

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - UCAM  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PESQUISA OPERACIONAL E  
INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL  
CURSO DE MESTRADO EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA  
COMPUTACIONAL

Anderson Vinícius Toledo Andrade

PRINCIPAIS DESAFIOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:  
PROTOTIPAÇÃO COM ARDUINO

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ  
Outubro de 2013

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - UCAM  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PESQUISA OPERACIONAL E  
INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL  
CURSO DE MESTRADO EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA  
COMPUTACIONAL

Anderson Vinícius Toledo Andrade

PRINCIPAIS DESAFIOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL:  
PROTOTIPAÇÃO COM ARDUINO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional, da Universidade Candido Mendes - Campos/RJ, para obtenção do grau de MESTRE EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL.

Orientador: Prof. Fermín Alfredo Tang Montané, D.Sc.

Coorientadora: Profa. Annabell D.R. Tamariz, D.Sc.

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ  
Outubro de 2013

ANDERSON VINÍCIUS TOLEDO ANDRADE

PRINCIPAIS DESAFIOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL: PROTOTIPAÇÃO COM ARDUINO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional, da Universidade Candido Mendes - Campos/RJ, para obtenção do grau de MESTRE EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL.

Aprovada em \_\_\_\_\_ de 2013.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Fermín Alfredo Tang Montané - Orientador  
Universidade Candido Mendes

---

Prof. Dalessandro Soares Vianna, D.Sc.  
Universidade Federal Fluminense

---

Prof. Annabell del Real Tamariz, D.Sc.  
Universidade Estadual do Norte Fluminense

---

Prof. Wagner Luiz Ferreira Lima D.Sc.  
Universidade Estadual do Rio de Janeiro

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ  
2013

A meus pais, irmãos, filha e esposa que sempre me apoiam e estão ao meu lado quando mais preciso.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por me dar saúde e sabedoria para concluir a longa jornada do mestrado.

A minha mãe Celeste, ao meu pai Bralny, meus irmãos Caio que neste momento lá no céu está me protegendo e Priscila, minha filha Ana Beatriz e Thaís minha querida esposa, por acreditarem e confiarem em mim, pelo amor, dedicação e motivação que sempre me proporcionaram.

Ao querido orientador Prof. D.Sc. Fermín Alfredo Tang Montané, pela dedicação, paciência e perfeita orientação em todas as etapas no desenvolver deste trabalho. A amiga profa. D.Sc. Annabell del Real Tamariz, por tamanha paciência, dedicação e os puxões de orelhas quando necessário. A Universidade Candido Mendes de Campos dos Goytacazes (UCAM).

Aos meus amigos que, direta ou indiretamente, me ajudaram e apoiaram no decorrer dos estudos.

"Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre".  
(*Paulo Freire*)

## RESUMO

### PRINCIPAIS DESAFIOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL: PROTOTIPAÇÃO COM ARDUINO

A automação residencial no Brasil está em constante evolução pelo maior poder de compra dos brasileiros nos últimos anos, a mudança de classe econômica e principalmente pela ascensão da construção civil. Existe uma demanda considerável no setor, principalmente no que diz respeito à automatização dos eletroeletrônicos como forma de comodidade e também segurança das residências. O mundo moderno confere ao cotidiano do ser humano pouco tempo para administrar as tarefas diárias de suas casas e a possibilidade de gerenciar algumas dessas atividades, mesmo quando ausente, deixa de ser um luxo e passa a ser tão necessário quanto hoje é a comunicação via telefonia móvel ou a internet. A realidade do mundo atual evolui e atualmente a interação de vários objetos eletrônicos entre si ou mesmo entre os seres humanos se faz necessária a cada dia. A utilização de técnicas computadorizadas ou mecânicas com o objetivo de reduzir a mão de obra em qualquer processo diminui os custos e eleva a velocidade de produção. O objetivo do presente estudo é identificar, mediante a prototipação de um circuito eletrônico integrado com o Arduino, os pontos críticos de criação, configuração e viabilidade do sistema para automação residencial valendo-se de um hardware livre. A opção pelo Arduino favoreceu o protótipo desenvolvido por ser uma plataforma de *software* e *hardware* livre que se adaptou às configurações próprias do projeto a um baixo custo comprovando assim sua sustentabilidade além de oferecer conforto, segurança e praticidade ao usuário. A flexibilidade de expansão oferecida pela plataforma Arduino foi a principal motivação da pesquisa, pois permitiu desenvolver o protótipo a um baixo custo sem a necessidade de adquirir plataformas mais sofisticadas e de alto valor contribuindo assim para a redução de lixos eletrônicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Automação residencial; Arduino; Técnicas computadorizadas; Eletroeletrônicos

## ABSTRACT

### MAIN CHALLENGES IN HOME AUTOMATION: PROTOTYPING WITH ARDUINO

The home automation in Brazil is constantly evolving through greater purchasing power of Brazilians in recent years, the change in economy class and especially the rise construction. There is a considerable demand in the sector, especially with respect to the automation and electronics as a means of convenience and safety of homes. The modern world gives the everyday human little time to manage the daily tasks of their homes and the ability to manage some of these activities, even when absent, no longer a luxury and becomes as necessary as today is communication through mobile or the internet . The reality of today's world evolves and currently the interaction of various electronic objects from or even between humans is needed every day. The use of mechanical or computerized techniques in order to reduce the labor in any process lowers costs and increases production speed. The aim of this study is to identify, through prototyping an electronic circuit integrated with the Arduino, the critical points of creation, configuration and feasibility of the system for home automation taking advantage of a free hardware. The option favored by Arduino prototype developed to be a platform for free software and hardware that has adapted to configurations own design at low cost thus proving its sustainability in addition to providing comfort , security and convenience to the user. The expansion flexibility offered by the Arduino platform was the main motivation of the research because it allowed the prototype to develop a low cost without the need to acquire more sophisticated platforms and high value thereby helping to reduce spamming.

KEY WORDS: Home automation; Arduino; Computer techniques; Electronic.



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
1.1	OBJETIVO GERAL	11
1.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	11
1.3	ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	11
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.</b>	<b>17</b>
3.1	TECNOLOGIAS APLICADAS À AUTOMAÇÃO NO BRASIL	17
<b>3.1.1</b>	<b>Estatística do Setor de Automação Residencial</b>	<b>21</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Eletroeletrônicos Inteligentes</b>	<b>21</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Arduino</b>	<b>23</b>
3.1.3.1	Computação física	23
3.1.3.2	Definição da Plataforma	23
3.1.3.3	Derivações da Plataforma Arduino	27
3.1.3.4	Definição de Shields	28
3.1.3.5	Sensores	28
3.1.3.6	Atuadores	29
3.1.3.7	Microcontrolador	30
3.1.3.8	IDE Arduino	31
3.1.3.9	Processing	33
<b>4</b>	<b>BIBLIOTECAS UTILIZADAS.</b>	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.</b>	<b>36</b>
5.1	APLICAÇÃO WEB	47
5.2	DEFINIÇÃO DOS CENÁRIOS	48
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.</b>	<b>50</b>
6.1	IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS CRÍTICOS E POSITIVOS	50
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.</b>	<b>52</b>
7.1	TRABALHOS FUTUROS	54
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.</b>	<b>56</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico da informática e o grande consumo de equipamentos eletrônicos nas diferentes classes sociais fica evidente a contribuição da redução nos custos de produção dessas máquinas que na atualidade fazem parte do cotidiano de todo ser humano devido ao crescimento econômico da população. Com um mercado cada vez mais exigente, a necessidade de inovações frequentemente lança novos produtos no mercado alavancando o consumismo. Desde a utilização da telefonia móvel muito se tem contribuído para que sejam desenvolvidos equipamentos que vão auxiliar e reparar as falhas humanas. A Automação é um sistema automático de controle que gerencia seu funcionamento e é capaz de introduzir correções e sugestões sem a necessidade da interferência humana. É um conjunto de técnicas que podem ser aplicadas sobre um processo para torná-lo mais eficiente através de um reduzido consumo de energia, da baixa emissão de resíduos e de forma segura. A utilização de técnicas computadorizadas ou mecânicas com o objetivo de reduzir a mão de obra em qualquer processo diminui os custos e eleva a velocidade de produção. Atualmente a automação está presente em vários setores desde residências até mesmo nos processos mais complexo tanto comercial como industrial.

Segundo, Lacombe (2004):

Automação é um sistema automático de controle pelo qual os mecanismos verificam seu próprio funcionamento, efetuando medições e introduzindo correções, sem a necessidade da interferência do homem. Automação é a aplicação de técnicas computadorizadas ou mecânicas para diminuir o uso de mão-de-obra em qualquer processo, especialmente o uso de robôs nas linhas de produção. A automação diminui os custos e aumenta a velocidade da produção. Também pode ser definida como um conjunto de técnicas que podem ser aplicadas sobre um processo objetivando torná-lo mais eficiente,

ou seja maximizando a produção com menor consumo de energia, menor emissão de resíduos e melhores condições de segurança, tanto humana e material quanto das informações inerentes ao processo.

O novo estereótipo desempenhado pela mulher nesse século exige cada vez mais a utilização de novas tecnologias que irão promover a praticidade de gerenciar sua casa mesmo quando a distância. A automação faz funcionar os sistemas integrados e facilitam a vida moderna através de simples comandos.

### 1.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é identificar, mediante a prototipação de um circuito eletrônico integrado com o Arduino, os pontos críticos de criação, configuração e viabilidade do sistema para automação residencial valendo-se de um hardware livre.

### 1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

O presente trabalho tem como objetivos específicos: realizar pesquisa bibliográfica relacionada à automação residencial, construir um protótipo de circuito de automação residencial utilizando *software* e *hardware* livre; apresentar os resultados (finais) por meio de tabelas e análise de circuito de forma a permitir identificar os pontos críticos da implementação utilizando estas ferramentas.

### 1.3 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em 8 capítulos.

Capítulo 1 - Introdução apresenta a contextualização do tema, formulação da situação problema e os objetivos da pesquisa.

Capítulo 2 - Revisão de literatura onde são descritas as principais tecnologias aplicadas à automação no Brasil, estatísticas no setor de automação residencial no Brasil, definição do termo Domótica e aplicações de eletroeletrônicos inteligentes.

Capítulo 3 - Derivações do Arduino e os periféricos que o compõe.

Capítulo 4 - Microcontrolador, linguagem de programação utilizada, compilador, bibliotecas utilizadas.

Capítulo 5 - Metodologia descreve o protótipo do circuito eletrônico, bem como foram realizados a elaboração do Código fonte e escolha dos circuitos auxiliares.

Capítulo 6 - Resultados e discussão da montagem do circuito, do funcionamento do aplicativo, da identificação dos pontos críticos e dos pontos positivos.

Capítulo 7 - Considerações finais com as conclusões e proposta para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A palavra Domótica é a junção da palavra latina Domus (casa) e do termo Robótica Andrade, (2011). O significado está relacionado à instalação de tecnologia em residências, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida, aumentar não só a segurança, mais também gerenciar melhor o tempo, viabilizar o uso racional dos recursos proporcionando assim comodidade para seus habitantes.

Um sistema domótico é dividido em vários subsistemas e cada qual atua especificamente em um campo de controle. Atualmente estes sistemas são informatizados e computadorizados.

Vecchi (1993), afirma que existe uma complementação do termo na denominação dessa tecnologia como domótica inteligente. Algumas características são fundamentais em um sistema inteligente de domótica tais como: a fácil interação com os habitantes, com interfaces homem-máquina (IHM); o sistema deverá possuir noção temporal; memória; capacidade de integrar todos os sistemas do ambiente; atuar em diversas condições com facilidade de reprogramação e capacidade de autocorreção.

No Brasil a automação residencial é conhecida com os mesmos objetivos de integrar toda a casa ou parte dela com equipamentos eletroeletrônicos, tal quais os sistemas de irrigação, de climatização ou até mesmo o controle de uma cafeteira remotamente através de um ponto central.

Idealizada por Banzi (2011) a plataforma de fonte aberta tanto na parte física como na lógica serviu de base para o desenvolvimento do projeto Arduino.

Vários projetos foram desenvolvidos, a partir da ideia principal de Banzi, para controlar dispositivos, dando um pontapé inicial no mundo da automação residencial.

