

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA – ÊNFASE ELETROTÉCNICA

HENRIQUE DARIVA NASCIMENTO COSTA
RÉGIS KELLER ZORTÉA MERINO
WELLINGTON ALVES PEREIRA

**DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE UM SISTEMA DE
AUTOMAÇÃO PREDIAL UTILIZANDO UMA CENTRAL DE
CONTROLE VIA REDE EXTERNA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2013

**HENRIQUE DARIVA NASCIMENTO COSTA
RÉGIS KELLER ZORTÉA MERINO
WELLINGTON ALVES PEREIRA**

**DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE UM SISTEMA DE
AUTOMAÇÃO PREDIAL UTILIZANDO UMA CENTRAL DE
CONTROLE VIA REDE EXTERNA**

Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Engenharia Industrial Elétrica - Ênfase em Eletrotécnica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Paulo Sérgio Walenia, Esp.

CURITIBA

2013

Henrique Dariva Nascimento Costa
Régis Keller Zortéa Merino
Wellington Alves Pereira

DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PREDIAL UTILIZANDO UMA CENTRAL DE CONTROLE VIA REDE EXTERNA

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Eletricista, do curso de Engenharia Industrial Elétrica com Ênfase em Eletrotécnica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 10 de Abril de 2013.

Prof. Emerson Rigoni, Dr.
Coordenador de Curso
Engenharia Industrial Elétrica com ênfase em Eletrotécnica

Profa. Annemahlen Gehrke Castagna, Ma.
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso
de Engenharia Industrial Elétrica com ênfase em Eletrotécnica

ORIENTAÇÃO

Prof. Paulo Sérgio Walenia, Eng. Esp.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Emerson Rigoni, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Gerson Maximo Tiepolo, Me.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Paulo Sérgio Walenia, Eng. Esp.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica.

*Aos nossos pais, Osmar e Irene, Geraldo e Dilene,
Pedro e Tereza, pelo apoio que nos foi tão
importante ao longo desses anos de estudo.*

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer, de maneira geral, a todos aqueles que estiveram ao nosso lado durante nossa vida acadêmica: amigos, colegas de trabalho e familiares. Nem sempre tivemos o tempo que queríamos para estar ao lado de quem gostamos, mas todos vocês estiveram presentes nos nossos pensamentos esse tempo todo.

Agradecemos ao nosso orientador, professor Paulo Sérgio Walenia, pela cobrança ainda na primeira etapa do trabalho, que se refletiu num maior comprometimento do grupo nesta etapa final.

Agradecemos, ainda, aos professores Emerson Rigoni e Gerson Tiepolo, componentes da banca examinadora, pelas dicas valiosas dadas na primeira defesa do trabalho, que nos ajudaram a definir melhor os rumos da pesquisa.

Por fim, agradecemos ao engenheiro Osmar Nascimento Costa e ao diretor Mauro Nascimento Costa, que nos proveram a maior parte dos recursos materiais que tornaram possível a montagem do protótipo, além de nos ceder o espaço adequado para as reuniões da equipe.

RESUMO

COSTA, Henrique D. N.; MERINO, Régis K. Z.; PEREIRA, Wellington A. Desenvolvimento e análise de um sistema de automação predial utilizando uma central de controle via rede externa. 93 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase Eletrotécnica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Este trabalho apresenta uma abordagem teórico-prática sobre sistemas de pré-automatização predial. Apresenta tópicos sobre instalações elétricas prediais convencionais, bem como as normas aplicadas a elas. Aborda os conceitos de pré-automatização e automação, demonstrando quais sistemas prediais são passíveis de serem controlados com tais tecnologias. Também apresenta os componentes envolvidos numa instalação pré-automatizada. Como resultado da pesquisa, é apresentada a montagem de um protótipo para acionamento de cargas residenciais tanto via local como via internet.

Palavras-chave: Pré-automatização. Automação. Instalações residenciais. Instalações prediais. Arduino. Relé de impulso.

ABSTRACT

COSTA, Henrique D. N.; MERINO, Régis K. Z.; PEREIRA, Wellington A. Analysis and development of a building automation system using a control center through an external web. 93 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase Eletrotécnica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

This work presents a theoretical-practical approach about pre-automated home systems. It presents topics about conventional electrical installations, as well as the standards applied to them. The concepts of pre-automation and automation are also showed, in the approach of what kind of building systems are able to be controlled with these technologies. It shows the devices involved in a pre-automated installation. As a result of the research, it shows the assembly of a prototype for electrical home loads operation via web.

