

INTEGRAÇÃO DA TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC) COM A DOMÓTICA

ANDERSON VINÍCIUS TOLEDO ANDRADE¹ FERMÍN ALFREDO TANG MONTANÉ²
ANNABELL DEL REAL TAMARIZ³

¹Instituto Federal Fluminense (IFF), *Campus* de Itaperuna, Departamento da Indústria

^{2,3}Universidade Estadual Norte Fluminense (UENF), *Campus* de Goytacazes, Departamento de Informática
<av.toledo@hotmail.com>, <tang@uenf.br>, <annabell.brasil@gmail.com>

Resumo. 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 e sua flexibilidade de expansão. Tornando-se, assim, 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, mostrando que suas atribuições e características atendem as mais variadas situações e demandas do cliente, além de contribuir assim para a redução de lixo eletrônico.

Palavras-chaves: Automação Residencial. Arduino. Técnicas Computadorizadas. Eletroeletrônicos.

Abstract. The home automation in Brazil is constantly evolving by higher purchasing power of Brazilians in recent years, the change in economy class and especially the Rise in construction. There is considerable demand in the sector, especially with regard to the automation of electronics as well as convenience and safety of homes. The modern world gives the everyday life of human beings little time to manage the daily tasks of their homes and the ability to manage some of these activities, even when absent, Is no longer a luxury and becomes as necessary as communication via mobile phone or the internet today. The reality of the modern world evolves and currently the interaction of various electronic objects from or even between humans is needed every day. The use of computerized or mechanical techniques in order to reduce labor in any process lowers costs and increases production speed. The aim of this study is to identify, through prototyping with Arduino an integrated electronic circuit, 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 as a platform for free software and hardware, thus making the main motivation for research because it allowed the prototype to develop a low cost without the need to acquire more sophisticated and high-value platforms, showing that their assignments and features meet the most varied situations and demands of the client, and thereby contribute to reducing electronic waste.

Keywords: Home Automation. Arduino. Computer Techniques. Electronic.

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico da informática e o grande consumo de equipamentos eletrônicos, devido à redução dos custos na produção e ao crescimento econômico, a busca por novas tecnologias aumenta a cada dia. 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. É um conjunto de técnicas que podem ser aplicadas sobre um processo para torná-lo mais eficiente através de um reduzido consumo de energia, baixa emissão de resíduos e 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, p. 441-451),

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 no século XXI 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.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A palavra Domótica é a junção da palavra latina *Domus* (casa) e do termo Robótica (ANDRADE; TAMARIZ, 2012). O significado está relacionado à instalação de tecnologia em residências, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida, aumentar não só a segurança, mas 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 esses sistemas são informatizados e computadorizados.

Vecchi e OGATA (2013) 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: haver fácil interação com os habitantes, com interfaces homem-máquina (IHM); possuir noção temporal e memória; ter 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 (2012), 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 do autor, 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 (SLVEIRA, 2011; MCROBERTS, 2012).

Osipov (2008) destaca que automação residencial é a universalização dos controles remotos, interação de televisores e aparelhos de som em um só conjunto, integrando 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.

Outras opiniões relevantes são fornecidas por Bolzani (2004), no livro Casas Inteligentes, que trabalha não só com a concepção de Osipov, ampliando o campo do saber no que se refere à automação residencial, mas

também 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, Bolzani (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.

Bolzani (2004) e Osipov (2008) concordam em um mesmo ponto de que essas 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 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).

Piyare e Tazil (2011) falam da automação residencial através da integração do Arduino com o *Bluetooth* baseado no sistema de automação residencial utilizando o telefone celular. Solanki e Desai (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 et al., 2011). Ne-

nhum dos artigos ou mesmo livros citados no decorrer dessa dissertação, tratam especificamente da utilização do Arduino e uma rede estruturada a cabo e comunicação *Ic2* para a automação residencial.