Dispositivos para controlar lâmpadas, tomadas de uso geral, climatizadores de ar, portões eletrônicos até mesmo uma cafeteira através do Arduino via Web, com um custo reduzido a partir de plataformas fechadas existentes no mercado, viabilizando assim projetos de automação (SILVEIRA, 2011); (McROBERTS, 2012).

Podemos analisar em um dos artigos científicos pesquisados com o título Home Automation With ZigBee, Osipov (2008), onde autor tece a concepção de que automação residencial é a universalização dos controles remotos, interação de Televisores e aparelhos de som em um só conjunto, o autor integra um sistema de controle universal utilizando o Arduino e o ZigBee e uma nova tecnologia de comunicação sem fio como plataforma para controlar estes dispositivos (OSIPOV, 2008).

Outras opiniões relevantes são fornecidas por Bonzani, (2004), no livro Casas Inteligentes, ele trabalha não só com a concepção de Osipov, ampliando o campo do saber no que se refere à automação residencial, levando este tema muito além, citando que é possível integrar não só estes dispositivos, mais dentre outros, podendo demonstrar os seguintes exemplos, como o portão eletrônico, porta automática com sensores, ar condicionado e controle de iluminação. Justamente o último item é extremamente relevante, pois, Bonzani (2004) já visava à preocupação com o desperdício de energia, pois estes sistemas de iluminação podem controlar os gastos demasiados/excessivos com a energia elétrica na residência.

Os dois autores concordam em um mesmo ponto de que estas tecnologias são fechadas, e que só se comunicam entre si e somente si. A interação entre outra tecnologia ou fabricante não é possível, eles não falam a mesma linguagem, ou seja, não partilham do mesmo protocolo de comunicação, criando assim certo monopólio. Se você compra um equipamento para automatizar sua residência só poderá expandir o sistema se adquirir o produto do mesmo fabricante, encarecendo assim o projeto de automação residencial que seja almejado. Os dois autores citam as mesmas tecnologias que fazem parte de rol chamada de módulos de X10, que são módulos de automação que só funcionam com o mesmo fabricante.

A automação residencial, também chamada de domótica foi desenvolvida para atender as exigências de conforto e segurança dos usuários domésticos, entretanto os problemas existentes nos diferentes tipos de equipamentos no mercado indicam que não existe interação entre tecnologia e fabricante. O sentido

de monopolizar as marcas de muitos fabricantes é na atualidade a principal barreira encontrada pela automação residencial (DAAMEN, 2005).

Fornecer praticidade, conforto, economia e segurança no dia-a-dia dos usuários devem ser a base fundamental para que se desenvolvam equipamentos eficazes e de fácil acesso (ABREU, 2003).

Muitos projetos de automação residencial têm sido desenvolvidos com base nos projetos existentes onde a grande maioria não integra outros sistemas além do controle remoto de iluminação (DAAMEN, 2005).

Integrar diferentes aparelhos eletrodomésticos é o grande desafio da domótica atual.

Piyare (2011) falam da automação residencial através da integração do Arduino com o Bluetooth baseado no sistema de automação residencial utilizando o telefone celular.

Solanki (2011) descrevem um controle remoto universal desenvolvido em uma plataforma de hardware e software livre (*Handmote*).

Outros instrumentos utilizam como base o Arduino aplicados na área da robótica, carros autômatos, braços robóticos dentre outras aplicações como cálculo de física, exemplo visto no artigo (Souza Júnior, Eduardo 2011). Nenhum destes artigos ou mesmo livros trata especificamente da utilização do Arduino e uma rede estruturada a cabo e comunicação I2C para a automação residencial.

De acordo com Silva (2011) o limite de alcance com o Bluetooth (10 a 20 metros), é um fator limitante desse sistema nos projetos de longo alcance, entretanto o baixo consumo de energia desse tipo de equipamento e os custos reduzidos com sua montagem viabilizam a utilização do mesmo.

Para Nunes (2002), a domótica oferece comodidade e segurança do patrimônio aliado à economia de energia e melhor gestão dos recursos utilizados na habitação.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 TECNOLOGIAS APLICADAS À AUTOMAÇÃO NO BRASIL

**X10** - Foi uma das primeiras tecnologias aplicadas à automação residencial no mundo nos anos 70. Este protocolo de comunicação foi desenvolvido com um diferencial de grande interesse, pois utiliza cabeamento estruturado onde a própria rede elétrica é utilizada para a comunicação com eletroeletrônicos acoplados a interfaces X-10. Ela converte pulsos elétricos em códigos binários acoplados aos acessórios e processa os dados transmitidos pela rede elétrica. O grande problema dessa plataforma é que ela caiu em desuso, devido aos elevados custos de instalação, além de não permitir a comunicação com outras plataformas. Outra desvantagem dessa tecnologia no Brasil é que as distribuidoras de energia elétrica não oferecem uma eletricidade de boa qualidade como às utilizadas em residências, o que pode ocasionar quedas, variações de tensão comprometendo o sistema de automação dessa tecnologia. (BOLZANI, 2004)

**Scenario** - É uma empresa brasileira que existe há mais de 15 anos que desenvolve soluções para o mercado de automação residencial ou predial, com ênfase em ambientes inteligentes e trabalha com duas linhas de produtos: a Linha Classic que é um sistema modular, composto por diversos módulos de acionamento para diferentes tipos de lâmpadas e cargas; a linha CompactWall que apresenta soluções simplificadas e oferecem todos os recursos necessários para o controle de cenas de iluminação. Essas duas linhas de produtos atendem uma demanda de controle de iluminação, com dimerizadores que controlam os níveis de intensidade de luz



deixando o ambiente mais claro, mais escuro, meia luz dentre outros perfis de acordo com a necessidade do usuário. (Disponível em: <<http://www.scenario.ind.br/index.php?form=EnterpriseForm>>. Acessado em: 12/03/2012).

**NeoControl** - Empresa Internacional fabricante de produtos para automação residencial em todas as fases do processo. Permite a integração direta do sistema com a rede da residência utilizando várias interfaces para o controle, monitoramento e a integração residencial. Pode ser acoplado com a necessidade do usuário com a facilidade de acessar via Internet através de dispositivos remotos controlados com senha. De fácil instalação, basta encaixar os módulos e habilitá-los através dos serviços de instalação e configuração de responsabilidade do integrador para o profissional. (Disponível em: <<http://www.neocontrol.com.br/public/quemsomos>>. Acessado em: 12/03/2012)

**IHC** - É um sistema distribuído por uma empresa pioneira no mercado brasileiro de automação residencial a IHC Technologies. Foi à primeira empresa no Brasil a propor integração total de diversas tecnologias disponíveis em uma única interface - controle total em um único software. Todos os produtos distribuídos pela IHC Technologies são compatíveis com sistemas Operacionais Android, IOS, Kindle e Windows Mobile, mantendo o conceito de integração e praticidade, tendo sua proposta de trabalho centrada no desenvolvimento de possibilidades de integração de dispositivos, com utilização de controles centralizados e interfaces abertas, estas onde podemos adicionar novos dispositivos. A IHC concentra sua ação em quatro núcleos: vídeo, áudio, iluminação e adicionais. A integração total de tudo que temos e poderíamos vir a ter se faz através dos grupos tecnológicos respectivos unificados. (Disponível em: <<http://ihclub.com.br/site/>>. Acessado em: 12/03/2012).

**Z-Wave** - Tecnologia desenvolvida e autorizada pela empresa Zensys adquirida pelo grupo Sigma Designs com sede na Califórnia (EUA) e alguns representantes no Brasil. Utiliza um protocolo de comunicação sem fios com uma largura de banda estreita programada para enviar comandos de controle e, potencialmente, dados secundários. Utiliza um meio simples, confiável e de baixo consumo de energia, trabalha com ondas de rádio que ultrapassam paredes, pisos e armários. Não possui largura de banda suficiente para transmissão de áudio ou vídeo. Este sistema

permite que todos os aparelhos elétricos se comuniquem uns com os outros, tais como, condicionadores de ar, tomadas, lâmpadas, via controle remoto. As funcionalidades podem ser acrescentadas a praticamente qualquer dispositivo eletroeletrônico doméstico, até mesmo aos dispositivos que normalmente não seriam identificados como "inteligentes", tais como aparelhos, motores ou persianas, termóstatos e iluminação doméstica. Tal tecnologia permite controlar os dispositivos remotamente a partir de um computador com Internet e qualquer lugar do mundo, até mesmo através de um telefone *Smartphone*, *tablet* e dispositivo móvel com acesso à rede mundial de computadores.

Esta plataforma unifica todos os produtos eletroeletrônicos de uma casa numa rede sem fios integrada, sem qualquer programação especial e sem a necessidade de um novo cabeamento elétrico. Qualquer dispositivo pode ser ativado e automaticamente adicionado a esta rede. Muitos dispositivos não Z-Wave™ podem se tornar compatível através de módulos Z-Wave™ acessórios. Em segundos, o dispositivo fica anexo à rede sem fios e pode comunicar com os outros atuadores e interfaces Z-Wave™ como se fosse o recurso *plug and play*. Outra vantagem desse sistema é que o protocolo funciona com frequência própria sem a interferência de outros equipamentos sem fios da residência, como por exemplo, os telefones sem fios e roteadores e outros dispositivos *Wi-Fi*, sendo esse último módulo o grande diferencial, pois permite a integração do sistema como outras plataformas e até mesmo acessórios de diferentes fabricantes. Atualmente, no Brasil, um interruptor inteligente com essa tecnologia custa em média, R\$ 400,00 com o valor do serviço de instalação incluso. (Disponível:<<http://www.zwave.com.br/>>. Acessado em: 12/03/2012).

**Zigbee** - É a tecnologia mais utilizada atualmente e foi criada no ano de 2005, através da junção de várias empresas dando origem ao grupo denominado Alliance. Esta empresa está trabalhando em um novo modelo de comunicação, com um padrão de rede sem fio denominado IEEE 802.15.4, para aplicações embarcadas que exigem autonomia com baixo consumo de energia e amplamente utilizada em entretenimentos domésticos tais como, controle de iluminação inteligente, controle de temperatura, sistemas de segurança, coletores de dados, e outras infinidades de dispositivos, graças ao seu robusto e confiável protocolo. Pode funcionar através de

baterias que pode durar ano e ainda permite integrar essa tecnologia Zigbee™ ao Arduino, Osipv (2008).

**Install Heading** - Empresa Brasileira criada em 1992 e fabricante de diversos dispositivos para automação predial. Trabalha com adaptações de seus produtos para a automação residencial, industrial e hotelaria, com equipamentos robustos como controladores lógicos programáveis, quadros de distribuição de energia, redes de controle, dimerizadores, *HomeCare* (monitoração de pacientes em suas residências) além de um sistema de rede que integra os equipamentos. Esta interface utiliza protocolo de comunicação próprio denominado Install®. No estudo dessa tecnologia não foi identificado a comunicação sem fio, via roteador. Existe sim um módulo denominado interface com telefonia fixa ou celular, tarifando assim cada acesso, o que inviabiliza o projeto principal cujo objetivo é a redução de custos operacionais e integração de vários sistemas de automação residencial.

