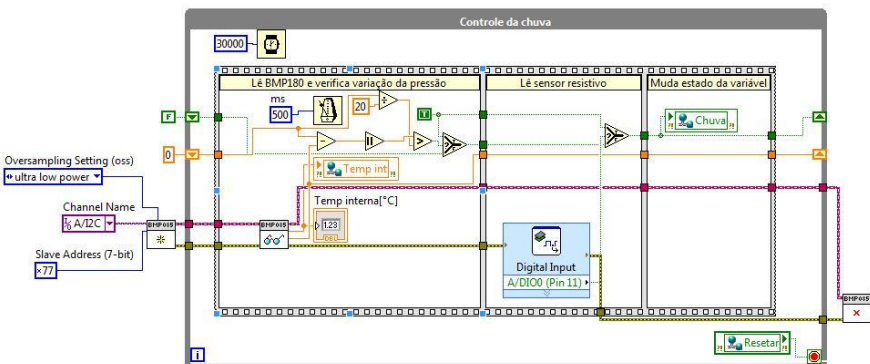


Figura 55 - Parte do software de leitura dos fatores de indicação de chuva

Por ser um *software* flexível, a programação pode ser alterada de acordo com o desejo do usuário, ajustando sua lógica a rotinas mais eficientes.

Com o objetivo de monitorar a automação, o *software* roda na central, mas possui o monitoramento das variáveis pelo *notebook* conforme a Figura 57. Essa função foi feita como exemplo demonstrativo de automação, mas pode ser desabilitado conforme a necessidade de aplicação do *myRIO* em modo autônomo.

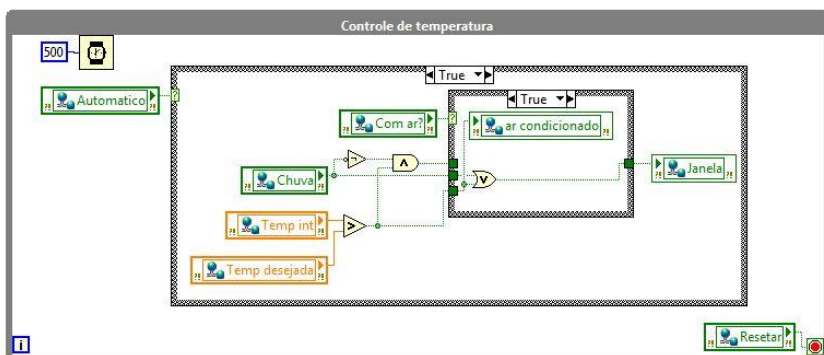


Figura 56 - Parte do *software* de controle de temperatura automático

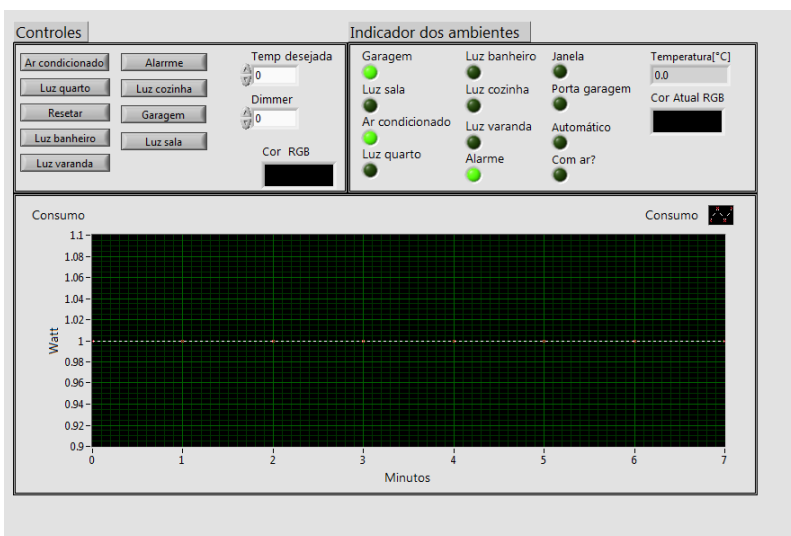


Figura 57 - Interface frontal do *software*

### **3.6 Desenvolvimento da maquete**

Para obter uma melhor fidelidade dos resultados, optou-se pela criação de uma maquete que tornasse possível a simulação de uma residência real.

#### **3.6.1 Planejamento do conceito**

Com intuito de simular os efeitos da automação realizada, idealizou-se uma planta, conforme Apêndice A. Nela foram dispostos ao menos um cômodo de cada tipo, como um quarto, uma sala, uma cozinha, um corredor e um banheiro, além de uma garagem com quintal. O tamanho da área construída é de 50,78m<sup>2</sup>. A escala de 1:20 torna-se ideal pois mantém a estrutura com dimensões razoáveis.

A altura das paredes foi definida como 15 cm, pois desta maneira respeita-se a escala e o efeito desejado com a iluminação dos ambientes poderá ser obtido.

Em virtude do apoio prestado pela Giovani Monn Móveis, empresa do ramo de móveis planejados em Joinville, optou-se pelo uso de MDF para construção da maquete planejada. Pois, com o auxílio de mão de obra especializada o MDF apresentou-se como uma boa alternativa, pois propicia bom acabamento e baixo custo da matéria-prima.

Para a inserção dos componentes eletrônicos utilizou-se um quadro de distribuição de embutir com espaço para 18/24 disjuntores, pois dessa maneira haverá local para posicionamento dos disjuntores assim como para os dispositivos de proteção, *myRIO* e demais componentes.

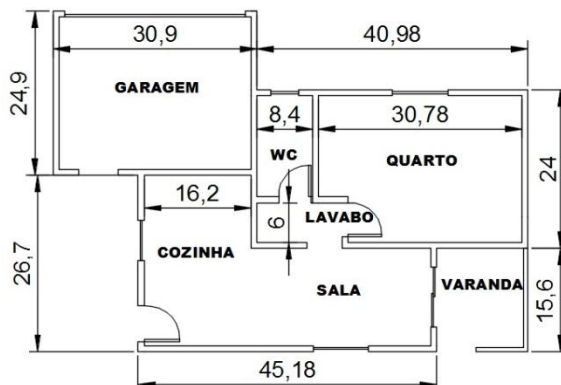
#### **3.6.2 Construção da maquete**

A construção da maquete foi feita utilizando serra esquadrejadeira e acabamento feito com fita de bordas para



MDF. Optou-se pelo uso de MDF 6mm para as paredes pois não a grandes cargas impostas sobre a estrutura.

As dimensões, já em escala 1:20 deveram ficar conforme Figura 58, já em centímetros.



**Figura 58 - Medidas para corte das paredes da maquete**

Elaborou-se também um diagrama para que fossem posicionados os sensores, lâmpadas e motores que serão postos sobre a maquete conforme Figura 59. Além deste, tornou-se necessário o planejamento dos componentes que estarão abaixo da maquete, que será a placa de distribuição dos *LED's RGB* e dos barramentos de 5V e GND. Desta forma possibilitou-se o planejamento da passagem dos fios para sinal e força além de facilitar a identificação destes para futura manutenção e testes.