De acordo com Slveira (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 Bolzani (2004), a Domótica oferece comodidade e segurança do patrimônio aliado à economia de energia e melhor gestão dos recursos utilizados na habitação.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O objeto teórico do presente estudo, definido para a realização deste artigo, foi obtido através de um levantamento das tecnologias mais utilizadas no Brasil para a automação residencial, através de visitas em empresas, feiras de automação, prospectos, sites de fabricantes e entrevista com integradores do ramo para que seja utilizado como base na construção do projeto aqui desenvolvido.

3.1 Tecnologias aplicadas à automação no Brasil

X10 - Foi uma das primeiras tecnologias aplicadas à automação residencial no mundo nos anos 70. Esse 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.

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 *Com-pactWall* que apresenta soluções simplificadas e ofere-

cem todos os recursos necessários para o controle de cenas de iluminação. Essas duas linhas de produtos atendem uma demanda de controle de iluminação, com dimmerizadores 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.

IHC - É um sistema distribuído por uma empresa pioneira no mercado brasileiro de automação residencial a IHC Technologies. Foi a 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. 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. **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 não só um protocolo de comunicação sem fios com uma largura de banda estreita programada para enviar comandos de controle e, potencialmente, dados secundários, mas também 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. Esse 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, termostatos e iluminação doméstica. Atualmente, no Brasil, um interruptor inteligente com essa tecnologia custa em média, R\$ 400,00 com o valor do serviço de instalação incluso.

Zigbee - É a tecnologia mais utilizada atualmente, foi criada no ano de 2005, através da junção de várias empresas dando origem ao grupo denominado Alliance. Essa 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, 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 ZigbeeTM ao Arduino.

/subsectionEletroeletrônicos 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 Figura 1.

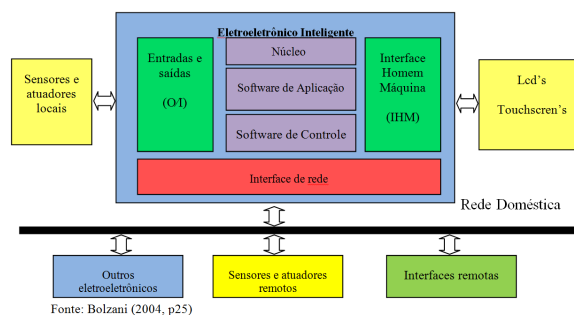


Figura 1: Modelo de eletroeletrônico inteligente. Fonte: Bolzani (2004, p. 25)

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. Pode ainda transformar o núcleo de processamento e converter pulsos elétricos em códigos binários codificando ou mesmo decodificando a informação inerente ao comando dado ao eletroeletrônico. 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.

3.2 Arduino

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

Tabela 1: Comparativos entre Arduinos e Microcontroladores.

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

Fonte: www.arduino.cc

o de desenvolver um *hardware* de fácil reprogramação e de baixo custo.

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® da Atmel e existem várias derivações destes *chips* que aumentam sua capacidade de armazenamento o ATmega8 até o ATmega256 de 256 kbytes de memória *flash*. As diferenças principais dos Arduinos em relação com o microcontrolador que acompanha cada derivação pode ser visualizada na Tabela 1.

Através do comparativo acima fica evidente que o Arduino Mega tem capacidade superior devido à grande capacidade de memória *flash* do Arduino, o que eleva seu custo. 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, tem-se o *layout* de uma placa e suas características básicas.

4 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

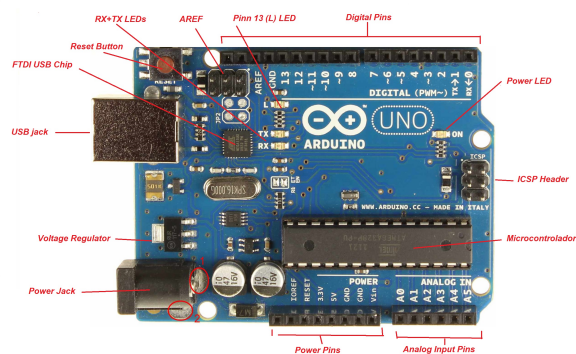


Figura 2: <www.arduino.cc>, modificada por ANDRADE e TAMARIZ (2012).

do meio ambiente.