A necessidade de agregar diversos periféricos e equipamentos, inclusive computadores ligados ao sistema prejudica o controle com os gastos com energia. (Disponível em: <<http://www.heading.com.br/empresa.php?secao=1>>. Acessado em: 12/03/2012)

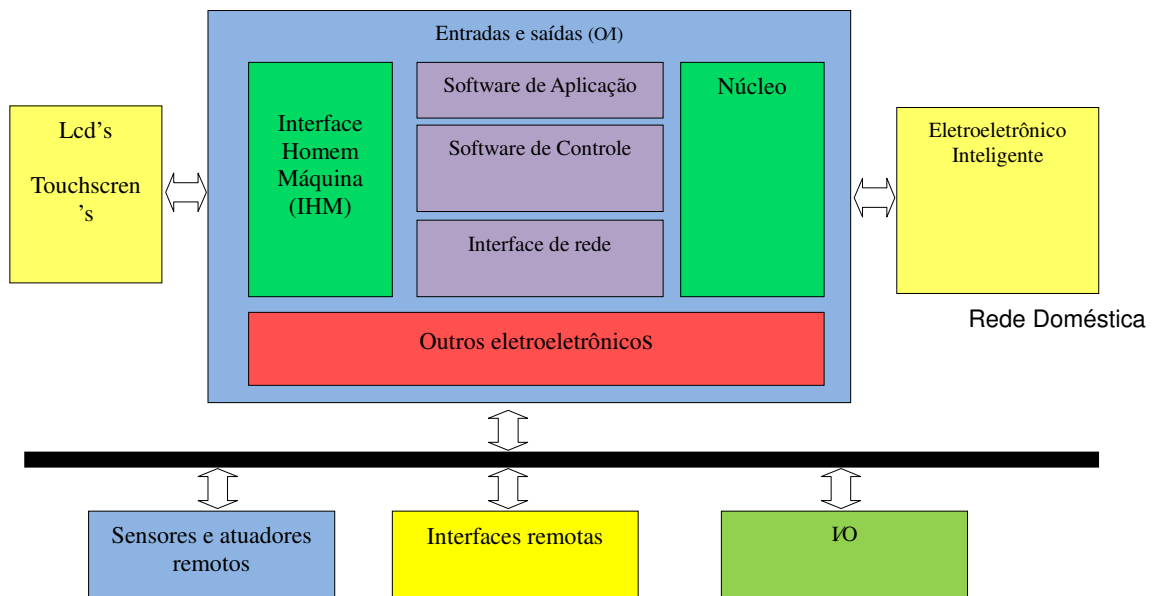
**Control4** - Empresa criada por, Will West, Eric Smith e Mark Morgan dedica-se a fornecer produtos para a automação residencial. Há bastante tempo no mercado, associaram a tecnologia de rede sem fio à protocolos de Internet (IP) para permitir automação às casas já construídas, ampliando assim o mercado. Especializando-se em produzir produtos com e sem fios para automação residencial, desde dimerizadores às tomadas inteligentes para controlar qualquer eletroeletrônico, economicamente viável para as residências. Os produtos dessa empresa podem ser instalados em qualquer tipo de residência devido à facilidade de instalação e configuração dispensando a necessidade de reformas estruturais na casa. Os produtos oferecidos por esta empresa proporcionam várias soluções, onde integram controle de luzes, áudio, vídeo, paisagismo e climatização. O protocolo de comunicação da empresa é o Zegbee™. Além da excelência no acabamento é bem conceituado em matéria de luxo e sofisticação. (Disponível em: <<http://www.control4.com/spaces#show-whole-home>>. Acessado em: 12/03/2012)

### 3.1.1 Estatísticas do Setor de Automação Residencial

Na busca por maiores informações a respeito do tema a associação brasileira de automação residencial, Aureside (2013), afirma que no Brasil o mercado de automação residencial está em grande expansão e em um ritmo muito acelerado. Segundo o engenheiro José Roberto Muratori, presidente da associação: "Os novos projetos de automação aumentam na proporção de 30% a 35% ao ano e o mercado potencial é de, no mínimo, 1,5 milhões de residências automatizadas até o ano de 2015". Na mesma reportagem (AURESIDE, 2013) o engenheiro aborda as novas tendências e explica que no futuro os *tablets* e *smartphones* serão os grandes integradores do sistema de automação residencial. Atualmente é uma tendência mundial que permite ao usuário se conectar, todo tempo, aos dispositivos conectados de sua casa.

### 3.1.2 Eletroeletrônicos inteligentes

Na atualidade a internet alcançou um lugar de destaque na sociedade de todo mundo onde qualquer equipamento pode ser conectado. O dispositivo obtém um endereço IP e vários eletroeletrônicos inteligentes, tais como residências inteligentes são os grandes desafios da atualidade e novas camadas de IP como o IPv6, que amplia o número de IPs já existentes. Para um eletroeletrônico ser chamado de inteligente ele tem que possuir a capacidade de comunicação entre si, memória, portas de comunicação de entrada e saída, conforme ilustração abaixo. Obtendo-se estas características posteriormente explanadas pode-se afirmar que este eletrodoméstico é inteligente bastando haver comunicação entre eles.



**Figura 1. Modelo de eletroeletrônico inteligente**

A figura 1 demonstra as principais características de um eletroeletrônico Inteligente, suas especificações de portas de entrada e saída para que se faça a comunicação entre motores, sensor de temperatura, luminosidade, maçanetas eletrônicas, lâmpadas, cafeteiras dentre outros, esta tecnologia pode estar embarcada nos eletroeletrônicos ou mesmo no Arduino. Através dos pulsos elétricos ocorreram a transformação no núcleo de processamento e o mesmo converte estes pulsos elétricos em códigos binários codificando ou mesmo decodificando a informação inerente ao comando dado ao eletroeletrônico que nada mais é a verificação do seu estado, ligado ou desligado. O software de aplicação tem a função de oferecer a funcionalidade tal como a de controle de velocidade e potência, inteiramente eletrônico, fazendo-se do recurso da tecnologia PWM um resistor digital variável com a capacidade de criar situações como controle da luminosidade, temperatura, sem a necessidade de intervenção direta do eletroeletrônico substituindo por exemplo ao usuário ter que se levantar do seu conforto e alterar a velocidade de seu ventilador, ou a intensidade da Lâmpada, pois o PWM substitui o componente eletrônico chamado de potenciômetro que precisa de intervenção direta e fisicamente do usuário para alterá-lo diferentemente acontece com esta tecnologia do resistor digital que utiliza a modulação por pulso.

### 3.1.3 Arduino

### 3.1.3.1 Computação física

Conforme afirma Banzi (2012), o conceito de computação física assim se difere da computação virtual:

A computação física utiliza elementos de eletrônica na prototipagem de novos materiais para artistas e designers. Ela envolve o projeto de objetos interativos que podem se comunicar com humanos utilizando sensores e atuadores controlados por um comportamento implementado como software, executado dentro de um microcontrolador (um pequeno computador ou chip individual).

Vendo que a maioria dos usuários ou até mesmo especialistas em computação tinham sua formação um entendimento maior em programação, não entendendo a parte física do computador e seus componentes eletrônicos, utilizava-se o computador para programar, ou seja, virtualmente. Foi a partir desse conceito que os criadores do Arduino passaram a utilizar esse protocolo em seus projetos de criação, anteriormente utilizado somente por profissionais da engenharia, cientistas da computação, etc. Tal evolução propiciou o acesso de outros profissionais que atuam em seguimentos tal como arquitetos, designers e até mesmo pelas crianças com idade acima de oito anos.

### 3.1.3.2 Definição da plataforma

O Arduino foi desenvolvido 2005, na Itália, por dois professores de designers e interatividade, para auxiliar alunos do curso de moda. O objetivo dos professores foi o de desenvolver um *hardware* de fácil reprogramação e de baixo custo.

O projeto Arduino foi concebido em princípio *opensource*, ou seja, todo seu projeto é de código fonte e *hardware* livre, de domínio público, podendo ser alterado através da adição de mais comandos, mais *hardwares* desde que seja informado a licença de uso que rege os programas livres, como por exemplo, o sistema operacional Linux. Pode ser modificada pelos componentes eletrônicos da placa principal, origem de várias derivações de Arduino.

O funcionamento da plataforma Arduino é composto por dois componentes principais: a placa com um microcontrolador, que comumente chamamos de

*hardware*, para montar circuitos eletrônicos e o outro é a *IDE* do Arduino, uma interface de programação para gerar os códigos a partir de uma linguagem própria de programação que quando o usuário finaliza a função a mesma interface envia o código para o microcontrolador fazendo assim o *upload* do arquivo para o *hardware* do Arduino. O Arduino é baseado em microcontroladores AVR<sup>®</sup> da Atmel e existem várias derivações destes chips que aumentam sua capacidade de armazenamento o ATmega8 até o ATmega256 de 256k de memória flash. As diferenças principais dos Arduinos em relação com o microcontrolador que acompanha cada derivação pode ser visualizada na tabela 1: diferentes microcontroladores que acompanham o Arduino.

ARDUINO	Diecimila	Duemilanove168	Duemilanove328	Mega1280	Mega2560
Processador	ATmega8	ATmega168	ATmega328	ATmega1280	ATmega2560
Memória Flash	8K	16K	32K	128K	256K
Memória RAM	1K	1K	2K	8K	8K
Memória EEPROM	512 bytes	512 bytes	1K	4K	4K
Pinos digitais	14	14	14	54	54
Pinos Analógicos	6	6	6	16	16
Saídas PWM	3	6	6	14	14

**Tabela1. Comparativos entre diferentes microcontroladores Arduino**

Através do comparativo apresentado na tabela 1 fica evidente que o Arduino com microcontrolador Mega tem capacidade superior devido à grande capacidade de memória flash do Arduino, o que eleva seu custo. Também quanto maior a quantidade de portas analógicas, digitais e de sinal PWM, a diferença desse sistema está no número de dispositivos que podem ser conectados, como sensores, atuadores, lâmpadas e eletroeletrônicos que podem ser controlados, além da possibilidade de concatenarmos um Arduino ao outro. Na figura 2 o layout de uma placa Arduino e suas características básicas.

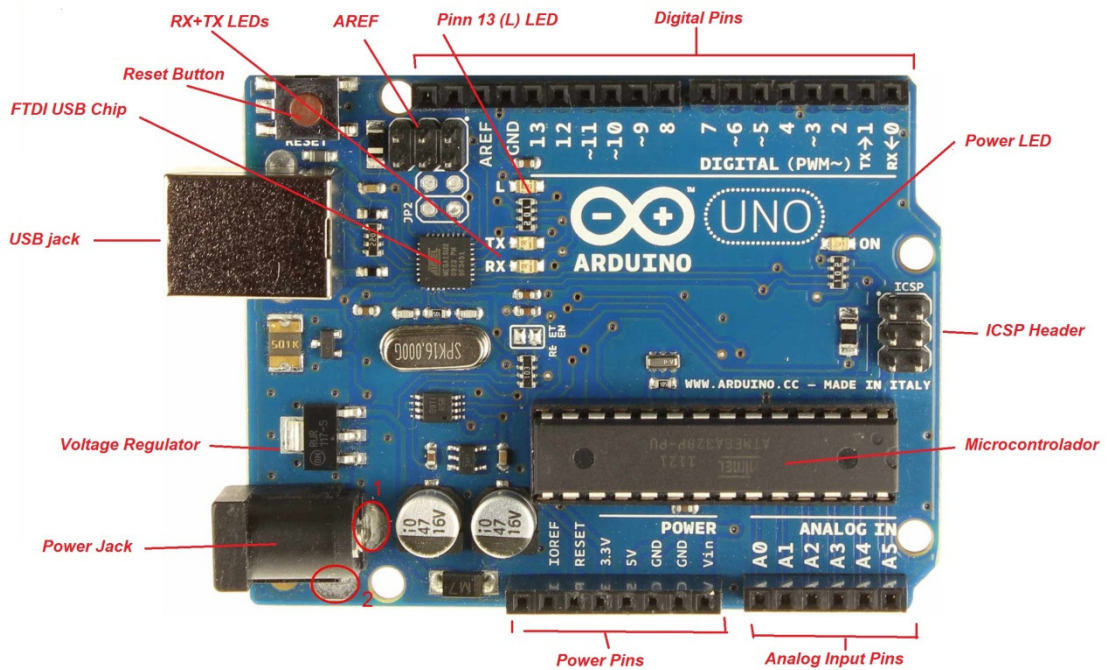


Figura 2. Placa Arduino –

Fonte: Disponível em: <<http://www.arduino.cc> com>. Acessado em 20 de março de 2012.