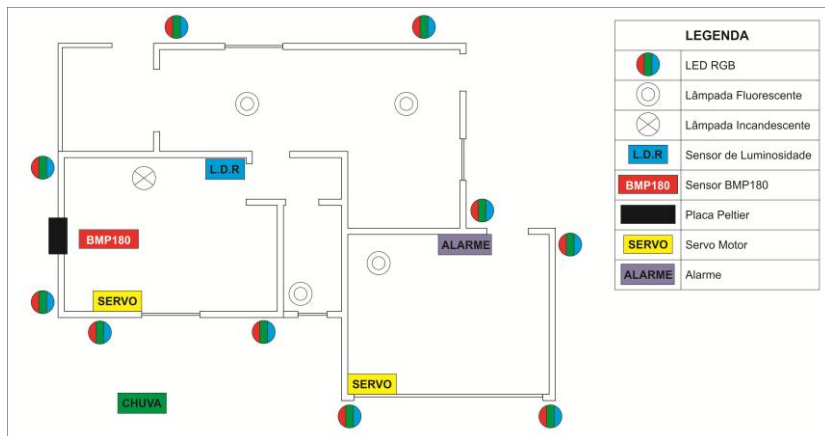


Figura 59 - Posicionamento dos componentes superiores

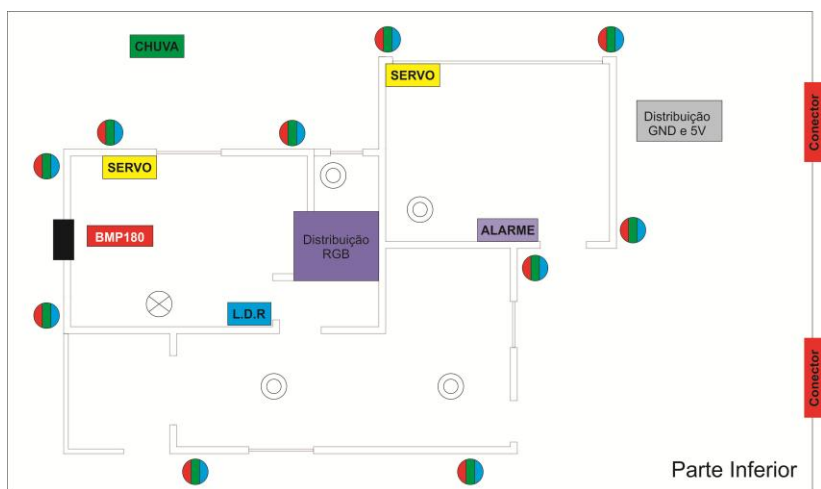


Figura 60 - Posicionamento dos componentes inferiores

### 3.6.3 Projeto das Instalações

Partindo dos condutores, os componentes eletrônicos usados possuem baixo consumo de corrente, em virtude disto, utilizar-se-ão cabos de par trançado para ligação dos mesmos.

No caso dos circuitos de força, esses devem atender aos requisitos demonstrados no capítulo anterior.

Desta forma, identificou-se a demanda total onde cada uma das lâmpadas fluorescentes utilizadas, modelo TKFS 7, consomem 7W segundo catálogo e a lâmpada incandescente consome 15W segundo catálogo. Desta forma para quatro lâmpadas fluorescentes e uma incandescente em um mesmo circuito tem-se:

- Condutores preto para comando e fase, assim como azul para o neutro;
- Condutores do tipo Multipolar para facilitar a organização no projeto. O modelo escolhido será o Prysmian Sintenax Flex;
- De acordo com a NBR 5410(2004), para os condutores de circuitos de iluminação devem ser utilizados condutores de 1,5mm<sup>2</sup> no mínimo;
- Segundo o critério da máxima condução de corrente, devem ser utilizados condutores com capacidade imediatamente superior a corrente máxima consumida, que neste caso é:

$$I_{max} = \frac{(4.7)}{220} + \frac{(15)}{220} \approx 195 \text{ mA}$$

Aplicando a correção por agrupamento segundo a Tabela 40 da NBR 5410 (2004), e temperatura de maneira a considerar o pior dos casos onde tem-se temperatura ambiente de 45°. Por não haver agrupamento de circuitos será considerado fator de correção unitário para agrupamento, deste modo:

$$I_{corrigida} = \frac{195 \text{ mA}}{1.0,79} \approx 247 \text{ mA}$$

Segundo a Tabela 36 da NBR 5410 (2004), para o pior dos casos os condutores de 0,5mm<sup>2</sup> são capazes de conduzir até 7A.

- Para o critério da máxima queda de tensão, tem-se que a seção mínima para o circuito obter queda máxima de 5% o circuito deve ter:

$$S_c \geq \frac{200 * \frac{1}{56} * 2 * 0,195}{5 * 220} = 0,0013mm^2$$

Logo, para o circuito de iluminação devem ser utilizados condutores de 1,5mm<sup>2</sup> que é a seção mínima necessária. Para a proteção deste circuito, é ideal que seja utilizado disjuntor termomagnético curva “C” de 1A. Além de este estar conectado ao IDR e DPS geral do quadro.

Existe também uma fonte que alimenta todos os circuitos eletrônicos, controladores e demais dispositivos que funcionam sob corrente contínua. Em virtude da grande quantidade de saídas que possuem uma fonte ATX e da potência total fornecida, optou-se por realizar as adaptações necessárias para utilizar uma deste tipo. Levando-se em conta a baixa demanda dos componentes utilizados o modelo escolhido foi LC-8220BTX S2 da Coletex. Os condutores para alimentação da fonte foram dimensionados como segue:

- Serão utilizados condutores pretos para fase, assim como azul para o neutro e verde para proteção;
- Os condutores serão do tipo isolado para facilitar a organização no quadro. O modelo escolhido será o Prysmian Superastic;
- De acordo com a NBR 5410(2004), para os condutores de circuitos de força devem ser utilizados condutores com seção de 2,5mm<sup>2</sup> no mínimo;
- Segundo o critério da máxima condução de corrente, devem ser utilizados condutores com capacidade imediatamente superior a corrente máxima consumida, que neste caso é:

$$I_{max} = \frac{(450)}{220} \approx 2,04A$$

Aplicando a correção por agrupamento segundo a Tabela 40 da NBR 5410 (2004), e temperatura de

maneira a considerar o pior dos casos onde tem-se temperatura ambiente de 45°. Por não haver agrupamento de circuitos será considerado fator de correção unitário para agrupamento, deste modo:

$$I_{corrigida} = \frac{2,04}{1.0,79} \approx 2,58A$$

Segundo a Tabela 36 da NBR 5410 (2004), para o pior dos casos os condutores de 0,5mm<sup>2</sup> são capazes de conduzir até 7A.

- Para o critério da máxima queda de tensão, tem-se que a seção mínima para o circuito obter queda máxima de 5% o circuito deve ter:

$$S_c \geq \frac{200 * \frac{1}{56} * 2 * 2,58}{5 * 220} = 0,0167mm^2$$

Neste caso, os condutores deverão respeitar o imposto pela normatização vigente e possuir no mínimo 2,5mm<sup>2</sup>. Deve-se ligar o circuito a um disjuntor termomagnético curva tipo “C” de 3A. Este circuito será conectado também ao disjuntor, IDR e ao DPS geral do quadro.

Como é necessário um disjuntor geral para o quadro de distribuição, optou-se pela inserção de um disjuntor termomagnético curva tipo “C” de 10A, um dispositivo de proteção contra surtos (DPS) para tensão máxima de 275V em CA com corrente de disparo de 15kA. E um Interruptor Diferencial Residual “IDR” modelo 5SM1, que atua com corrente de fuga a partir de 30mA e capacidade de condução de corrente máxima de 25A.