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

Além dos baixos custos de produção, essa 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 corporativo da placa Arduino permitiu gerenciar as principais funções desenvolvidas no projeto executado.

Os diagramas e esquemas de instalação utilizados foram os mesmos recomendados por Cruz (2012), 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 Ethernet w5100*, quatro relês eletromecânicos e roteador *Wifi*, cujas imagens revelam cada um dos componentes.

A Figura 3 mostra uma placa que contém quatro relês responsáveis por receber pulsos elétricos que acoplado ao Arduino possibilita o acionamento de cargas elétricas com valores nominais entre 127 W a 240 W com uma corrente nominal de 10 Amperes. O contato (N/O) que é a nomenclatura de normalmente aberto, derivando do inglês *open* e (N/C) que significa normalmente fechado, derivando também do inglês *close* e o terminal comum para ambos. Quando energizados o contato N/C 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 3).

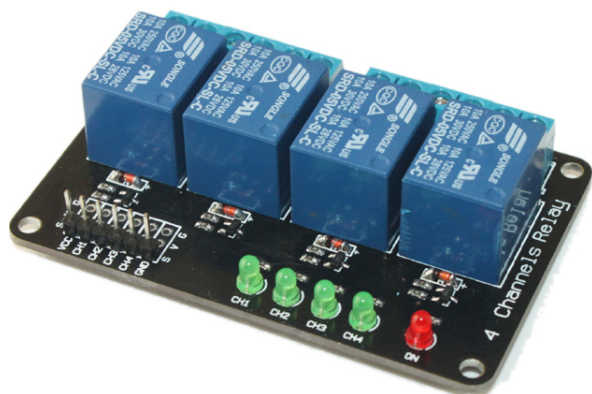


Figura 3: Módulo com quatro relês utilizado na montagem do protótipo. Fonte: autor.

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 4, o *Ethernet Shield W5100* pode ser identificado.

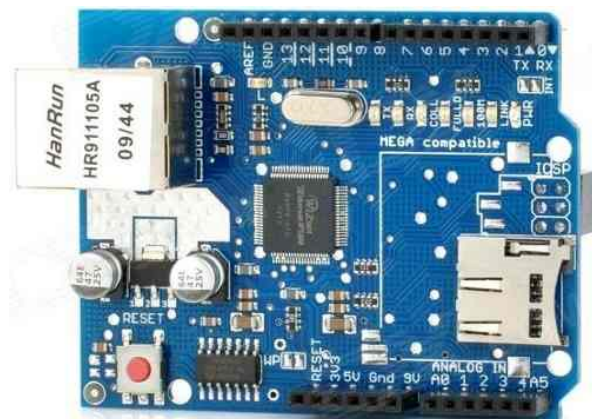


Figura 4: Ethernet Shield W5100. Fonte: autor.

A montagem básica do circuito pode ser visualizada na Figura 5, contendo uma placa com os quatro relês, fios (*jumpers*) conectados no *Shield* (placa adicional) *Ethernet W5100*, sobreposta conectada ao Arduino UNO.

Foram utilizados 6 (seis) fios (Figura 5), sendo 2 (dois) para alimentação da placa com os quatro relês um desses fios para os +5 V 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.

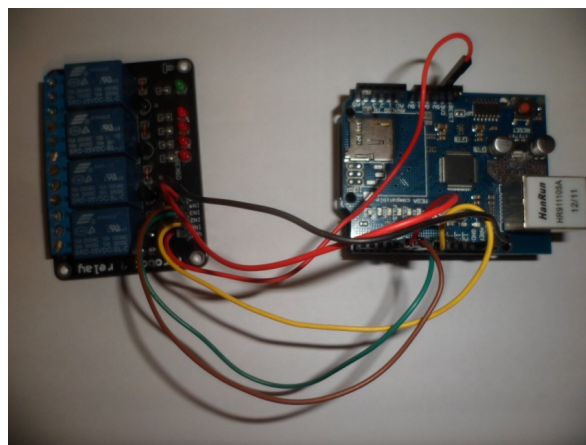


Figura 5: Circuito montado com o Arduino, relê e *Shield Ethernet*. Fonte: autor.