**Usb Jack** - Permite o envio do código fonte para o microcontrolador ATmega;

**FTDI USB Chip** - Circuito integrado que faz a conversão dos protocolos de comunicação, pois o Arduino não se comunica via comunicação UBS e sim comunicação RS-232 para facilitar o envio do código para placa;

**RX+TX Led** - Componente responsável para sinalizar os sinais de entrada e saída de dados enviados para o processador verifica o status das portas de entrada e saída;

**Pin 13(L) Led** - O pino 13 é acionado quando o programa inserido no microcontrolador é executado e o mesmo tempo ele verifica se está conectado à porta *usb* do computador, que quando o Arduino está instalado corretamente emite um sinal de piscar significa;

**Digital Pins** - Portas de entradas e saídas digitais que podem ser alteradas conforme o tipo de projeto na prototipação do Arduino;

**Power Led** - Indica que, o Arduino está sendo energizado;



**Reset Button** - Este botão reinicia a aplicação inserida no microcontrolador. Pode ser utilizado para qualquer aplicação até mesmo quando ocorrer um travamento do programa embarcado no ATmega;

**ICSP Header** - Derivado do inglês *In-Circuit Serial Programming* é um conector com seis pinos ligados a outros pinos diretamente no microcontrolador que pode ser programado através de um cabo serial ligado diretamente à porta serial do computador para ser enviado o *bootloader*;

**Microcontroller** - É um computador com um conjunto reduzido de instruções aritméticas, pode processar e armazenar bytes de informações. Originalmente o primeiro Arduino foi originado a partir de um microcontrolador AVR Atmega8 da empresa americana *Atmel Corporation* no ano de 2005. O microcontrolador é composto por três blocos básicos, são eles: a CPU (unidade central de processamento); o bloco de memória e o de registradores e circuitos de entrada e saída. A CPU é composta por um ULA (unidade lógica e aritmética) em um conjunto de registradores de uso geral. O bloco de memória contempla as memórias de programa e memória de dados. Já o bloco de entrada e saída estão ligados às portas que são interfaces de entradas e saídas, alguns registradores, implementações de circuitos *pwm* (Modulação por largura de pulso) e conversores A /D.

**Analog Input Pins** – São pinos de entrada de sinais analógicos, podendo também ser convertidos em sinais digitais, daí a grande versatilidade do Arduino, pois são nesses pinos que inserimos os sensores;

**Power Pins** - Estes pinos são extensões de fonte de energia, através deles podemos ligar os *Shields*, com as seguintes voltagens, 3.3v, 5v, GND e o reset sem a necessidade de fontes externas para alimentar circuitos auxiliares;

**Power Jack** - Através desse conector é feita a alimentação externa do Arduino que varia entre 6 a 20 volts, que uma vez inserida no microcontrolador não há a

necessidade de ser alimentado pelo cabo USB. Sua aplicação autônoma não exige que seja conectado a um computador, assumindo o papel do Arduino;

**Voltage Regulator** - É um componente eletrônico responsável por filtrar a tensão de entrada que vem do *Power Jack*, pois permite alimentar o Arduino de nas voltagens de 6 a 20 volts, que para isso necessita de regulagem das tensões para o controle e regulagem das mesmas sem comprometer outros componentes da placa quando da variação das tensões;

**AREF** - Referência de tensão de entradas analógicas, utilizadas na programação que pode ser alterada via código. Caso haja a necessidade de trabalhar com voltagens diferentes as de 3.3v e 5v utiliza-se esses pinos, sem esquecer de é necessário trabalhar com a tensão e 0 a 5 volts, nunca superior.

### 3.1.3.3 Derivações da plataforma Arduino

Existem diversos tipos de variações do Arduino para armazenamento e processamento, basicamente muda-se o microcontrolador com maior capacidade de armazenamento de dados. Alguns com mais porta de entrada e saída para que possam ser adicionados a mais sensores e atuadores, tudo dependente de sua aplicabilidade. Devido a uma licença oferecida às comunidades que explora esse tipo de plataforma, os brasileiros desenvolveram uma variação desse tipo de hardware cujo nome é Severino.

Outras como Netduino, mais voltado para utilização na internet. O Leonardo criado em 2013 e aprimorado através do Arduino UNO, com um microcontrolador do tipo smd e portas de entrada digitais. Indicado para grandes projetos o Arduino Mega com 70 pinos entre analógicos, digitais e uma maior capacidade de memória de armazenamento e processamento superando a capacidade do Arduino Due, que possui um número inferior de portas e memória de armazenamento.

Para os fanáticos em jogos foi uma variação muito interessante que incorpora à placa do Arduino Explora, controles de direcionamento iguais aos encontrados nos videogames. Designers de moda estão utilizando outra variação conhecida como LilyPad Arduino, circular e que pode ser fixado em roupas para diversos efeitos,

conforme a proposta do artista, que vai desde um simples *led* até projetos mais interativos com sensores em parte do corpo para interagir com vários circuitos de iluminação na roupa do usuário, modificando sua cor. Nestes casos o mais indicado é o Arduino Micro, pequeno e útil para projetos que necessitam de pouco espaço e peso.

#### 3.1.3.4 Definição de Shields

Shields são placas que podem ser conectadas acima da placa do Arduino com a finalidade de estender capacidades dentro ou fora da placa principal. Existem vários Shields que podem ser acoplados ao Arduino, tais como aqueles utilizados para conexão com a internet com tecnologia *Zigbee*, *Xbee* e placa de rede com conector RJ-45, servindo de módulos com Recurso de *GPS*, *GSM*, controlador de ponte H fabricados em escala industrial. Existem aqueles criados por entusiastas do Arduino que quando recebem a liberação de sua fonte e arquitetura podem ser reproduzidos a partir de uma licença Open Source tal qual o Arduino Supervisor, acelerômetros e *wi-fi* com SD. A vantagem dessas placas é permitir que se faça o próprio Shields, de baixo custo para os usuários.

#### 3.1.3.5 Sensores

São dispositivos que captam algum tipo de sinal e que pode ser aferido, convertendo estes sinais em eletricidade. Existem vários fabricantes de sensores, e geralmente são utilizados para contagem, verificação, posição e seleção entre dimensões diferentes. Podem também controlar máquinas, iluminação, som, radiação, corrente elétrica, voltagem. São comumente utilizados com as nomenclaturas de chaves de fim de curso, indutivos, capacitivos, ópticos e ultrassônicos. Cada sensor tem seus critérios de seleção para a aplicação de automação, dependente de sua peculiaridade. Existem também os sensores biológicos que assumem as mesmas características, através da simulação das características básicas do elemento, fundamental para controlar um sistema automatizado. A precisão de um sistema como esse está relacionado à escolha e o cálculo de um sensor ideal para aplicação.

### 3.1.3.6 Atuadores

Conforme a explanação da Rezende Ramel (2011) afirma que:

Com o passar do tempo, o homem criou e aperfeiçoou mecanismos cuja função é transformar uma energia em uma energia mecânica estes mecanismos denominamos de atuadores, pois sua função é aplicar ou fazer atuar energia mecânica sobre uma máquina, levando-a a realizar um determinado trabalho.

Os atuadores estão divididos em 4 classes distintas:

- Atuadores elétricos;
- Atuadores hidráulicos;
- Atuadores pneumáticos;
- Atuadores químicos.

Os atuadores elétricos são máquinas destinadas a transformar energia elétrica em mecânica, classificados em atuadores rotativos que são basicamente motores DC/AC, lineares como as válvulas solenóides.

Os atuadores hidráulicos e pneumáticos convertem a energia de trabalho em energia mecânica. São divididos em lineares e rotativos, os lineares tem formato de um tubo cuja superfície interna é polida com um pistão que quando acionado trabalha em linha reta para frente ou para traz. Já os rotativos são semelhantes aos motores e podem girar em sentido horário e anti-horário.

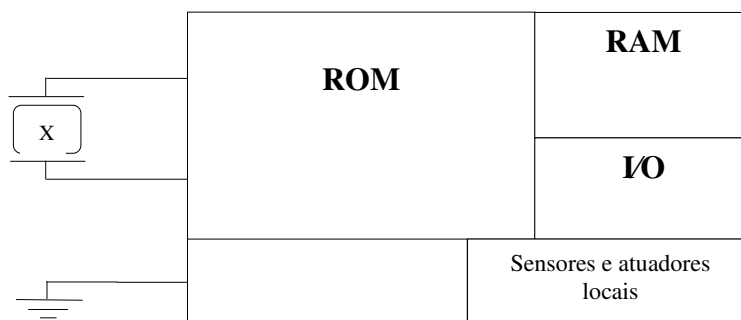
Atuadores químicos também considerados máquina ou mesmo um sistema que se destina a transformar energia química em energia mecânica através de uma reação química.

São elementos principais em qualquer sistema de automação seja ela a nível industrial, predial ou residencial.

### 3.1.3.7 Microcontrolador

O microcontrolador é um circuito integrado programável com poucos componentes. Possui a mesma arquitetura que os computadores, com capacidade

de memória, processamento de tamanhos reduzidos. Possui três principais características de arquitetura, Memória, I/O, CPU, todos embutidos em invólucro encapsulado com Silício baseados nos conceitos de Neumam, conforme afirma (TANENBAUM, 2007, p.18). A figura 3 ilustra as características básicas para melhor compreensão. Que demonstra esta composição, composta por um cristal oscilador, setor de processamento de memória Rom onde fica armazenado o código fonte da aplicação, memória volátil (Ram), e entradas de dados (I) juntamente com as respectivas saídas (O), faz-se destacar que para o funcionamento de qualquer microcontrolador é obrigatório estar ligado a um cristal oscilador de *clock* representado pela letra (X), que determina o *time* que torna-se necessário para execução de um algoritmo que é disposto em eletrônica embarcada. Tem-se um setor específico para acoplar os sensores e atuadores descritos no capítulo 3 desta dissertação.



**Figura 3. Arquitetura de um microcontrolador**

Conforme afirma Silveira (2011), pode existir microcontroladores com apenas um único circuito de 8 a 100 pinos, com registradores, contadores decimais internos, conversores analógico digitais, comparadores de tensão e principalmente comunicação serial, tudo inserido em um único encapsulamento com capacidade de armazenamento de 8, 16, 32, 64, 128 e 256 bits. São vários os fabricantes de microcontroladores, o *Microchip*, *Atmel*, *Intel*, e *Freescale* com uma linguagem nativa, geralmente baseada em *Assembly*.

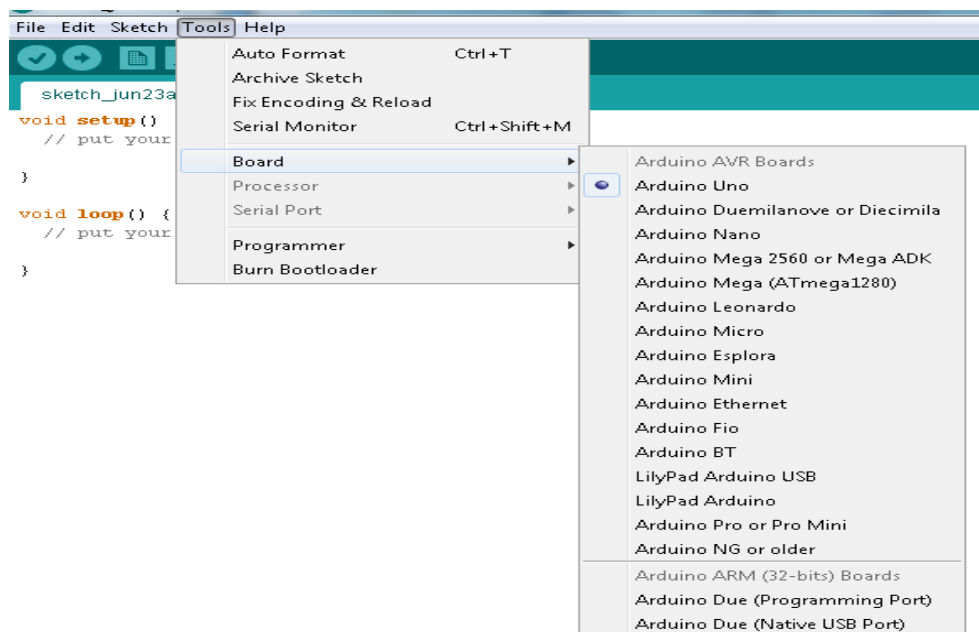
### 3.1.3.8 IDE Arduino

Segundo Silveira (2011):

O IDE é um conjunto de aplicativos acessíveis por uma única interface gráfica, uma só tela principal, para edição, depuração, compilação e gravação de programas na parte restante da memória *Flash* do seu Arduino, facilitando assim a vida de quem for programar nesta plataforma.