## 4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Com os conceitos e dispositivos definidos foi executada a montagem da maquete junto ao painel elétrico. Essa foi separada em etapas para explicar seu procedimento.

### 4.1 Projeto de instalação

Na montagem do quadro foram utilizados dispositivos de proteção citados na NBR 5410 (2004) todos devidamente dimensionados, porém devido a não disponibilidade de disjuntores de menor capacidade de corrente, foi utilizado somente um disjuntor geral curva “C” e 10A de corrente nominal para todo o circuito.

O quadro se apresentou como uma alternativa que atenderia o projeto caso fosse elaborado em uma residência comum, tendo ainda espaço para possível expansão de componentes e para manutenção dos dispositivos nele inserido.

Foram montados chicotes para ligar o quadro à maquete e o quadro até a rede elétrica, deste modo viabilizou-se o transporte do dispositivo em um todo conforme a Figura 61.

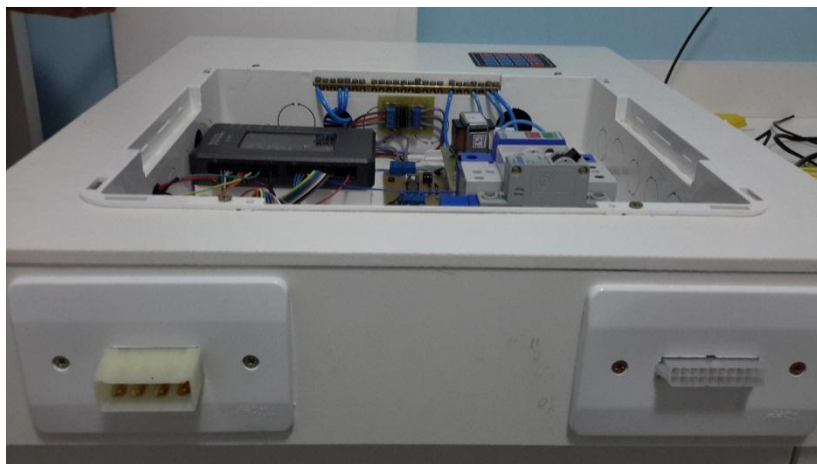


Figura 61 - Conectores para transporte

## 4.2 Sensoriamento e controle

Posicionaram-se os transdutores de forma garantir que sua função fosse facilmente testada conforme o objetivo da maquete. Adaptou-se o transdutor de temperatura próximo ao sistema de refrigeração, que foi feito com pastilha peltier, para que fosse possível controlar a temperatura de acordo com o setup desejado conforme a Figura 62.



**Figura 62 - Posicionamento do Sensor de temperatura**

Fixou-se o sensor de iluminação próximo da lâmpada dimerizada, conforme a Figura 63.



**Figura 63 - Lâmpada dimerizada com sensor LDR**

O bom posicionamento possibilitou a implementação de controle em malha fechada no sistema de intensidade luminosa. O sistema se mostrou eficiente ao corrigir o fluxo luminoso da lâmpada mesmo com pouca variação da iluminação no ambiente.

Posicionou-se o transdutor resistivo na superfície da maquete facilitando o seu teste conforme a Figura 64. Esse transdutor é versátil, compacto e tem simples implementação, porém apresentou sinais de corrosão durante os testes quando exposto as intempéries do tempo mesmo que por cerca de 2 dias. Logo, não se apresentou como boa opção para uso em sistemas reais.



**Figura 64 - Vista superior da maquete**

Durante os testes de comunicação houve uma falha na central que danificou o circuito do controlador. Em virtude dos sensores não terem apresentado sinais de falha, houve dificuldade na identificação do erro, decidiu-se então isolar a central dos controles e sensores de modo a garantir a integridade e segurança dos dispositivos e usuários.

Inicialmente foram isoladas as alimentações dos dispositivos, para isso foram utilizadas duas fontes, a ATX para os atuadores e circuitos de maior potência e a fonte própria do *myRIO* para alimentá-lo. Desta maneira, todos os dispositivos que não eram diretamente alimentados pelo *myRIO* e necessitavam de um comando do mesmo, tiveram um circuito de comando isolado a partir de opto-acopladores.



No caso dos sensores que estão conectados diretamente a rede, que é o caso do sensor de tensão, decidiu-se substituí-lo por um circuito com trafo e um *buffer* seguidor de tensão para reduzir a probabilidade de falhas conforme o circuito da Figura 65 e o seu diagrama na Figura 66.

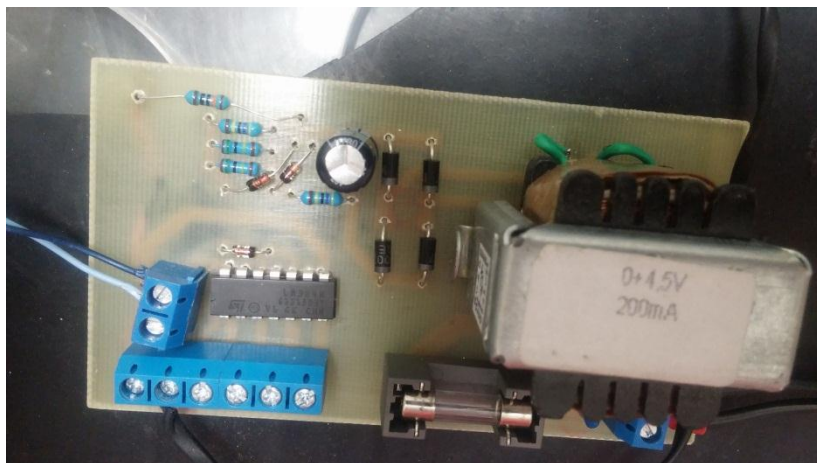


Figura 65 - Sensor de tensão

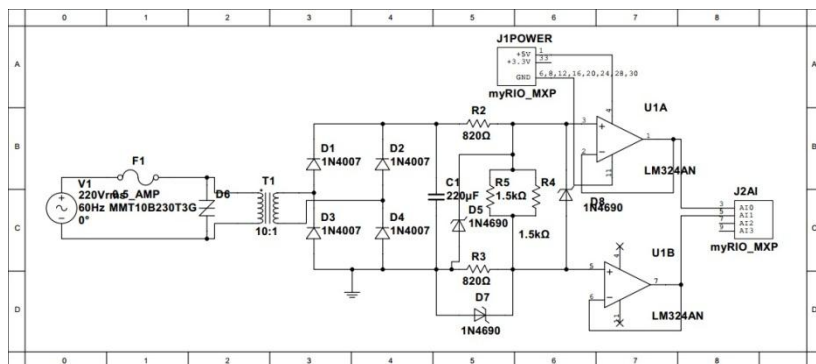


Figura 66 - Esquema sensor de tensão

Este novo circuito possui proteção contra curto circuito e sobre tensão ainda no primário. O trafo utilizado foi escolhido, pois possui relação de tensão de 220V para 4,5V e capacidade de condução de até 200mA, a saturação do núcleo funciona também como proteção ao circuito no secundário.