Para a demonstração do projeto foi elaborada uma planta baixa (Figura 6), de uma casa contendo um salão, dois banheiros, dois quartos, uma suíte, uma cozinha e varanda, simulando uma residência.

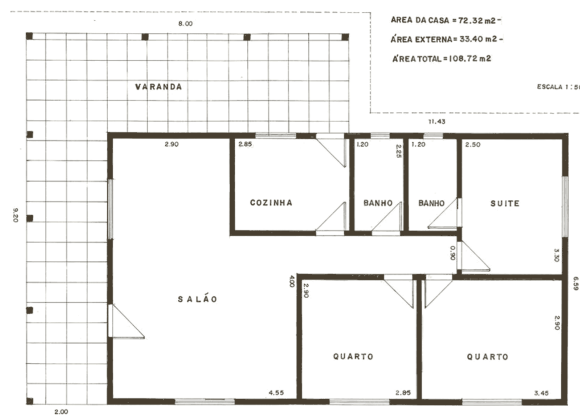


Figura 6: Planta baixa da maquete utilizada na demonstração. Fonte: autor.

As cenas acionadas podem ser visualizadas na Figura 7 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 inteli-

gente 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 2 A (Ampères) conforme especificações da Figura 7.



Figura 7: Maquete com as cenas acionadas. Fonte: autor.

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 (Figura 8).

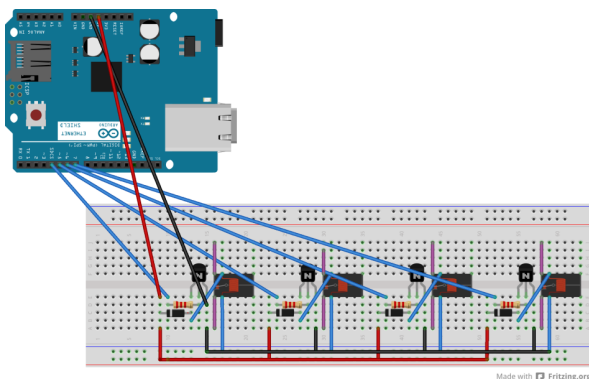


Figura 8: Diagrama de ligação do Arduino com os relés. Fonte: autor.

O esquema elétrico do projeto com ligação dos componentes eletrônicos pode ser visualizado na Figura 9.

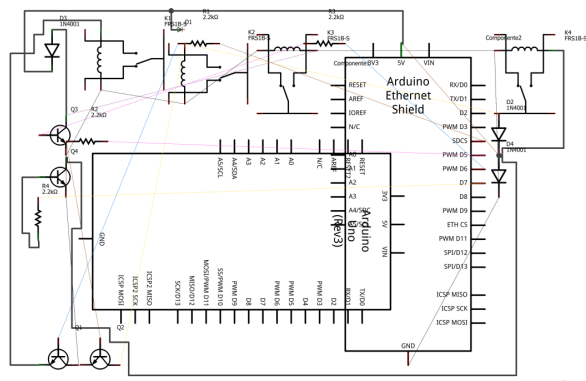


Figura 9: Diagrama elétrico do Protótipo. Fonte: autor.

O diagrama elétrico foi idealizado no programa com código fonte livre, denominado Fritzing, onde pode ser visualizada a placa Arduino juntamente com a *Ethernet Shield* w5100 e as conexões dos componentes, podem-se observar linhas diversas traçando os componentes eletrônicos, essas linhas de cores vermelha, azul e verde representam a ligação entre cada componente eletrônico nas placas, esse diagrama é melhor entendido na Figura 8, no qual podemos observar os desenhos dos componentes eletrônicos ligados a placa, pois neste diagrama visto na Figura 9 o que é demonstrado em sintaxe são as simbologias universal dos componentes eletrônicos, tais como: resistores, transistores, diodos micro controladores, o aterramento e o V_{cc} (tensão em corrente contínua), que energiza estes componentes respectivamente interligados entre si juntamente com os polos positivo e GND (negativo) de uma bateria ou fonte de corrente contínua (Figura 10).