Este ambiente de desenvolvimento está em constante transformação, com uma versão atual 1.0.5, tais atualizações favorecem a inserção de novas bibliotecas, correções de possíveis erros de compilação e ou falhas no ambiente de desenvolvimento. Vale apenas ressaltar que esta *IDE* está disponível em diversos sistemas operacionais e sua utilização vai ao encontro da facilidade programação e correção.

É possível selecionar o tipo de Arduino cuja interface só envia o código fonte se o Arduino que estiver conectado ao cabo USB for igual ao escolhido pelo usuário na plataforma. Para um melhor entendimento, a figura 4 demonstra a melhor opção do Arduino para comunicar com a interface.



**Figura 4. Opção para seleção do Arduino para o perfeito funcionamento da IDE**

Alguns pontos e funções da IDE devem ser destacados na barra de controle, vide figura 5, pois nela pode-se realizar um teste para verificar se existe algum erro

de sintaxe no código desenvolvido, feito isso pode-se enviar o código para o Arduino (Microcontrolador). Outra opção é a copia de um código já existente no Arduino, cuja função é muito utilizada há a necessidade de se recuperar um código desenvolvido no computador.

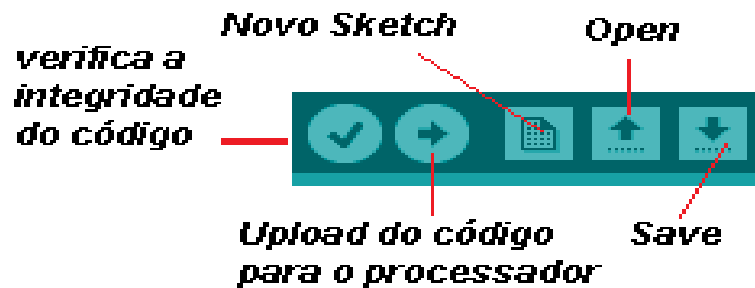


Figura 5. Menu da IDE Arduino

### 3.1.3.9 Processing

É uma linguagem derivada do C, voltada para criações visuais interativas e criada em 2001 pela MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). Totalmente *opensource* deu origem a outras derivações, também conhecida como linguagem Arduino, ou linguagem de processos daí a derivação da palavra *Processing*, que tem sua sintaxe de programação um pouco diferente das demais *IDEs*. Algumas peculiaridades desta linguagem:

**Constantes**, que não se altera nunca e dentre elas existem a **TRUE/FALSE (verdadeiro/falso)** que são constantes chamadas de booleanas e que definem os estados lógicos 0 e 1, ou seja, desligado ou ligado. A **HIGH/LOW (Alto/Baixo)**, todas elas definem os níveis de tensão nos pinos do Arduino. O nível lógico alto é correspondente a +5 volts e indica que está ligado já o nível lógico 1 baixo que corresponde a zero ou terra, assume o status de desligado.

**OUTPUT/INPUT (Saída/Entrada)** comumente utilizada com a função própria da linguagem Arduino `pinMode`, define quais pinos do Arduino pode ser configurado para receber e exibir dados. **Variáveis** são aquelas associadas a alocação de memória e que pode mudar durante a execução do programa. Uma variável pode ser inteira, ponto, flutuante, real, booleana e caractere.

As funções **setup ()** e a **loop ()** são funções, utilizadas para a chamada do programa principal. Em C todas as funções recebem um nome e posteriormente são acompanhadas por um par de parênteses. Em C a função `main()` é obrigatória, já na linguagem Arduino somente as `setup()` e `loop()`. A figura 6, é um *Sketch* e justamente não aparece a função `main()` que é obrigatório em C. Para definir a repetição do programa, utiliza-se a função `loop ()` que é uma derivação de uma função da linguagem C.

```

Blink
/*
  Blink
  Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.

  This example code is in the public domain.
  */

// Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards.
// give it a name:
int led = 13;

// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  pinMode(led, OUTPUT);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  digitalWrite(led, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);             // wait for a second
  digitalWrite(led, LOW);  // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);             // wait for a second
}

```

**Figura 6. Sketch de um *Blink* mostrando as chamadas das principais funções.**

Na figura 6 a função `setup ()` quando chamada define o `pinMode`, cujo modo do será reconhecido como entrada ou saída. Acima a declaração da variável `led` recebe o valor de 13, onde a função `loop ()` tece os comentários e é nessa estrutura que programa a executa repetidamente, nesse código o `led` piscará e então recebe, por um determinado tempo, um valor alto ou nível lógico alto (*high*). Passado um tempo ou *delay* de 1000 milissegundos a variável `led` recebe o status de nível lógico baixo, ou seja *low*. Existem outras funções características que são utilizadas para o Arduino, tais como, `pinMode(pino,modo); digitalRead(pino); digitalWrite(pino,valor);`



`delay(ms)`; `random(min,max)` e o `serial.begin(taxa)`, encontra-se no portal do Arduino. (Disponível em: <<http://www.arduino.cc>> Acessado em: 12/03/2012).

## 4 BIBLIOTECAS UTILIZADAS

Com a facilidade de integração do *IDE* Arduino, ele também compacta várias funções, tarefas, rotinas e incorpora outras linguagens como, por exemplo, as rotinas da linguagem *java* no C. A importância desse recurso se dá pela compactação e facilidade de uso, se quisermos controlar um monitor DC, adicionamos à biblioteca correspondente espaço físico e esforço na produção do código fonte, é através desse entendimento que as bibliotecas fazem a escovação de bit a bit ou seja, faz a conexão com o hardware a linguagem de máquina para máquina.

As bibliotecas utilizadas nesse projeto foram as *SPI.h* e a *EthernetSupW5100.h*, declarada no início do *sketch*. A primeira significa em português, Interface Periférica Serial, utilizadas para conexão de Shields ou mesmo componentes eletrônicos e sensores em suas portas *VO (Input/Output)* ou seja, portas de entrada e saída.

A *EthernetSupW5100.h*, é o máximo da tecnologia, pois nela está incorporada várias outras, com funcionamento integrado. Nesse projeto ela é a base de praticamente todo sistema para configurar o hardware que recebe o nome de W5100, modelo controlador da ethernet mais seguro.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se para esta demonstração uma plataforma Arduino com hardware livre que nos permite executar uma infinidade de aplicações muito requisitadas na automação residencial. No mundo moderno a sustentabilidade e o racionamento dos recursos naturais são atividades que colaboram para a preservação e o equilíbrio do meio ambiente.

Por se tratar de um hardware evolutivo ele acompanha as constantes modificações da vida do ser humano, característica que confere a este eletroeletrônico maior praticidade sem que haja a necessidade de substituições.

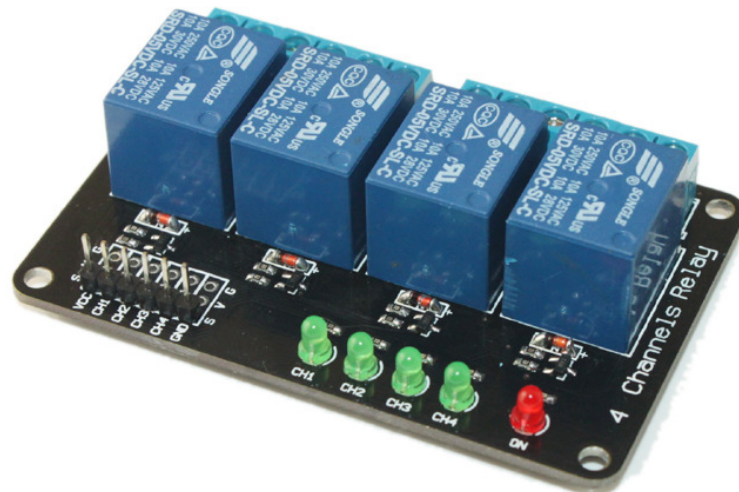
Além dos baixos custos de produção esta plataforma proporcionou características próprias ao projeto, com acesso direto às portas do microcontrolador que podem ser manipuladas acionando sensores, motores, relês, ações essas que fez tornar possível tal demonstração. O ambiente cooperativo da placa Arduino permitiu gerenciar as principais funções desenvolvidas no projeto executado.

Os diagramas e esquemas de instalação utilizados foram os mesmo recomendados por Cruz (2011), que permite acesso remoto através da internet e intranet, sem o qual o projeto não teria sentido.

Para a prototipação foi utilizado o Arduino Uno, o *shield* Etherneth w5100, quatro relês eletromecânicos e roteador Wifi, cujas imagens revelam cada um dos componentes.

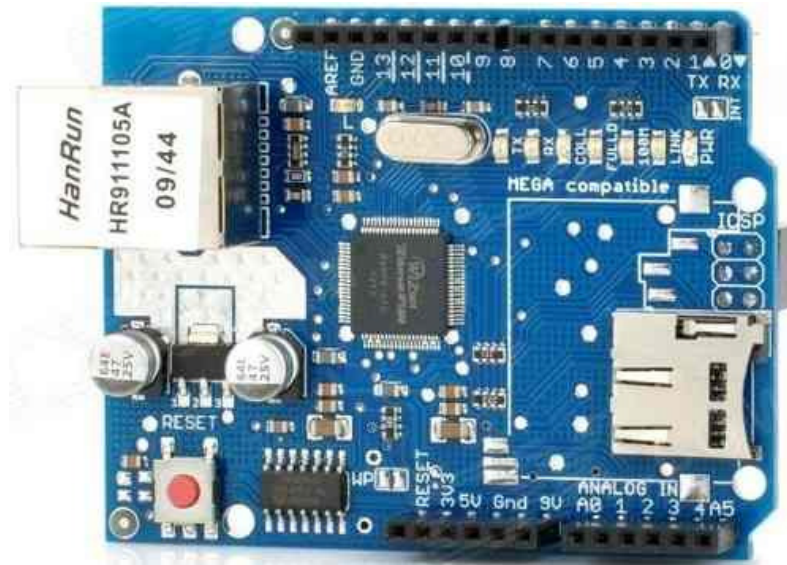
Na figura 7 uma placa que contém quatro relês responsáveis por receber pulsos elétricos. O (NO) que é a nomenclatura de normalmente aberto, derivando do inglês *open* e (NC) que significa normalmente fechado, derivando também do inglês *close* e o terminal comum para ambos contatos. Quando energizados o contato NC

é fechado simulando um curto circuito, fechando também o contato comum e assim poderá ser acionado qualquer dispositivo conectado a este relê. A maneira como trabalham é independente e podem ser acionados cada um em um tempo determinado pelo usuário cuja configuração é feita no Sketch do Arduino.



**Figura 7: Módulo com quatro relês utilizado na montagem do protótipo.**

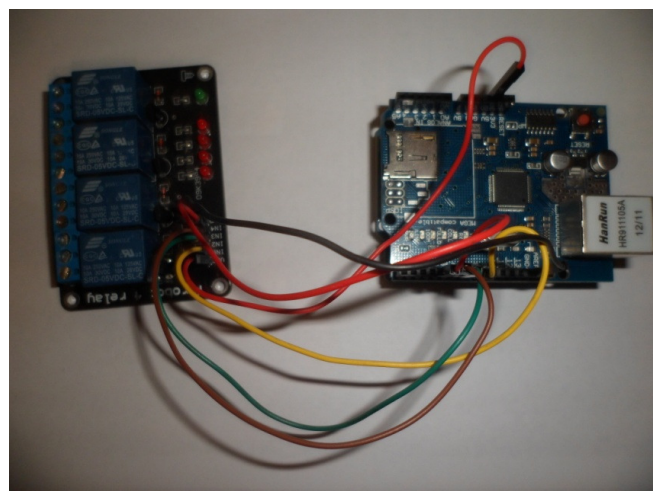
Para esse protótipo foi utilizado o modelo *Shield* de placas, de fácil conexão com o Arduino e com uma estabilidade maior. O circuito ENC28J60, anteriormente utilizado foi descartado porque apresentou baixa estabilidade e mau contato na prototipação, além de ocupar um grande espaço no programa desenvolvido e uma biblioteca de difícil linguagem e entendimento. Na figura 8, o Ethernet Shield W5100 pode ser identificado.