Aplicou-se impedância suficiente para garantir baixa corrente antes do *buffer* e com auxílio de diodos zener, buscou-se garantir que não aconteça sobre tensão na entrada do *buffer*. O *buffer* seguidor de tensão foi elaborado com base no circuito integrado LM324 por apresentar baixo consumo de corrente, suportar alimentação de 5V e saída com baixa queda de tensão em relação a alimentação (TEXAS INSTRUMENTS, 2015). Para minimizar ainda mais a probabilidade de falhas, alimentou-se o *buffer* com 5V limitando a tensão de saída do mesmo.

Para calibrar a resposta do sensor de tensão foi utilizada a leitura de duas condições para gerar a curva de calibração conforme a Figura 67. Embora o multímetro utilizado não possuísse calibração, adotou-se esse procedimento para fins indicativos.

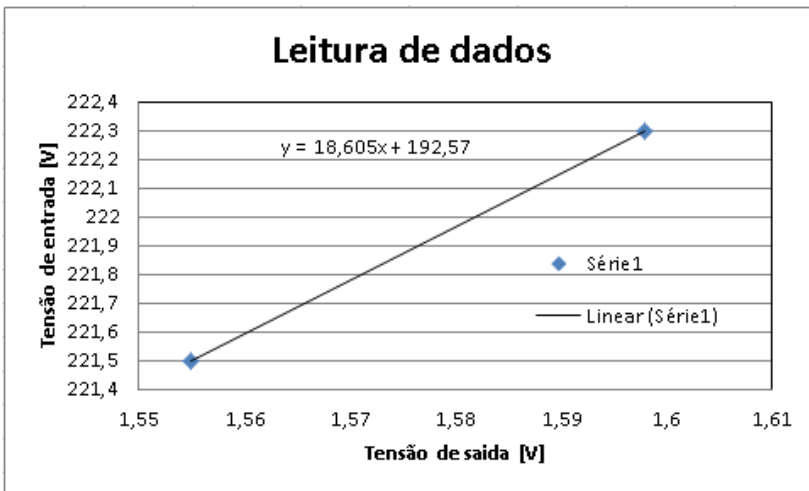
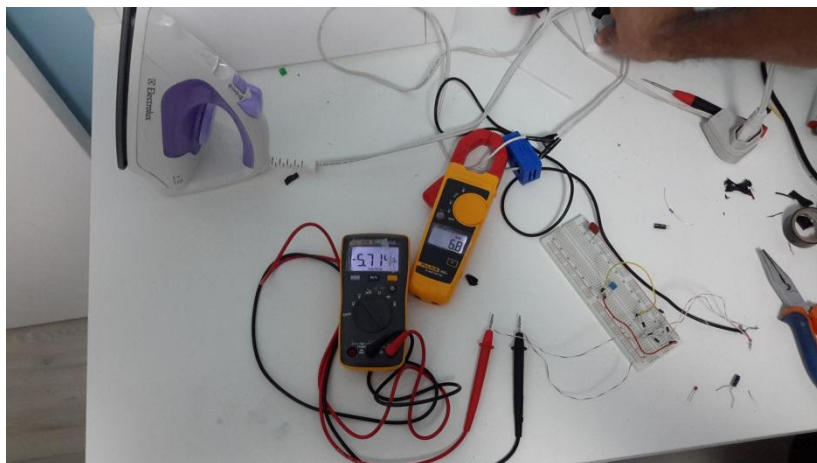


Figura 67 - Gráfico com a curva de calibração do sensor de tensão

No caso dos sensores em que não há contato direto com a rede elétrica e possuem baixo consumo de corrente, como o LDR e o sensor resistivo de chuva, passou-se a alimentá-los com a tensão fornecida pelas saídas de tensão do *myRIO*, logo a referência do sinal de saída analógica do sensor passou a ser o GND do *myRIO* garantindo que não haja falhas no processo de medição e mantenha na integridade dos circuitos.

Para o sensor de corrente houve um melhor estudo de suas propriedades e verificou-se que o circuito proposto anteriormente apresentou pouca fidelidade nos seus resultados necessitando também de alterações, por possuir relação de transformação muito grande para este projeto, de 100A para 50mA, com a carga máxima consumida pela maquete a corrente gerada pelo transformador é muito baixa e torna-se difícil o monitoramento do consumo devida a instabilidade do sinal. Então, estipulou-se uma carga máxima consumida de 1500W e para tal carga o circuito deverá apresentar uma tensão próxima a 5V em sua saída. Considerando que a carga é puramente resistiva, ou seja, possui fator de potência unitário, a corrente consumida em 220V deve ser de 6,81A. Admitindo que o sensor tenha resposta linear, a corrente de saída é 0,05% a corrente de entrada, então para 6,81A o sensor terá aproximadamente 3,4mA em seus terminais de saída logo, para uma tensão de 5V deverá ser aplicado um resistor de 1,5k $\Omega$ . Convertendo o sinal para corrente contínua com filtro capacitivo e um retificador de onda completa, considerando queda de tensão de 0,7V por diodo, a saída deverá ser de aproximadamente 5,81V.

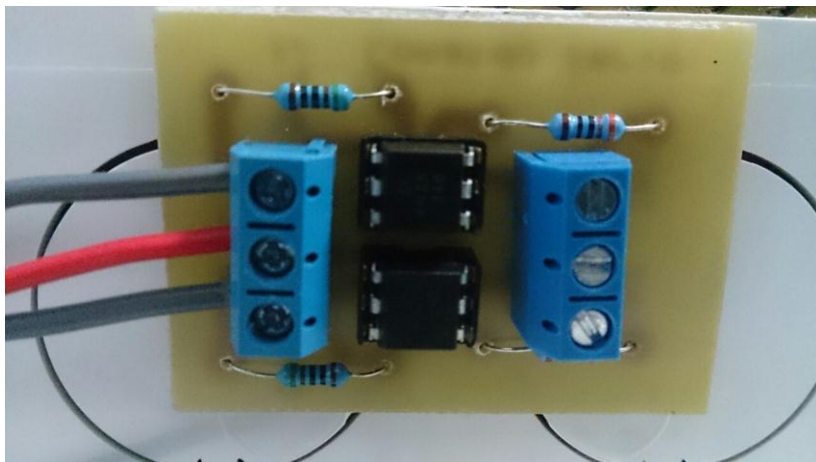
Com base nos testes realizados onde foi utilizada uma carga conhecida não aferida de 1500W, o dispositivo apresentou 5,714V para 6.8A conforme a Figura 68.



**Figura 68 - Teste com transdutor de corrente**

Admitindo os erros de medição dos equipamentos utilizados e do processo em um todo, verificou-se uma melhor resolução no resultado apresentado durante os testes.

Nas entradas e saídas digitais nas quais fosse necessário isolar a alimentação externa, como no caso dos servomotores e dos LED's RGB, foram utilizados opto acopladores 4n25 conforme a Figura 69.



**Figura 69 - Circuito com opto-acopladores para comando de servo motor**

Para melhorar a interface com o usuário foi inserido um teclado para realizar o controle dos relés em paralelo ao *software*, simulando a função de *switch*. Este teclado funciona como uma matriz 4x4, possuindo até 16 botões e ocupando apenas 8 portas digitais. Por não necessitar de alimentação externa, foram utilizados apenas resistores limitadores de corrente para as 4 saídas. O teclado foi inserido no painel conforme a Figura 70. A matriz se apresentou como solução interessante devido ao seu tamanho e facilidade de implementação.