A Figura 11 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. Esse 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; finalmente, acionando a placa de relés ligada ao Arduino e aos circuitos propostos na demonstração.

As principais características do código fonte colaborativo, utilizado na construção da maquete pode ser visualizado na Figura 12, com as declarações de duas bibliotecas utilizadas no sistema.



Figura 10: Quadro de Distribuição com o Arduino, suas fontes de alimentação e distribuição dos circuitos para a casa. Fonte: autor.

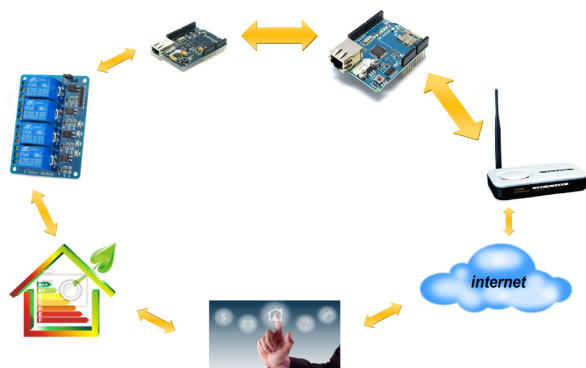


Figura 11: Fluxo de operação do Circuito conectado à Internet fazendo as requisições. Fonte: autor.

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

Figura 12: Declaração das bibliotecas no Sketch. Fonte: autor.

O código a seguir visualizado na Figura 13, 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 vindas dos sensores e atuadores através do Arduino.

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

Figura 13: Configuração do endereço IP e seus derivados. Fonte: autor.