**Figura 8: Ethernet Shield W5100.**

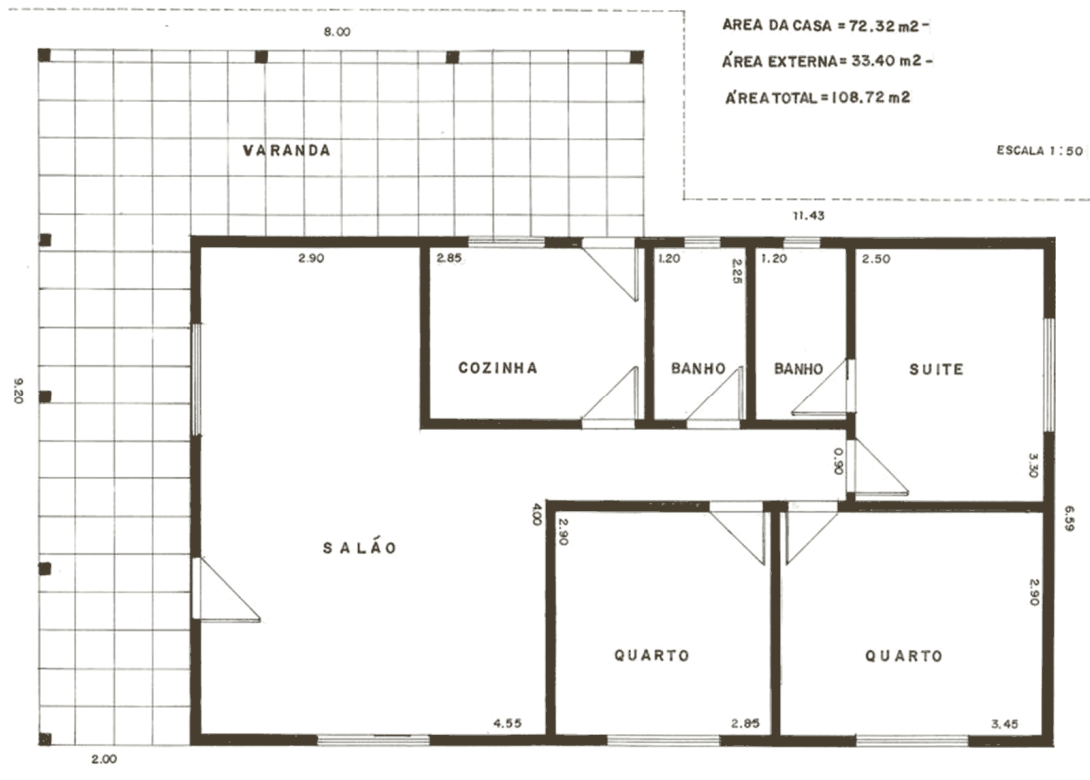
A montagem básica do circuito pode ser visualizada na figura 9, contendo uma placa com os quatro relês, fios (Jumpers) conectados no *Shield* (placa adicional) Ethernet W5100, sobreposta conectada ao Arduino UNO.

Foram utilizados 6 fios, sendo dois para alimentação da placa com os quatro relês um desses fios para os +5V e o outro para o terra ou Negativo (-). Os outros quatro estão conectados às portas ou pinos 4, 5, 6 e 7 do Arduino UNO, que assim pode acionar cada relê de maneira independente e no tempo que o usuário necessitar.



**Figura 9: Circuito montado com o Arduino, relê e Shield Ethernet.**

Para a demonstração do projeto foi elaborada uma planta baixa, vide Figura 10, de uma casa contendo um salão, dois banheiros, dois quartos, uma suíte, uma cozinha e varanda, simulando uma residência.



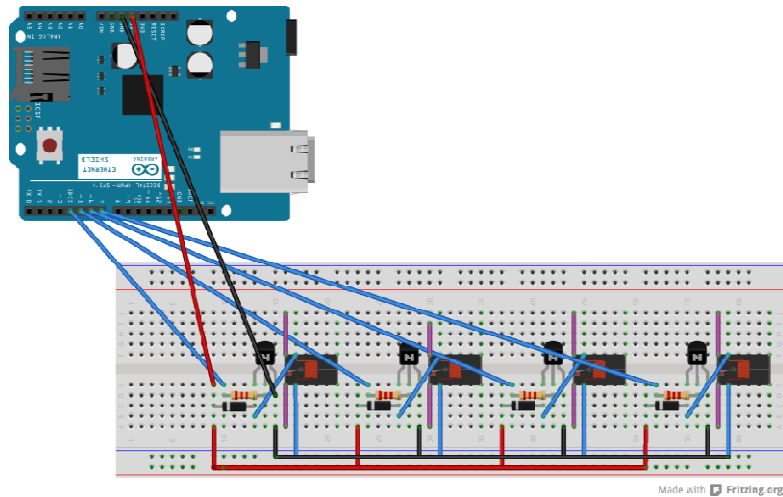
**Figura 10: Planta baixa da maquete utilizada na demonstração.**

As cenas acionadas podem ser visualizadas na Figura 11 como, por exemplo, o circuito de iluminação nos quartos e suítes nas cores azul, vermelho e amarelo. Na cozinha um ventilador (cooler) simula o sistema de ventilação de uma casa, a fechadura elétrica está disposta no salão por onde o usuário fará o acesso à residência. Parte da varanda e jardim, fixados na central inteligente que compõe o sistema de automação residencial, valendo-se de um roteador para acesso à internet. Um filtro de linha foi instalado externamente com acesso remoto o que facilita determinados comandos como acionar a cafeteira ou mesmo enviar comandos à qualquer dispositivo via web desde que se obedeça as especificações da NBR 5410, respeitando as normas técnicas de instalações elétrica de baixa tensão o que limita a tomada de uso geral para no máximo 2A (ampères) conforme especificações da figura abaixo.



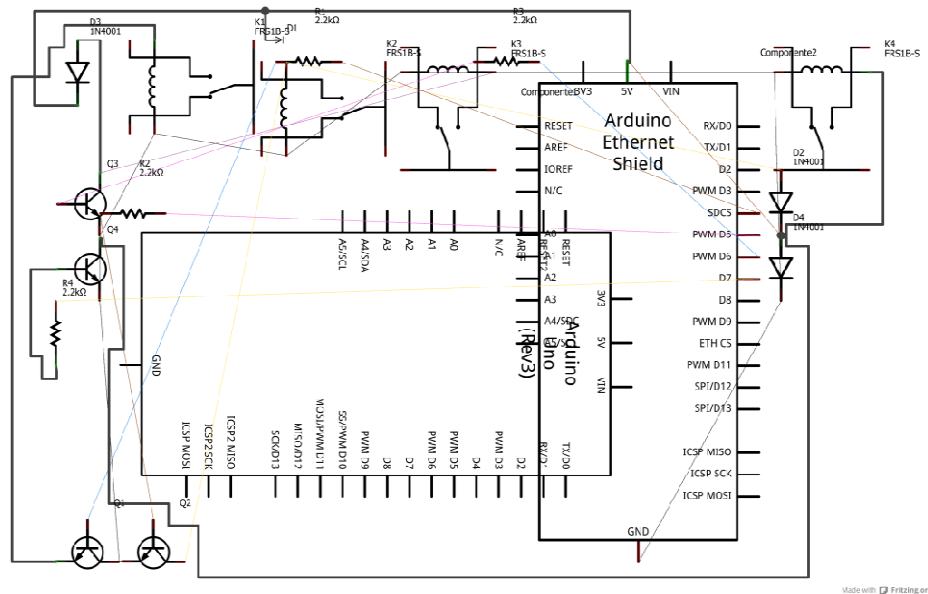
**Figura 11: Maquete com as cenas acionadas.**

Um quadro lógico foi elaborado juntamente com o quadro elétrico para armazenar o circuito, que nesse ponto o circuito é então distribuído para a casa, integrando com o Arduino UNO o Ethernet *Shield*. Para acondicionar as fontes externas, como o roteador, *leds*, e o próprio Arduino, foram aproveitados todos os espaços externos da maquete, conforme diagrama elétrico ou quadro lógico abaixo



**Figura 12 - Diagrama de ligação do Arduino com os reles.**

O esquema elétrico do projeto com ligação dos componentes eletrônicos pode ser visualizado na figura abaixo.



**Figura 13 - Diagrama elétrico do Protótipo.**

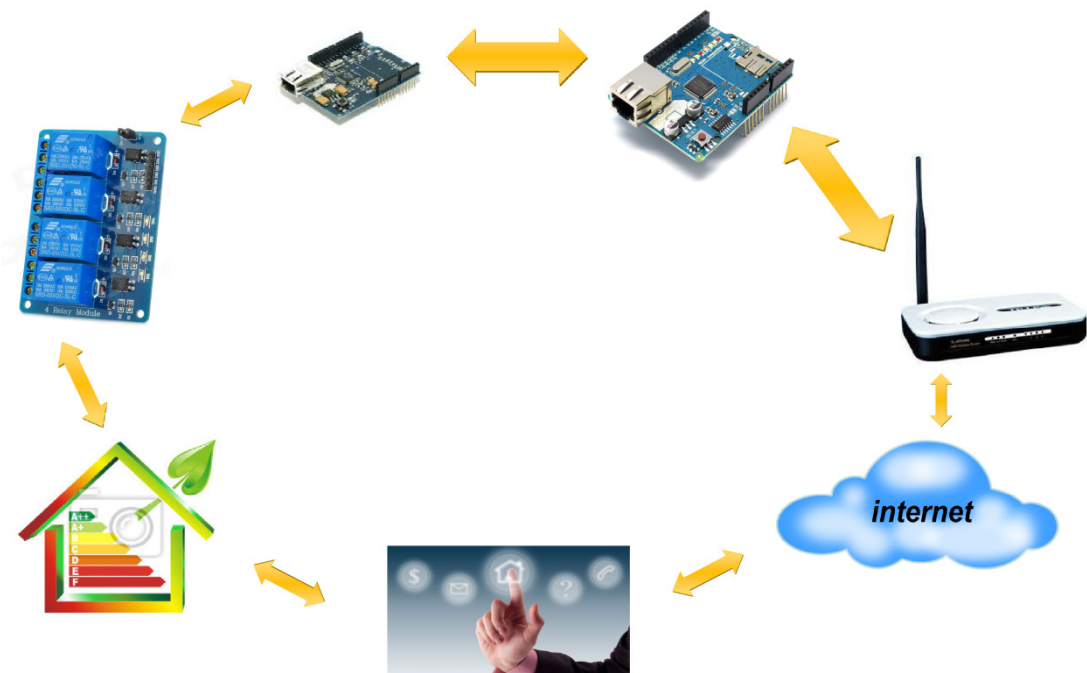
O diagrama elétrico foi idealizado no programa com código fonte livre, mais conhecido como Fritzing, onde pode ser visualizada a placa Arduino juntamente com a Ethernet Shield w5100 e as conexões dos componentes.





**Figura 14: Quadro de Distribuição com o Arduino, suas fontes de alimentação e distribuição dos circuitos para a casa.**

A figura seguinte disponibiliza a visualização do esquema de fluxo de funcionamento da prototipação. Todos os componentes integrantes do sistema, como o usuário, internet podem ser acionados através de um aplicativo remoto que interage ao sistema de linguagem pelo roteador, que envia a requisição para o *shield Ethernet W5100*, para que ele interprete a solicitação e através de código HTML, no servidor um post, solicitado pelo usuário no Arduino, converte o pedido em pulso elétrico que finalmente aciona a placa de relês ligada ao Arduino e aos circuitos propostos na demonstração.