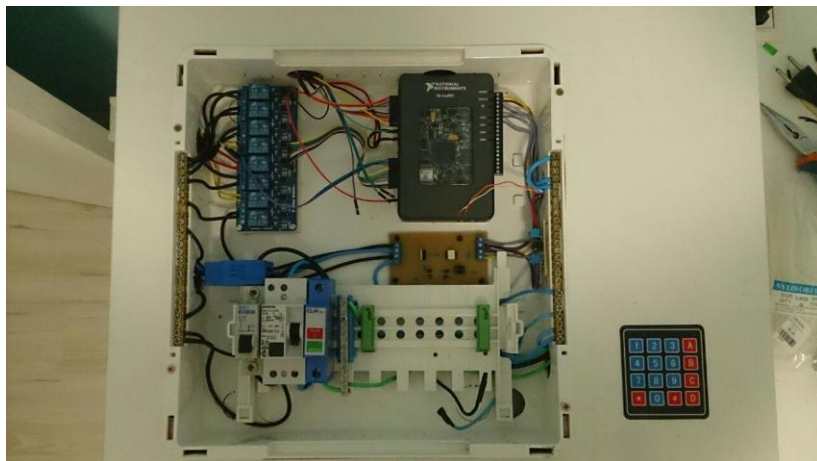


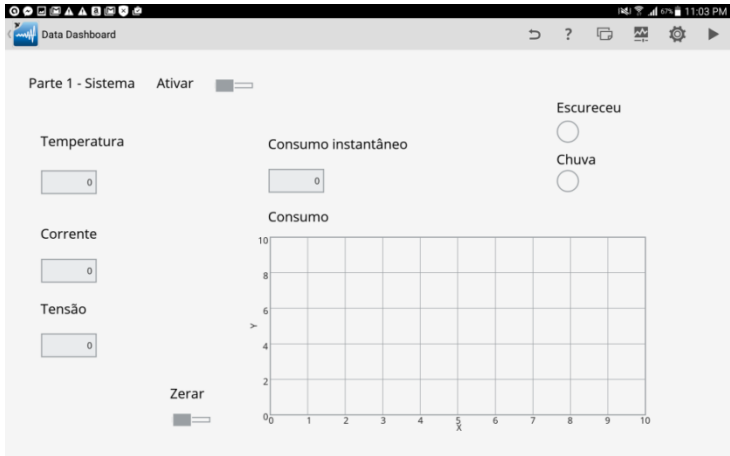
Figura 70 - Painel de controle da maquete.

### 4.3 Softwares

Na execução do *software* houve diversas falhas na comunicação em função do número de rotinas e a necessidade de elevado processamento em algumas delas, como exemplo a rotina do *dimmer*, que precisava de elevada frequência para não perder ciclos de corte dos sinais. As ações corretivas para garantir o perfeito funcionamento entre as interfaces foi separar o *software* em três partes. A primeira parte de leitura de variáveis, a segunda de controle e a terceira referente ao controle do *dimmer*. Outra ação para melhorar a comunicação foi eliminar a interface de monitoramento no *notebook* e dividir a interface do *tablet* em três partes conforme a

Figura 71, Figura 72 e Figura 73.

Caso houver necessidade de monitorar alguma variável pontual no *software* é possível utilizar ferramentas como *probe* e *breakpoint* a partir do *notebook*.



**Figura 71 - Interface 1 do tablet**



**Figura 72 - Interface 2 do tablet**



Figura 73 - Interface 3 do *tablet*

#### 4.4 Montagem final

Com as interfaces e *softwares* alterados executaram-se as funções da maquete conforme o planejado. A eliminação da interface no *notebook* diminuiu a necessidade de transmissão de dados da central, o que tornou rápida a comunicação *wi-fi* entre a central e o *tablet*. Conforme a Figura 71, Figura 72 e Figura 73, é possível identificar botões que ativam as funções desejadas e desativam as funções que não são necessárias. Na maquete é possível identificar características apresentadas no trabalho e o posicionamento premeditado para as lâmpadas, ar condicionado, sensores e *LED's* RGB conforme a Figura 74.

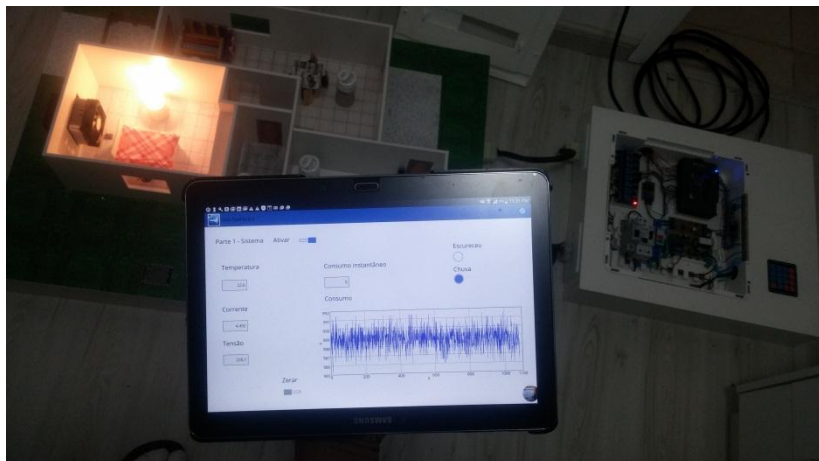


**Figura 74 - Maquete montada**

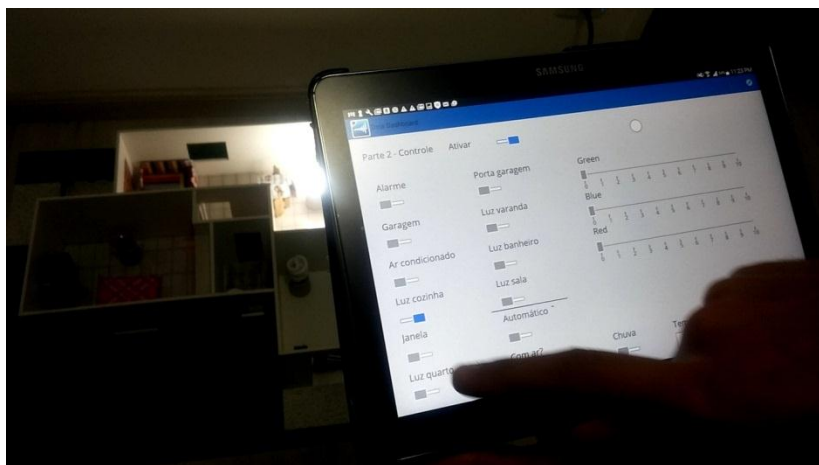
O painel de controle foi adaptado para fixação do *myRIO* e as placas conforme a Figura 70. Adotou-se a exposição das placas para fins de visualização e facilidade na montagem, mas em uma aplicação real sugere-se isolamento das mesmas para evitar contato com áreas vivas.

Os testes de controle da iluminação com o *tablet* foram feitos conforme a Figura 76 e o monitoramento apontou os dados desejados conforme a Figura 75. No controle do *dimmer* é possível identificar a resposta em iluminação dos controles escolhidos conforme a Figura 77.