Keywords: Pre-automation. Automation. Residential installations. Building installations. Arduino. Step relay.

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CFTV	Circuito Fechado de TV
CLP	Controlador Lógico Programável
EIA	<i>Electronic Industries Alliance</i>
FCA	Fator de Correção de Agrupamento
HES	<i>Home Electronic System</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
HVAC	<i>Heating, Ventilation and Air Conditioning</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
PHP	<i>HyperText Processor</i>
SCR	<i>Silicon Controlled Rectifiers</i>
SPDA	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas
USB	<i>Universal Serial Bus</i>

LISTA DE ACRÔNIMOS

AURESIDE	Associação Brasileira de Automação Residencial
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
LED	<i>Light-Emitting Diode</i>
MIPS	Milhões de Instruções Por Segundo
TIA	<i>Telecommunication Industry Association</i>
TRIAC	<i>Triode for Alternating Current</i>

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Seção mínima recomendada de acordo com o tipo de instalação	25
Quadro 2: Capacidade de condução de corrente em cabos cobertos de PVC, métodos A1 a D.....	25
Quadro 3: Dimensionamento da fiação para o projeto modelo.	70
Quadro 4: Comparativo das soluções discutidas.	70
Quadro 5: Comparação de vantagens entre os dois modelos	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de moradia popular.....	17
Figura 2: Exemplo de projeto elétrico sem integração de sistemas	23
Figura 3: Quadro sinótico com pulsadores e indicação luminosa das cargas	29
Figura 4: Relé fotoelétrico para aplicação em sistemas de iluminação em domótica.....	32
Figura 5: Elemento de um sistema de segurança (fechadura com controle de acesso)	33
Figura 6: Componentes do BeagleBone.....	37
Figura 7: Componentes do RaspberryPi	39
Figura 8: Vista superior da placa Arduino Mega 2560	40
Figura 9: Modelo de placa Arduino <i>Ethernet Shield</i>	41
Figura 10: Vista superior da placa <i>Ethernet Shield</i>	42
Figura 11: Princípio de funcionamento de um relé	43
Figura 12: Funcionamento interno de um relé de impulso	43
Figura 13: Esquema elétrico e seqüência de acionamento	44
Figura 14: Montagem de um relé de impulso com carga	44
Figura 15: Relé de impulso Finder modelo 27.01.8.230	44
Figura 16: Outras possibilidades de controle de uma estrutura pré-automatizada	45
Figura 17: Exemplo simples de uma estrutura pré-automatizada com relé de impulso	46
Figura 18: Esquema básico do projeto.....	46
Figura 19: Fluxograma para confecção da central	47
Figura 20: Diagrama de blocos para o comportamento da central	48
Figura 21: Esquemático do circuito de testes com LED pulsado	50
Figura 22: Esquemático do circuito de testes do optoacoplador.....	51
Figura 23: Esquemático do circuito de teste da interface de potência	52
Figura 24: Esquemático do circuito de teste da interface de potência com <i>push-button</i> chaveando o lado de potência	53
Figura 25: Protótipo com carga única (desligada)	54
Figura 26: Protótipo com carga única (ligada)	55
Figura 27: Protótipo com acionamento de 10 cargas de teste e sinalização	56
Figura 28: Página de login do usuário.....	58
Figura 29: Placa de circuito impresso corroída para montagem final do projeto.....	60
Figura 30: Layout final do protótipo	61
Figura 31: Teste de comando local com cabo de 20 metros	62
Figura 32: Protótipo com quadro de relés	63
Figura 33: Protótipo com quadro de relés em segundo estágio.....	63
Figura 34: Configuração final do protótipo.....	64

Figura 35: Diagrama final do protótipo (entradas)	64
Figura 36: Diagrama final do protótipo (saídas de sinalização)	65
Figura 37: Diagrama final do protótipo (exemplo de saída para as cargas)	66
Figura 38: Modelo de residência unifamiliar utilizado (modelo convencional)	68
Figura 39: Planta com a infraestrutura de acordo com novo modelo	69
Figura 40: Botões na interface via WEB para controlar as cargas	71
Figura 41: Pontos a conectar na central para se ter um sistema pré-automatizado simples	72