**Figura 15. Fluxo de operação do Circuito conectado a internet fazendo as requisições.**

As principais características do código fonte colaborativo, utilizado na construção da maquete pode se visualizado na Imagem abaixo, com as declarações de duas bibliotecas utilizadas no sistema.

```
#include <SPI.h>
#include "EthernetSupW5100.h"
```

**Imagem 1: Declaração das bibliotecas no Sketch**

O código a seguir serve para criarmos o endereço mac, endereço IP e porta pela qual o roteador permitirá enviar e receber comandos para o Arduino, que dá acesso à internet para o protótipo. O endereço IP deve ser fornecido ao programa para que se tenha acesso às todas as informações vinda dos sensores e atuadores através do Arduino.

```
byte mac[] = { 0xAA, 0xED, 0xBE, 0xAF, 0xAE, 0xCF };  
IPAddress ip(192,168,1, 150);  
EthernetServer server(80);
```

**Imagem 2: Configuração do endereço ip e seus derivados**

O próximo passo do código é a declaração das variáveis, tipo em que o pino (porta) do Arduino será ligado, exemplo, 4, 5, 6 e 7, conforme demonstrado abaixo. Pode ser acrescentado até o limite de portas do modelo de Arduino, quanto mais porta mais disponibilidade de controles.

```
int portaLampada = 4;  
int portaVentilador = 5;  
int portaCafeteira = 6;  
int portaFechadura = 7;
```

**Imagem 3: Declaração das variáveis e quais pinos estão ligados**

O próximo passo é entrar no programa para o reconhecimento do IP, endereço Mac e dar início ao servidor que será gerado pelo Arduino. Ainda nessa função foi configurado o modo como os respectivos pinos assumiram suas características tais como porta-lâmpada, portaVentilador, portaCafeteira, portaFechadura, que passam assumir o status como saída, conforme demonstração abaixo.

```

void setup()
{
  EthernetSupW5100.begin(mac, ip);
  server.begin();

  // Configurando portas dos botoes
  pinMode(portaLampada, OUTPUT);
  pinMode(portaVentilador, OUTPUT);
  pinMode(portaCafeteira, OUTPUT);
  pinMode(portaFechadura, OUTPUT);

```

**Imagem 4: Atribuindo status das Portas como saída**

O desenvolvimento nessa parte do código refere-se ao nível que é dado a porta lógica, que podem assumir dois status: nível alto que é o High, recebendo +5V e o nível Baixo que é o Low, recebendo 0V, como ilustra a imagem abaixo.

```

// Estado inicial das portas
digitalWrite(portaLampada, LOW);
digitalWrite(portaVentilador, LOW);
digitalWrite(portaCafeteira, LOW);
digitalWrite(portaFechadura, LOW);

```

**Imagem 5: Iniciando as portas com a função desligada**

Esta parte do protótipo se refere ao texto dos botões que aparecem na aplicação web e também que tipo de botão desejado. Botão *flip* que quando clicado ele mantém seu valor, ou nível. O switch é apenas um disparo, ele fica energizado por um determinado tempo, pré-configurado através da biblioteca, e pode receber mais botões no código HTML.

```

// Registrando botoes
//EthernetSupW5100.addButton(button pin, text on, text off, button type);
EthernetSupW5100.addButton(portaLampada, "Liga Lampada", "Desliga Lampada", FLIP_BUTTON);
EthernetSupW5100.addButton(portaVentilador, "Liga Ventilador", "Desliga Ventilador", FLIP_BUTTON);
EthernetSupW5100.addButton(portaCafeteira, "Liga Cafeteira", "Desliga Cafeteira", FLIP_BUTTON);
EthernetSupW5100.addButton(portaFechadura, "Abre Fechadura", "", SWITCH_BUTTON);
}

```

### Imagem 6: Adicionando Botões e seu tipo

Na imagem abaixo a estrutura de repetição fica carregando o código HTML que foi encapsulado na biblioteca `ethernetSupW5100.loadHTML` aparecendo após a chamada no *Sketch* desenvolvido em um navegador de internet, conforme disposto na Imagem 7 em sua última linha de código, enviando e recebendo os comandos de acionamento dos cenários. O comando `get` também está nesta biblioteca incorporando a funcionalidade de enviar para o microcontrolador um texto que converte em nível alto ou baixo de tensão elétrica.

```

void loop()
{
  // Carrega HTML
  EthernetSupW5100.loadHtml(server);

  // Verifica se algum botao foi pressionado
  int lastButton = EthernetSupW5100.getLastClickedButton();
  byte state = EthernetSupW5100.getButtonState(lastButton);
}

```

### Imagem 7: característica do dispositivo ou cenário acionado.

Com todos os botões presos nesta parte do código os laços de IF executam os comandos quando clicados os botões, assumindo assim o status de ligado ou desligado, na conformidade que são acionados os cenários.

```
// Executa o comando conforme o botao clicado
if (lastButton == portaLampada)
{
  digitalWrite(portaLampada, state);
}
else if (lastButton == portaVentilador)
{
  digitalWrite(portaVentilador, state);
}
else if (lastButton == portaCafeteira)
{
  digitalWrite(portaCafeteira, state);
}
else if (lastButton == portaFechadura)
{
  digitalWrite(portaFechadura, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(portaFechadura, LOW);
}

// Delay
delay(10);
}
```

**Imagem 8: Laço de comando dos botões**

## 5.1 APLICAÇÃO WEB

Uma característica dessa interface são os botões que se adaptam automaticamente a qualquer navegador de internet sejam eles em computadores pessoais ou dispositivos móvel. Os quatros botões de cor vermelha significam que os cenários estão ativos, ou seja, ligados que mudam de cor caso contrário. O código utilizado nessa interface é o HTML que não aparece no código do Sketch, conforme citado na seção 5.



**Figura 16: Interface da aplicação web com suas respectivas funções.**

Na figura seguinte um panorama da aplicação em um navegador de internet pode ser visualizado. O sistema tem a portabilidade para qualquer fabricante de navegador, cujos botões estão na cor azul indicam que os dispositivos ou cenários estão desativados ou desligados.



**Figura 17: Interface da Aplicação Web com o status desligado.**

## 5.2 DEFINIÇÃO DOS CENÁRIOS

Definido os cenários, é possível criar várias atividades, cada qual com sua característica peculiar. Após a configuração de um cenário toda sua estrutura pode ser modificada, como exemplo o ventilador pode ser substituído pelo acionamento de um climatizador de ar. Na demonstração quatro tipos diferentes de cenários

podem ser executados e em todas as dependências diferentes comandos podem ser enviados remotamente através da aplicação Web, que podem ser demonstrados durante a apresentação dessa dissertação. Segundo Lima (2012), o conceito de máquina em estado finito é um modelo matemático usado para representar programas, conjuntos de estados;

regra de transição entre estados e estado atual.

Um exemplo de máquina é um interruptor de luz, onde permite-se obter dois tipos de estado, o ligado e o desligado, pois dessa forma o usuário pode configurar seu sistema e circuito para acionar qualquer dispositivo do eletroeletrônico que desejar característica da plataforma *Open Soure*, que permite ao usuário alterar o sistema juntamente com o circuito alterando estes estados de ligado e desligado.

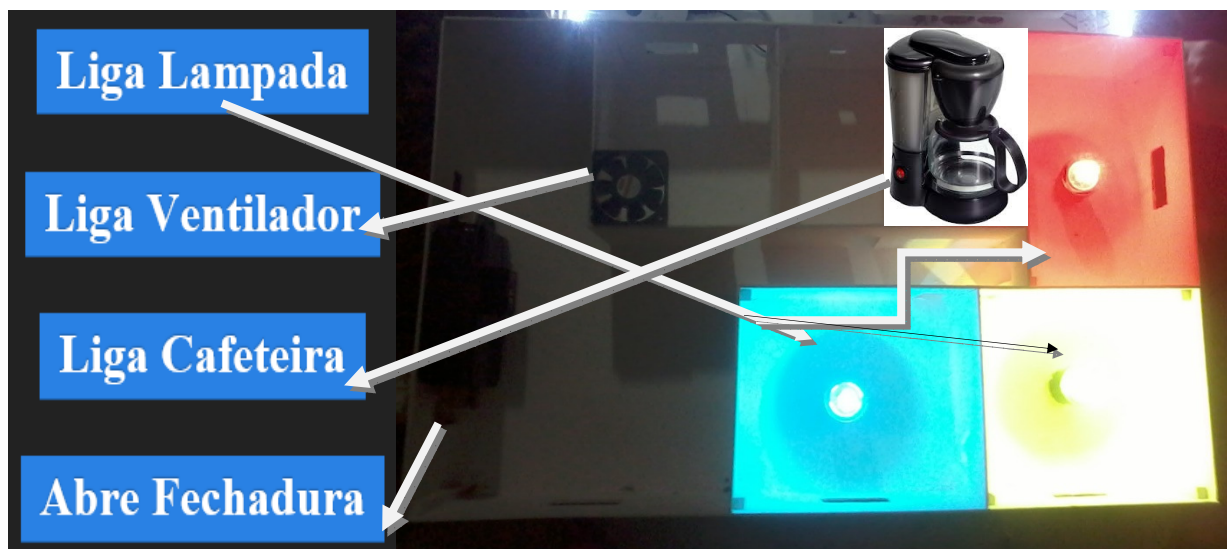


Figura 18: Cenários Definidos com a Aplicação.



## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos no protótipo desenvolvido foram satisfatórios, devido à praticidade de gerenciar o cotidiano das principais atividades de uma residência a longa distância tal qual o esperado quando da utilização de uma plataforma com software e hardware totalmente livre.

A vantagem desse tipo de plataforma Arduino é que ela permite o controle de todos os cenários remotamente através de um dispositivo com acesso à internet ou mesmo rede sem fio. Durante a execução desse estudo foi observado que é necessário definir a quantidade de dispositivos necessários para construir o protótipo desejado devido às limitações que o hardware possui. Entretanto a flexibilidade de expansão oferecida pela plataforma foi a principal motivação, pois permitiu desenvolver o protótipo do presente estudo a um baixo custo além de contribuir com a redução do lixo eletrônico.

### 6.1 IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS CRÍTICOS E POSITIVOS

Foi possível constatar pontos positivos e negativos na implementação desse protótipo, tais como a escolha do modelo ideal de Arduino, devido ao grande número de derivações da plataforma, cada qual com adaptações específicas, principalmente no que se refere à capacidade de armazenamento, fator limitante na execução do projeto. Ao elaborar o código fonte no *sketch*, a *IDE* verifica o espaço ocupado pelo programa desenvolvido, criando assim um ponto crítico no que se refere à expansão do sistema, que demandaria uma maior capacidade de memória. Durante o

levantamento do estudo e quando da simulação do circuito a fonte de alimentação quando atinge voltagens entre 9V até 15V ocorre uma instabilidade do sistema que trava qualquer ação forçando o usuário desligar e ligar novamente o sistema juntamente com o circuito para que retorne o funcionamento na normalidade. Um teste foi realizado durante a simulação do protótipo através de diversas fontes de energia externa e a que melhor se adaptou foi a que tem uma tensão nominal aferida de 7,5V, pois o circuito funcionou e se estabilizou por um período de 12 horas consecutivas sem demonstrar excesso de temperatura. Para a correção de superaquecimento fez-se necessário instalar um sistema de refrigeração no quadro de distribuição do Arduino, fontes de alimentação e os relés de acionamento dos circuitos. Para solucionar as limitações de memória sugere-se uma extensão externa salvo as restrições dos produtos que existem no mercado. Durante a troca do módulo de Internet foi utilizado o ENC 28J60 que ocupa um espaço considerável de memória do Arduino, além da dificuldade do entendimento da biblioteca do ENC 28J60 e instabilidade de sua conexão, o módulo foi substituído pelo W5100 que demonstrou superioridade sobre o anterior.