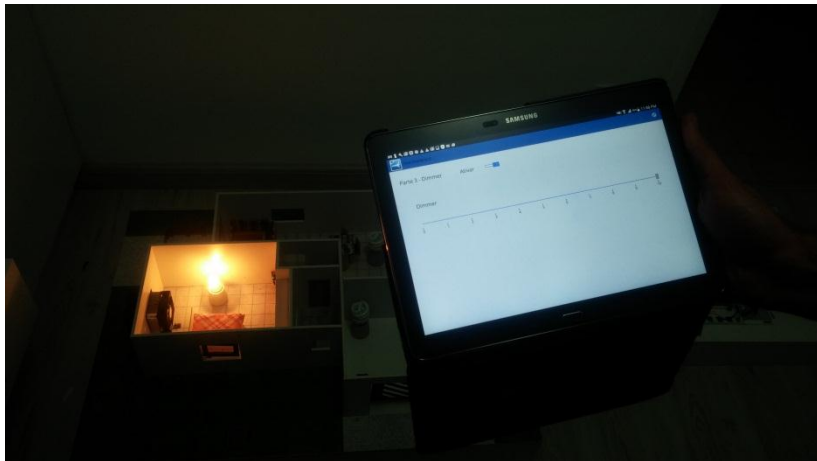




**Figura 75 - Monitoramento de dados com o tablet**



**Figura 76 - Teste de luzes**



**Figura 77 - Teste do controle do *dimmer***

O conjunto do projeto ocupa um espaço equivalente a 160cm x 67cm e é possível ser adaptado para feiras, trabalhos de automação, montagens em geral e em função da ligação dos cabos serem flexíveis é possível desnivelar a maquete da central conforme a Figura 78.



**Figura 78 - Montagem completa**

## 5 CONCLUSÕES

A automação residencial permite melhorar a qualidade de vida das pessoas proporcionando conforto e facilitando rotinas, o que proporcionou um grande crescimento na área. Outros benefícios identificados são os de redução no consumo de energia elétrica, aumento na segurança pessoal e material.

Com a motivação de criar um projeto que atendesse as necessidades de automação residencial de uma maquete e que pudesse ser utilizado como referência para futuros trabalhos, foi feito um projeto de automação de diferentes parâmetros residenciais conforme a metodologia de trabalho de conclusão de curso. Logo, observou-se que essa metodologia de pesquisa atendeu perfeitamente o desenvolvimento do projeto e foi fundamental para o aprofundamento de conhecimento nas áreas na qual se desenvolveu o trabalho.

A revisão bibliográfica ampliou os conhecimentos na área de sensores e protocolos de comunicação. Com isso, possibilitou verificar o melhor custo benefício para o projeto durante a seleção dos dispositivos para a maquete. Alguns trabalhos utilizados como referência utilizavam os sensores em aplicações diferenciadas, mas com o mesmo objetivo, com isso adaptou-se a melhor proposta para cada grandeza que se desejava adquirir no projeto. Ao analisar os diversos protocolos existentes no mercado, foi possível entender o desenvolvimento da automação residencial com o passar dos anos. Logo, tornou se possível à utilização de uma topologia eficiente com a linguagem de programação escolhida.

Para que fosse definida a estrutura da maquete, realizaram-se estudos de quais ambientes atenderiam ao escopo de automação desejado. Devido a essa necessidade, ampliou-se o conhecimento obtido na disciplina de instalações Elétricas industriais e acrescentou-se uma experiência com as práticas utilizadas na automação residencial. Essas foram baseadas no estudo de diversos protocolos, pois cada um apresenta propostas de posicionamento e dimensionamento de dispositivos. Logo, o conhecimento dos protocolos é fundamental para definir quais dispositivos são adequados ao cenário que deseja-se automatizar.

Para avaliar os transdutores, foi necessário adquirir os dados e em alguns casos gerar curvas de calibração. Nessa avaliação, foram utilizados os conhecimentos adquiridos nas disciplinas de eletrônica digital, eletrônica analógica, metrologia e programação. Este estudo levou a conclusão de qual solução apresentava a melhor especificação para o projeto e qual necessitava de circuito de conversão de unidades. Além de avaliar as especificações de catálogo, foram testadas algumas soluções para verificar qual possui o melhor desempenho experimental. Com essa prática, foi possível refinar a avaliação dos sensores e obter a solução que melhor atende o projeto. Além do refinamento, houve necessidade de confecção de circuitos de isolamento para garantir a integridade das entradas e saídas do *myRIO*. Logo, é essencial avaliar os sensores antes do uso e utilizar circuitos auxiliares para garantir a preservação do sistema de aquisição.

No desenvolvimento do software foi necessário conhecer os tipos de comunicação entre o *myRIO* e os sensores, controles e o *tablet*. Para alguns processos, foi necessária a utilização de alto processamento de dados o que levou a necessidade de desenvolver rotinas paralelas com controle de processamento e gerenciamento de dados de forma rápida e eficiente. Além dos processos, a comunicação entre o *tablet* deve ocorrer de forma rápida com a central sem causar falhas no envio e recebimento de dados, o que exigiu aperfeiçoamento na forma de utilização dos dados. Houve necessidade de utilização de ferramentas dos módulos do *Labview* disponíveis para o *myRIO* da *NI* na execução do loop do *dimmer*. Com essas ferramentas foi possível aumentar o tempo de execução das rotinas e executar *loops* com temporização de microssegundos. Então, se obteve um amplo conhecimento nas ferramentas disponíveis para a criação de softwares do *myRIO* e percebeu-se que é necessário o uso de outros microcontroladores auxiliares quando ocorrem um número elevado de rotinas que necessitam de alto processamento.

As rotinas desenvolvidas embora tenham sido separadas devido à limitação do *hardware*, executam com excelência as especificações definidas para as interfaces. Essas podem ser adaptadas para ambientes diversos e utilizadas como referência de sistemas para automação.

Com isso, conclui-se que os objetivos deste projeto foram todos alcançados. Os conceitos de programação desse trabalho poderão ser aplicados em outros microcontroladores. Os conceitos de automação poderão fomentar conhecimento nos projetos que necessitem o uso dos dispositivos avaliados e em trabalhos relacionados a automação residencial. A maquete ficará disponível no IFSC para a utilização em novos projetos de pesquisa e desenvolvimento, ensino de aplicação de sensores, metrologia, programação, instalações, entre outros diversos conceitos que foram necessários para o desenvolvimento do projeto.

## **5.1 Trabalhos futuros**

O projeto atendeu as expectativas de controle planejadas no início do trabalho, mas é possível em trabalhos futuros modificar seu escopo, pois a estrutura e o painel são flexíveis a ponto de poder ser utilizado em outros projetos. Entre as sugestões estão:

- Alterar central para microcontroladores de baixo custo;
- Dimerização de todos os ambientes;
- Construção de aplicativo dedicado;
- Aperfeiçoamento da interface com inclusão de usuário com senha;
- Utilização de imagens de câmera para inclusão de sistemas de segurança;
- Adicionar banco de dados para análises de consumo;
- Adicionar possibilidade de controle de horário;
- Adicionar sistema de controle de jardinagem;
- Adicionar comando por voz de controles;
- Adicionar controles de eletrodomésticos;
- Adicionar leitor biométrico para identificação de usuário.



## REFERÊNCIAS

ACLINFO. **Sensor de chuva arduino**. <Disponível em:

<http://www.aclinformatica.com/products.php?product=sensor-de-chuva-arduino>> Acesso em: 15/06/2016.