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 na Figura 14. 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;
```

Figura 14: Declaração das variáveis e quais pinos estão ligados. Fonte: autor.

O próximo passo (Figura 15) 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 presente na Figura 15.

4.1 Aplicação Web

Uma característica desta interface são os botões que se adaptam automaticamente a qualquer navegador de internet sejam eles em computadores pessoais ou dispositivos móveis (Figura 16). Os três botões de cor vermelha significam que os cenários estão ativos, ou seja, ligados que mudam de cor caso contrário.

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

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

Figura 15: Atribuindo *status* das portas como saída. Fonte: autor.



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

Na Figura 17 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. Fonte: autor.

4.2 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, demonstrados no decorrer da apresentação desse estudo.

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 Source*, que permite ao usuário alterar o sistema juntamente com o circuito alterando esses estados de ligado e desligado.

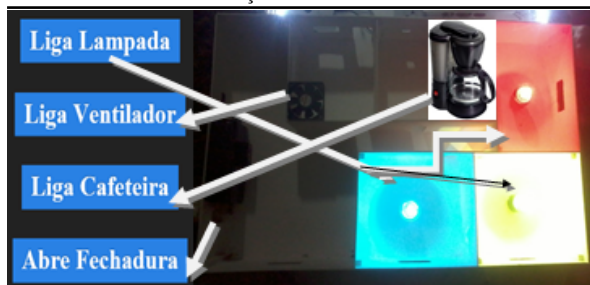


Figura 18: Cenários Definidos com a Aplicação. Fonte: autor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

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 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 tensões entre 9 V até 15 V ocorre uma instabilidade do sistema que trava qualquer ação forçando o usuário desligar e ligar novamente o sistema junta-

Tabela 2: Valor dos materiais utilizados utilizado neste artigo para quatro cenários.

Produtos para a prototipação	Quantidade	Valor Estimado
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	1	R\$ 50,00
DSP PIC		
Cabos Para Interligar o Projeto	1	R\$ 50,00
Fonte de Alimentação 12 V - 1 Ampere	1	R\$ 20,00
Total investido		R\$ 359,00

Fonte: Elaborada pelo autor.

mente 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 7,5 V, 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.

Com a ideia de facilitar trabalhos baseados para esta plataforma, foram elaboradas tabelas com diversas configurações, componentes e custo de cada implementação possíveis. Na Tabela 2, foi efetuado o levantamento do valor de investimento para se automatizar os quatro cenários propostos nesta pesquisa.

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 potência da fonte para suportar os treze relés, podendo ser acionados nos 13 cenários:

Nessa 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 in-

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

Produtos para a prototipação	Quantidade	Valor Estimado
Arduino Uno REV 3 (original)	1	R\$ 89,00
Ethernet Shield W5100 Arduino (original)	1	R\$150,00
Módulo Arduino Relé De 12 V, 8 Canais, para PIC ARM AVR DSP	1	R\$ 50,00
Módulo Relé 4 Canais, 5 V, para Arduino ARM AVR D	1	R\$ 50,00
Módulo Arduino Rele 5 V	1	R\$ 20,00
Cabos Para Interligar o Projeto	1	R\$ 50,00
Fonte de Alimentação 12 V - 1 Ampere	1	R\$ 80,00
Total investido		R\$ 689,00

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 4: Valor dos materiais para cinquenta e quatro cenários possíveis com Arduino MEGA

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
Módulo de expansão Relé com 16 Canais, 12 V	3	R\$ 450,00
Módulo Relé 4, Canais 5 V, para Arduino ARM, AVR, DSP	1	R\$ 50,00
Cabos para interligação do circuito	1	R\$ 50,00
Fonte de Alimentação 12 V - 40 Amperes	1	R\$ 280,00
Total investido		R\$ 1.170,00

Fonte: Elaborada pelo autor.

vestimento 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 sensoramento, a fonte para operar está 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 a média de preço devidamente atualizada.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto e constatado na pesquisa é possível realizar uma prototipação com o Arduino para um sis-

tema 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.

Apesar das diversas vantagens que uma plataforma do tipo Arduino oferece, as limitações de memória externa são consideradas 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 a 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*.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, . A. V. T.; TAMARIZ, A. R. A. Domótica como sustentabilidade e comodidade aos seus usuários. In: *IADIS: Conferência Ibero-Americana*. [s.n.], 2012. Acesso em 12/03/2012. Disponível em: <<http://ciawi-conf.org>>.

AQUINO, C. *Automação Residencial*. 2011. Acesso em 19/06/2011. Disponível em: <<http://www.schneider-electric.com.br>>.