Apesar das diversas vantagens que uma plataforma do tipo Arduino oferece, as limitações de memória externa é considerado um ponto crítico que pode ser solucionado com a substituição pelo Arduino Uno, utilizado em nosso projeto através de uma versão mais robusta, o Arduino Mega, pela maior capacidade de memória, portas de entrada e saída de dados, ampliação dos comandos, mais sensores e atuadores com uma diferença significativa quanto ao custo-benefício, pois o Arduino quando comparado à outras plataformas fechadas, tem um custo relativo muito baixo, além de promover a expansão do sistema através de mais botões, controles a acionamentos, viabilizando assim a escolha de um ambiente corporativo do *software e hardware opensource*.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto e constatado na pesquisa é possível realizar uma prototipação com o Arduino para um sistema de automação residencial, valendo-se de software e hardware livre diferente na praticada com as plataformas fechadas. Existe uma preocupação a respeito de maiores conhecimentos e domínio de sistemas elétricos como uma forma preventiva de acidentes com programadores e usuários. A prototipação com Arduino mostrou-se satisfatória atendendo ao objetivo proposto e pode, futuramente, agregar mais funções e dispositivos de acordo com as técnicas de melhoramento das referidas bibliotecas utilizadas no código principal e na escolha do melhor Arduino para esta finalidade. Na tabela 2, foi feito o levantamento do valor de investimento para se automatizar os quatro cenários propostos nessa dissertação:

**Tabela 2. Valor dos materiais utilizados utilizado na Dissertação para quatro cenários**

<b>Produtos para a prototipação</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Estimado</b>
Arduino UNO REV3 (original)	1	R\$ 89,00
Ethernet Shield W5100 Arduino (original)	1	R\$ 150,00
Módulo Relé 4 Canais 5v Para Arduino Arm Avr Dsp Pic	1	R\$ 50,00
Cabos Para Interligar o Projeto	1	R\$ 50,00
Fonte de Alimentação 12V - 1 Ampere	1	R\$ 20,00
<b>Total investido</b>		<b>R\$ 359,00</b>

Na tabela 3, tem-se a proposta para utilizar o máximo de cenários ou dispositivos que o Arduino UNO consegue manipular as treze portas de entrada ou saída de dados, adicionando mais números de relés, anteriormente utilizou-se 4,

nesta sugestão aumentou a amperagem da fonte para suportar os treze relés, podendo ser acionada 13 cenários:

**Tabela 3. Valor dos materiais para treze cenários possíveis com Arduino UNO**

<b>Produtos para a prototipação</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Estimado</b>
Arduino Uno REV 3 (original)	1	R\$ 89,00
Ethernet Shield W5100 Arduino (original)	1	R\$ 150,00
Modulo Arduino Rele De 12v 8 Canais Para Pic Arm Avr Dsp	1	R\$ 50,00
Módulo Relé 4 Canais 5v Para Arduino Arm Avr Dsp Pic	1	R\$ 50,00
Modulo Arduino Rele 5v	1	R\$ 20,00
Cabos Para Interligar o Projeto	1	R\$ 50,00
Fonte de Alimentação 12V - 1 Ampere	1	R\$ 280,00
<b>Total investido</b>		<b>R\$ 689,00</b>

Nesta última configuração, pode-se controlar até 54 cenários ou dispositivos eletroeletrônicos, levando o usuário a ter uma maior possibilidade de compor estas combinações. O Arduino MEGA256 diferencia-se das demais variações por ter mais memória e número de portas de entrada e saída de dados. O valor de investimento proposto em um primeiro momento, é assustador, porém se comparado com plataformas fechadas, que cobram o valor em média de R\$ 5.000,00, para automatizar apenas um cenário de iluminação com acionamento de 16 lâmpadas, ainda mantém-se atrativo a utilização desta plataforma *Open Source*. A configuração proposta contém 48 relés e o restante deixa-se livre para trabalhar com rede de sensoriamento, a fonte para operar esta prototipação também terá que ser mais robusta, onde é exigido um maior consumo de cargas ao mesmo tempo, não sobrecarregando tanto o Arduino MEGA se alimentado diretamente nele. Valor e componentes com o Arduino MEGA256, vistos na tabela 4. Os valores das tabelas citadas com as configurações básicas foram adquiridos com três fornecedores no Brasil, no qual foi realizado um orçamento com os componentes básicos e calculada à média de preço devidamente atualizada

Tabela 4: Valores e componentes com o Arduino MEGA256

Produtos para a prototipação	Quantidade	Valor Estimado em R\$
Arduino Mega 2560 REV3 (original)	1	R\$ 190,00
Ethernet Shield W5100 Arduino (original)	1	R\$ 150,00
Modulo Expansão Rele Com 16 Canais 12v	3	R\$ 450,00
Módulo Relé 4 Canais 5v Para Arduino Arm Avr Dsp Pic	1	R\$ 50,00
Cabos Para Interligar o Projeto	1	R\$ 50,00
Fonte de Alimentação 12V - 40 Amperes	1	R\$ 280,00
<b>Total investido</b>		R\$ 1.170,00
Arduino Mega 2560 REV3 (original)	1 R\$	190,00
Ethernet Shield W5100 Arduino (original)	1 R\$	150,00
Modulo Expansão Rele Com 16 Canais 12v	3 R\$	450,00
Módulo Relé 4 Canais 5v Para Arduino Arm Avr Dsp Pic	1 R\$	50,00
Cabos Para Interligar o Projeto	1 R\$	50,00
Fonte de Alimentação 12V - 40 Amperes	1 R\$	280,00
<b>Total investido</b>	R\$	1.170,00
Arduino Mega 2560 REV3 (original)	1 R\$	190,00
Ethernet Shield W5100 Arduino (original)	1 R\$	150,00
Modulo Expansão Rele Com 16 Canais 12v	3 R\$	450,00
Módulo Relé 4 Canais 5v Para Arduino Arm Avr Dsp Pic	1 R\$	50,00
Cabos Para Interligar o Projeto	1 R\$	50,00
Fonte de Alimentação 12V - 40 Amperes	1 R\$	280,00
<b>Total investido</b>	R\$	1.170,00

## 7.1 TRABALHOS FUTUROS

Sensores de presença, temperatura e de consumo de energia são requisitos importante tanto para a segurança como para a sustentabilidade. O reconhecimento de voz utilizado para acionar dispositivos e a aquisição do Arduino Mega acompanha as exigências do consumidor que procura eficiência e qualidade.

Um sistema mais dinâmico que permite ao usuário adicionar e remover botões gera maior confiança no quesito de segurança de acesso ao sistema ao impedir a invasão de outro usuário.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. V. T.; TAMARIZ, A. R.. A **Domótica como sustentabilidade e comodidade aos seus usuários**. In.: CONFERÊNCIA IBERO-AMERICANA. Disponível em:< <http://ciawi-conf.org>>. Acesso em: 12 março 2012.

AQUINO, C. **Aparelhos em stand by podem aumentar conta de luz em pelo menos 15%**. Disponível em: <<http://www.correiobrasiliense.com.br>>  
Acesso em 19 jun 2006.

\_\_\_\_\_. **Automação residencial**. Disponível em: <<http://www.schneider-electric.com.br>> Acesso em: 19/06/2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL (AURESIDE): **Estatísticas sobre automação no Brasil**. Disponível em: <<http://www.aureside.org.br/>>. Acesso em 13 dez 2012.

BANZI, M. **Primeiros passos com o Arduino**. São Paulo:Novatec, 2012.

BOLZANI, C.A.M. **Residências inteligentes**: um curso de domótica. São Paulo, Livraria da Física, 2004.

BRAGA, N. C. **Circuitos e soluções**. São Paulo:Saber, 2010.

CAPELLI, A. **Eletrônica para automação**. Rio de Janeiro: Antena, 2004.

CARVALHO, M.A.S. **Um sistema de monitoramento remoto de pacientes usando rede sem fio**. Dissertação. (Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2005.

DIAS, C.L.A; PIZZALATO, N.D. Domótica: aplicabilidade e sistemas de automação residencial, **Revista Vértices**, Campos dos Goytacazes, v.6, n.3, set./dez, 2004.

DOMÓTICA. Disponível: <http://www.electronica-pt.com>. Acesso em 15/06/2011.

FIGINI, G. **Eletrônica industrial, circuitos e aplicações**. São Paulo: Hemus, 2002.

HOME WORKS. Disponível: <http://www.lutron.com>. Acesso em 19 jun 2011.

INTERNET BUSINESS MACHINES (IBM). Disponível: <http://www.ibm.com.br>. Acesso em 07 jun 2012.

IHC TECNOLOGIA. Disponível em: <http://ihclub.com.br/site/>. Acesso: 07 set 2013.

INSTALL HEADING. Disponível em: <http://www.heading.com.br>. Acesso: 07 set 2013.

LIMA, E. S. **Maquinas de estado finito**. Disponível em: [http://edirlei.3dgb.com.br/aulas/ia\\_2012\\_1/IA\\_Aula\\_26\\_Maquinas\\_de\\_Estados\\_Finitos.pdf](http://edirlei.3dgb.com.br/aulas/ia_2012_1/IA_Aula_26_Maquinas_de_Estados_Finitos.pdf). Acesso em 19 dez 2012.

LACOMBE, F. J. M. **Dicionário de administração**. São Paulo: Saraiva, 2004.

McROBERTS, M. **Arduino básico**. São Paulo: Novatec, 2012.

MIGUEL, A.A.S. Projeto e construção de um circuito elétrico para a execução de redes neurais artificiais utilizando componentes eletrônicos de baixo custo. **Revista Sinergia Instituto de Física da Universidade Estadual de São Paulo**, São Paulo, v. 10, n.1, junho de 2009.

MINSKY, M. **Framework for representing knowledge**. New York: MacGraw-Hill, 1975.

MOLINA PALMA, Manuel Antonio ; CAMPOS, Regina Mara C. **Estrutura e normatização de trabalhos científicos**. Campos dos Goytacazes-RJ: Universidade Candido Mendes, 2005

MURATORI, J.R.; BÓ, P.H.D. **Automação da instalação elétrica**. Disponível: <<http://www.setoreletrico.com.br>>. Acesso: 10 jun 2012.

\_\_\_\_\_. **Automação residencial: histórico, definições e conceitos**. Disponível: <<http://www.setoreletrico.com.br>>. Acesso: 10 jun 2012.

\_\_\_\_\_. **Automação residencial: principais subsistemas**. Disponível: <<http://www.setoreletrico.com.br>>. Acesso: 10 jun 2012.

\_\_\_\_\_. **Cabeamento residencial para dados, voz e imagem**. Disponível: <<http://www.setoreletrico.com.br>>. Acesso: 10 jun 2012.

\_\_\_\_\_. **Automação em áreas comuns de condomínios residenciais**. Disponível: <<http://www.setoreletrico.com.br>>. Acesso: 10 jun 2012.

\_\_\_\_\_. **O projeto integrado de infraestrutura**. Disponível: <<http://www.setoreletrico.com.br>>. Acesso: 10 jun 2012.

\_\_\_\_\_. **Interfaces e aplicações especiais de automação residencial**. Disponível: <<http://www.setoreletrico.com.br>>. Acesso: 10 jun 2012.

\_\_\_\_\_. **Automação e eficiência energética**. Disponível: <<http://www.setoreletrico.com.br>>. Acesso: 10 jun 2012.

\_\_\_\_\_. **O futuro da automação residencial**. Disponível: <<http://www.setoreletrico.com.br>>. Acesso: 10 jun 2012.

\_\_\_\_\_. **Soluções em automação residencial**. Disponível: <<http://www.setoreletrico.com.br>>. Acesso: 10 jun 2012.

NEOCONTROL: Disponível em: <<http://www.neocontrol.com.br/public/quemsomos>>. Acesso: 07 set 2013.



OSIPOV, M. Home Automation with ZigBee. In:INTERNATIONAL CONFERENCE: NEW2AN ,8, 2008,St. Petersburg, Russia.. **Proceedings**..... St. Petersburg, Russia: ICM, 2008.

PIYARE, R., TAZIL, M. **Bluetooth based home automation system using cell phone**. IEEE 15th international symposium on consumer electronics, 2011. Disponível em: <<http://www.ieeexplore.ieee.org/>>. Acesso: 07 set 2013.

POLPETA, F.V. **Uma estratégia para a geração de sistemas embutidos baseada na metodologia projeto de sistemas orientados à aplicação**. 2006. 118f Dissertação. (Ciência da Computação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

RANGEL, R.F. **Módulo de acionamento e monitoramento via web**. 2012 116f Monografia. (Tecnólogo em Automação Industrial) - Instituto Federal da Paraíba, Cajazeiras - PB, 2012.

REIS, M.C. **Eletrônica digital: teoria e aplicação**. 7. ed.,. São Paulo: Letron, 2002.

SCHILD, H. **Inteligência artificial utilizando linguagem C**. São Paulo: McGraw-Hill,1989.

SENARIO: AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL: Disponível em:<<http://www.scenario.ind.br/index.php?form=EnterpriseForm>>. Acesso: 07 set 2013.

SILVEIRA, J.A. **Experimentos com o Arduino: monte seus próprios projetos com o Arduino utilizando as linguagens C e processing**. São Paulo: Ensino Profissional, 2011.

SOPER, M.E. **Absolute beginner's guide to home automation**. Rio de Janeiro: Indiana, 2005.