ALBERTAZI, Armando; SOUSA, André R. **Fundamentos de metrologia científica e industrial**. 1ª edição. Barueri: Manoele, 2008.

ALLEGRO. **ACS712**: Fully Integrated, Hall-Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor.

<disponível em:

<http://www.allegromicro.com/en/Products/Current-Sensor-ICs/Zero-To-Fifty-Amp-Integrated-Conductor-Sensor-ICs/ACS712.aspx>> Acesso em: 29/05/2016.

ALVAREZ, Daniel Fernandes de Souza; ANTUNES, Felipe Ihlenfeldt. **AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL UTILIZANDO BLUETOOTH, ETHERNET E SMARTPHONE**. UTFPR, Curitiba, 2015. <Disponível em: [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3977/1/CT\\_COMET\\_2014\\_2\\_05.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3977/1/CT_COMET_2014_2_05.pdf)> Acesso em: 29/05/2016.

ALVES, Ígor Felipe Rodrigues. **Automação Residencial com Arduino e Android**. Faculdade de Pindamonhangaba, Pindamonhangaba, 2014. <Disponível em: <http://177.107.89.34:8080/jspui/bitstream/123456789/275/1/igorALVES.pdf>> Acesso em 29/05/2016.

ANDERSON, Liana Oighenstein et al. **Mapeamento da Cobertura da Terra do Estado do Mato Grosso através da utilização de dados Multitemporais do Sensor MODIS**. São Paulo, 2004. <Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1912/2006/01.11.11.54>

</doc/665-2809-1-PB%5b1%5d.pdf>> Acesso em: 17/05/2016.

ANDROID. **Android Studio**. <Disponível em: <https://developer.android.com/develop/index.html>> Acesso em: 29/05/2016.

ARDUINO. **Arduino UNO & Genuino UNO**. <Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>> Acesso em: 14/06/2016.

BARBOSA, Christian. **A Tríade do Tempo**. 1ª edição. São Paulo: Campus, 2008.

BARROS, Auriza Lopes de. **Edifícios Inteligentes e Domótica**: Proposta de um Projecto de Automação Residencial utilizando o protocolo X-10. Cabo Verde: FUNIBER, 2010.

BEGA, Egídio Alberto et al. **Instrumentação industrial**. 2ª edição. Rio de Janeiro: 2006.

BEGHINI, Lucas, Bragazza. **Automação Residencial de baixo custo por meio de dispositivos móveis com sistema operacional Android**. USP, São Carlos, 2013. <Disponível em: [http://www.bdta.sibi.usp.br/bitstream/BDTA/2105/1/Beghini\\_Lucas\\_Bragazza.pdf](http://www.bdta.sibi.usp.br/bitstream/BDTA/2105/1/Beghini_Lucas_Bragazza.pdf)> Acesso em: 29/05/2016.

BERGMANN, Sergio Oliveira. **Acessibilidade através da automação residencial**. UniCEUB, Brasília, 2013. <Disponível em: <http://www.repositorio.uniceub.br/bitstream/235/4915/1/20923904.pdf>> Acesso em 29/05/2016.

BOLZANI, Caio Augustus M. **Residências Inteligentes**: um curso de domótica. 1ª edição. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.



BORGES, Waleska. PEREIRA, Rosangela Saldanha; SANTOS, Danielle Almeida dos;. **A Mulher no Mercado de Trabalho**. São Luís: UFMA, 2005. <disponível em: [http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinppII/pagina\\_PGP/P/Trabalhos/EixoTematicoD/321waleska\\_Rosangela\\_Danielle.pdf](http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinppII/pagina_PGP/P/Trabalhos/EixoTematicoD/321waleska_Rosangela_Danielle.pdf)>. Acesso em: 20/04/2016.

BRUSCHINI, Cristina; LOMBARDI, Maria Rosa. **A Bi-Polaridade do Trabalho Feminino no Brasil: O Emprego Doméstico e as “Novas” Ocupações**. Mulher e Ocupação 1999.

CAMPOS, Roberto Augusto Freitas. **Automação residencial utilizando Arduino e aplicação web**. UniCEUB, Brasília, 2014. <Disponível em: [http://www.repositorio.uniceub.br/bitstream/235/5461/1/Monografia\\_Roberto.pdf](http://www.repositorio.uniceub.br/bitstream/235/5461/1/Monografia_Roberto.pdf)> Acesso em: 29/05/2016.

CIRCUITDIGEST. **Arduino Based Digital Thermometer**.<Disponível em: <http://circuitdigest.com/microcontroller-projects/digital-thermometer-using-arduino>> Acesso em: 15/06/2016.

COSTA, Henrique Dariva Nascimento; MERINO, Régis Keller Zortéa; PEREIRA, Wellington Alves. **Desenvolvimento e análise de um sistema de automação predial utilizando uma central de controle via rede externa**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013. <Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/978>> Acesso em: 26/05/2016.

DIAS, César Luiz de Azevedo; PIZZOLATO, Nélio Domingues. **Domótica: Aplicabilidade e Sistemas de Automação Residencial**. CEFET, RJ: 2004.

ESCHNER, Rodrigo Hommerding. **Sistema de automação Residencial Baseado em Sensores ZigBee**. Porto Alegre, 2011. <Disponível em:

<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/37175/000819983.pdf?sequence=1>> Acesso em: 10/05/2016.

FEITOSA, Paulo C. A. et al. **HMS: Um sistema aberto para automação residencial**. UNOESTE, Presidente Prudente, 2010. <Disponível em: <http://revistas.unoeste.br/revistas/ojs/index.php/ce/artic/e/view/475/903>> Acesso em: 29/05/2016.

FONTES, Marcos José de Carvalho. **Automação de sensores de corrente elétrica**. UniCEUB, Brasília, 2013. <Disponível em: <http://repositorio.uniceub.br/bitstream/235/4912/1/20075673.pdf>> Acesso em: 29/05/2016.

FUTUREELECTRONICS. **Photo-Resistor Sensor**. <Disponível em: <http://store.futureelectronics.com/products/photo-resistor-sensor-ldr-large>> Acesso em: 15/06/2016.

GUIMARÃES, Alexandre. **Eletrônica Embarcada Automotiva**. 1ª edição. São Paulo: Érica, 2007.

GUNDIM, Robmilson Simões. **Desenvolvimento e aplicação de metodologia para auxílio da engenharia em automação residencial**. Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 2007. < Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-14012008-115710/en.php>> Acesso em: 27/05/2016.

HOCHSTEIN, Peter A.. **Stereo imagin rain sensor**. US Pat. 6596.978, 12 set. de 1995.

HONDA, Daniel Shigueo; TOMA, Rafael Hideki. **Automação residencial: Integrando ambientes para conforto e segurança**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. < Disponível em: <http://www.pmr.poli.usp.br/sites/pmr.poli.usp.br.euniversidade.com.br/files/Artigo%20Final.pdf>> Acesso em: 29/05/2016.

JOHNSON, Gary W.; JENNINGS, Richard. **Labview Graphical Programming**. Nova Iorque: The McGraw-Hill Companies, [2006?].

LOJAARDUINO. **Sensor Corrente 100A SCT-013 não Intrusivo Arduino PIC**. <Disponível em: <http://www.lojaarduino.com.br/pd-15690f-sensor-corrente-100a-sct-013-nao-intrusivo-arduino-pic-1091.html>> Acesso em: 15/06/2016

MATOS, Bruno Moreira. **Janela Residencial Automatizada**. Brasília, 2009. <Disponível em: <http://repositorio.uniceub.br/bitstream/123456789/3213/2/20515992.pdf>> Acesso em 10/05/2016.