_____. *Aparelhos em stand by podem aumentar conta de luz em pelo menos 15%*. 2012. Acesso em 10/06/2012. Disponível em: <<http://www.correiobrasiliense.com.br>>.

ARDUINO. *Arduino*. 2013. Acesso em 13/04/2013. Disponível em: <<http://www.arduino.cc>>.

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.

- CRUZ, M. H. S. Trabalho e condições de vida de mulheres na realidade brasileira. In: *Conhecimento feminista e relações de gênero no Norte e Nordeste brasileiro*. São Luís: Redor, 2012.
- DAAMEN, D. Sistemas de barramentos domésticos. *Elektor: Eletrônica e Microinformática*, n. 41, p. 8 – 13, 2005.
- LACOMBE, F. J. M. *Dicionário de administração*. São Paulo: Saraiva, 2004.
- LIMA, E. S. de. *Inteligência Artificial: Maquinas de estado finito*. 2012. Acesso em 19/12/2012. Disponível em: <http://edirlei.3dgb.com.br/aulas/ia_2012_1/IA_Aula_26_Maquinas_de_Estados_Finitos.pdf>.
- 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*, v. 10, n. 1, 2009.
- MINSKY, M. *Framework for representing knowledge*. New York: MacGraw-Hill, 1975.
- MURATORI, J. R.; BO, P. H. D. Automação residencial. In: *histórico, definições e conceitos*. Portal O Setor Elétrico, 2011. Acesso: 10/06/2012. Disponível em: <<http://www.osetoreletrico.com.br/web/index.php>>.
- _____. Automação residencial. In: *principais subsistemas*. [S.l.]: Portal O Setor Elétrico, 2011. Acesso: 10/06/2012.
- _____. Automação residencial. In: *Cabeamento residencial para dados, voz e imagem*. [S.l.]: Portal O Setor Elétrico, 2011. Acesso: 10/06/2012.
- _____. Automação residencial. In: *Automação em áreas comuns de condomínios residenciais*. [S.l.]: Portal O Setor Elétrico, 2011. Acesso: 10/06/2012.
- _____. Automação residencial. In: *O projeto integrado de infraestrutura*. [S.l.]: Portal O Setor Elétrico, 2011. Acesso: 10/06/2012.
- _____. Automação residencial. In: *Interfaces e aplicações especiais de automação residencial*. [S.l.]: Portal O Setor Elétrico, 2011. Acesso: 10/06/2012.
- _____. Automação residencial. In: *Automação e eficiência energética*. [S.l.]: Portal O Setor Elétrico, 2011. Acesso: 10/06/2012.
- _____. Automação residencial. In: *O futuro da automação residencial*. [S.l.]: Portal O Setor Elétrico, 2011. Acesso: 10/06/2012.
- _____. Automação residencial. In: *Soluções em automação residencial*. [S.l.]: Portal O Setor Elétrico, 2011. Acesso: 10/06/2012.
- _____. *Automação da instalação elétrica*. [S.l.]: Portal O Setor Elétrico, 2012. Acesso: 10/06/2012.
- NEOCONTROL. *Neocontrol*. 2013. Acesso em 07/09/2013. Disponível em: <<http://www.neocontrol.com.br/public/quemsomos>>.
- OSIPOV, M. Home automation with zigbee. In: *8th INTERNATIONAL CONFERENCE: NEW2AN and 1ST RUSSIAN CONFERENCE ON SMART SPACES, SMART 2008*. St. Petersburg: [s.n.], 2008.
- PALMA, M.; CAMPOS, R. M. C. *Estrutura e Normatização de Trabalhos Científicos*. Campos dos Goytacazes: UCAM, 2005.
- PIYARE, R.; TAZIL, M. Bluetooth based home automation system using cell phone. In: *IEEE 15th international symposium on consumer electronics*. [s.n.], 2011. Acesso em 07/09/2013. Disponível em: <<http://www.ieeexplore.ieee.org/>>.
- POLPETA, F. V. *Uma estratégia para a geração de sistemas embutidos baseada na metodologia projeto de sistemas orientados à aplicação*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Ciência da Computação, Florianópolis, 2006.
- RANGEL, R. F. Monografia. (Tecnólogo em Automação Industrial do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial). *Módulo de acionamento e monitoramento via web*. Cajazeiras: [s.n.], 2012.
- REIS, M. C. *Eletrônica Digital: Teoria e aplicação*. 7. ed. São Paulo: Letron, 2002.
- SCHILDT, H. *Inteligência Artificial Utilizando Linguagem C*. São Paulo: McGraw-Hill, 1989.
- SENARIO. *SENARIO: automação residencial*. 2013. Acesso em 07/09/2013. Disponível em: <<http://www.senario.ind.br/index.php?form=EnterpriseForm>>.
- SLVEIRA, J. A. *Experimentos com o Arduino: monte seus próprios projetos com o Arduino utilizando as linguagens C e Processing*. São Paulo: Ensino Profissional, 2011.

SOLANKI, U.; DESAI, N. Hand gesture based remote control for home appliances: Handmote. In: *Information and Communication Technologies (WICT), 2011 World Congress on*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 419–423.

SOUZA, A. R. de et al. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de Física assistidas pelo PC. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, scielo, v. 33, p. 01 – 05, 03 2011. ISSN 1806-1117. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172011000100026&nrm=iso>.

VECCHI, H. F.; OGATA, R. J. O. *Edifícios Inteligentes*. 2013. Acesso em 02 de abril de 2013. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/ia/intelige/domotica/int.htm#introducao>>.

ZWAVE. *Automação Residencial Wireless*. 2012. Disponível em: <<http://www.zwave.com.br/>>.