MCROBERTS, Michael. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec Editora, 2011.

MENEZES, Thiago Lima. **Automação para chuveiros elétricos em sistema de aquecimento solar**. UniCEUB, Brasília, 2013. <Disponível em: <http://www.repositorio.uniceub.br/bitstream/235/4913/1/20565200.pdf>> Acesso em: 29/05/2016.

NATIONAL INSTRUMENTS. **O que é NI myRio?**. <Disponível em: <http://www.ni.com/myrio/what-is/pt/>> Acesso em: 26/05/2016.

NATIONAL INSTRUMENTS. **Melhorias no aplicativo Data Dashboard for Labview**. <Disponível em: <http://www.ni.com/white-paper/14033/pt/>> Acesso em: 29/05/2016. A.

NATIONAL INSTRUMENTS. **Suporte de software no NI myRIO**. <Disponível em: <http://www.ni.com/product-documentation/14603/pt/>> Acesso em: 29/05/2016. B.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

NICHELE, Daniel Brandão. **Automação Residencial**: Um grande auxílio para idosos e deficientes. Itatiba: USF, 2010.

NIELSEN IBOPE. **Mobile Report**. São Paulo, 2015. <Disponível em: <http://www.nielsen.com/br/pt/press-room/2015/Brasileiros-com-internet-no-smartphone-ja-sao-mais-de-70-milhoes.html>> Acesso em: 21/04/2016.

NOGUEIRA, Carolina Lio Mentos et al. **AutoControl**: uma proposta para acessibilidade e segurança residencial com o apoio da plataforma Arduino. [S.l.]: Revista Tecnologias em Projeção, 2013.

OLIVEIRA, Isabel R. H. et al. **Desenvolvimento de um aplicativo Android para monitoramento microcontrolado do nível de um reservatório de água residencial em tempo real**. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014. < Disponível em: [http://www.ceel.eletrica.ufu.br/artigos2014/ceel2014\\_artigo009\\_r01.pdf](http://www.ceel.eletrica.ufu.br/artigos2014/ceel2014_artigo009_r01.pdf)> Acesso em: 29/05/2016.

OLIVEIRA, Sercio C.. SILVA, Leandro H.. FONTANA, Eduardo. **Métodos de Aprendizado de Máquina para Detecção de Chuva voltados à Classificação de Risco em Dados de Rede de Sensores sem fio**. Pernambuco, 2013. <Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/261950713\\_Metodos\\_de\\_Aprendizado\\_de\\_Maquina\\_para\\_Deteccao\\_de\\_Chuva\\_voltados\\_a\\_Classificacao\\_de\\_Risco\\_em\\_Dados\\_de\\_Rede\\_de\\_Sensores\\_sem\\_Fio?enrichId=rgreq-3c0951fd-5a47-4785-8a07-4bcb7565bd2a&enrichSource=Y292ZXJQYWdIOzI2MTk1MDcxMztBUzo5OTUxMTI5Njg1NjA3NEAxNDAwNzM2NzUwNDM2&el=1\\_x\\_2](https://www.researchgate.net/publication/261950713_Metodos_de_Aprendizado_de_Maquina_para_Deteccao_de_Chuva_voltados_a_Classificacao_de_Risco_em_Dados_de_Rede_de_Sensores_sem_Fio?enrichId=rgreq-3c0951fd-5a47-4785-8a07-4bcb7565bd2a&enrichSource=Y292ZXJQYWdIOzI2MTk1MDcxMztBUzo5OTUxMTI5Njg1NjA3NEAxNDAwNzM2NzUwNDM2&el=1_x_2)> Acesso em 12/05/2016.

PENACHIM NETO, Moacir. **Automação Residencial**. São Paulo: Campinas, 2009.

PEREIRA, Eduardo Henrique Hortencio. **Soluções inteligentes e de baixo custo para automação residencial utilizando smartphones**. USP, São Carlos, 2014. <Disponível em: [http://bdta.sibi.usp.br/bitstream/BDTA/1807/1/Pereira\\_Eduardo\\_Henrique\\_Hortencio.pdf](http://bdta.sibi.usp.br/bitstream/BDTA/1807/1/Pereira_Eduardo_Henrique_Hortencio.pdf)> Acesso em: 29/05/2016.

RAMOS, Amanda Lúcia Carstens; SANTOS, José Eduardo Lima dos. **Sistema integrado de automação residencial sem fio**. Curitiba: UTFPR, 2015.

ROSÁRIO, João Maurício. **Automação Industrial**. São Paulo: Baraúna, 2009.

ROSÁRIO, João Maurício. **Princípios de Mecatrônica**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

SANTANA, Márcio A. A.; GUIMARÃES, Patrícia L. O.; SILVA, Claudomiro M.. **Pesquisa aplicada e implemenação da calibração de sensores e medidores de chuva**. São Paulo, 2010. <Disponível em: [http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2010/11.22.17.03/doc/Santana\\_Pesquisa%20aplicada.pdf](http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2010/11.22.17.03/doc/Santana_Pesquisa%20aplicada.pdf)> Acesso em: 10/05/2016.

SILVA, Fabrício de Carvalho. **Redes de comunicação para aplicações em automação residencial**: Revisão de literatura. Minas Gerais: UFLV, 2006.

SILVA FILHO, Antônio M. da; et al. **Desenvolvimento de kits didáticos para o aprendizado da automação**. COBENGE, Goiânia, 2012. <Disponível em: <http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2012/artigos/104302.pdf>> Acesso em: 29/05/2016.

SUBAIR, Shayama; ABRAHAM, Lizy. **Intelligent pressure measuring system**. International Journal of Computer Schiente and Mobile Computing, [S.I.], 2014. <Disponível em: <http://www.ijcsmc.com/docs/papers/August2014/V3I8201415.pdf>> Acesso em: 29/05/2016.

SUN, Xiao-bing et al. **TOTAL INTERNAL REFLECTION INFRARED RAIN SENSOR**. Changchun, 2010. <Disponível em: [http://en.cnki.com.cn/Article\\_en/CJFDTOTAL-YBJS201009035.htm](http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-YBJS201009035.htm)> Acesso em 17/05/2016.

TAKAHASHI, Bruno Kazuo; VIZCAINO, Fernando Moritomo. **Sistema de informação residencial para consumo energético (SIRCE)**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. <Disponível em: [http://www.pmr.poli.usp.br/sites/pmr.poli.usp.br/euniversidade.com.br/files/Artigo\\_SIRCE\\_v2\\_1.pdf](http://www.pmr.poli.usp.br/sites/pmr.poli.usp.br/euniversidade.com.br/files/Artigo_SIRCE_v2_1.pdf)> Acesso em 29/05/2016.

TEZA, Vanderlei Rabelo. **Alguns aspectos sobre automação residencial – Domótica**. UFSC: Florianópolis, 2002.

WERNECK, Marcelo Martins. **Transdutores e Interfaces**. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

ZÃO, João Miguel Matiz de Barros. **Módulo ‘O meu Mordomo’ para Aplicações Móveis e Domótica**. U.Porto, Porto, 2015. <Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/79304/2/117295.pdf>> Acesso em: 29/05/2016.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Planta Proposta