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 TEMA	15
1.1.1 Delimitação do tema.....	15
1.2 PROBLEMA E PREMISSAS	17
1.3 OBJETIVOS	18
1.3.1 Objetivo geral	18
1.3.2 Objetivos Específicos	18
1.4 JUSTIFICATIVA	19
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	20
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	21
2 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PEDIAIS NA ATUALIDADE	22
2.1 NORMATIZAÇÃO	24
3 AUTOMAÇÃO PREDIAL	28
3.1 PRÉ-AUTOMAÇÃO PREDIAL	28
3.2 AUTOMAÇÃO PREDIAL.....	30
3.2.1 Definições e aplicações.....	30
3.2.1.1 Iluminação	31
3.2.1.2 Segurança	32
3.2.1.3 Climatização.....	33
3.2.1.4 Acionamento de cargas diversas	33
3.3 HISTÓRIA DA AUTOMAÇÃO	34
4 COMPONENTES DA CENTRAL DE AUTOMAÇÃO	36
4.1 PLATAFORMAS AVALIADAS.....	36
4.1.1 Beagleboard	36
4.1.2 Arduino	37
4.1.3 Raspeberry PI	38
4.2 ARDUINO MEGA 2560	39
4.2.1 Arduino Ethernet Shield	40
4.3 RELÉS DE IMPULSO	42
4.4 O PROJETO DE AUTOMAÇÃO.....	45
4.5 CENTRAL DE AUTOMAÇÃO.....	47
5 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO, ENSAIOS E CONSTATAÇÕES	50

6 VALIDAÇÃO DO PROTÓTIPO.....	67
7 CONCLUSÕES.....	74
7.1 DESENVOLVIMENTO DA CENTRAL.....	74
7.2 COMPARATIVO COM OUTRAS INSTALAÇÕES.....	75
7.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	76
REFERÊNCIAS.....	77
APÊNDICES	82

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

1.1.1 Delimitação do tema

O consumidor de produtos e tecnologias esta cada vez mais exigente em face aos avanços e ofertas que lhe atingem diariamente. Esse fato se evidencia, por exemplo, na indústria automobilística, onde ganha o cliente aquele que oferece um produto com maior grau de tecnologia agregado pelo menor preço. Alguns consumidores visam mais a tecnologia em detrimento do preço, buscando qualidade acima de tudo.

No caso dos edifícios, utilizados pelas pessoas para trabalhar, morar e executar suas funções diárias, isso não poderia ser diferente. Cada vez mais se busca a qualidade de vida e conforto associado a estas edificações, algo que é conseguido executando a instalação adequada a esses quesitos.

Focando nas instalações elétricas prediais, sendo parte integrante fundamental de um edifício, nota-se que as tendências para o conforto das pessoas ainda não atingiram de forma eficaz estas estruturas. O escopo do projeto elétrico como é conhecido hoje pouco mudou sua forma nos últimos anos. O consumidor tem sido o “motor” da mudança nessa área, não abrindo mão dos benefícios da tecnologia, querendo estendê-los ao seu espaço doméstico ou de seu trabalho (MURATORI, 2008).

Neste cenário, o conceito de “automação predial” é de fundamental importância. A automação predial pode ser definida como a base para as funções de gestão de uma planta para sua utilização de forma segura, apropriada e econômica podendo ainda incluir o uso de forma a dar maior conforto ao usuário. (HEIDEMANN et al, 2010),

Um projeto que inclui automação em seu escopo possui vários subsistemas integrados, a exemplo de: Circuito Fechado de Televisão - CFTV, HVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado - da sigla em inglês), segurança, controle de acesso, controle de cargas e iluminação, podendo este último ser responsável por até 50% ou mais da carga total da edificação (MURATORI; DALBÓ, 2011).

Um dos conceitos mais importantes e ainda pouco explorados dentre deste contexto é a pré-automatização, na qual várias partes e dispositivos vão se integrando conforme a necessidade do usuário, facilitando uma automação futura. Não existe aí uma “inteligência”, mas sim comandos individuais ou em pequenos grupos que podem ser interligados no futuro (FREITAS, 2011). As instalações que recebem pré-automatização têm investimento inicial baixo e se valorizam em vista desta aplicação diferenciada.

A maior aplicação da pré-automatização se destina a sistemas de iluminação, visto que o estado ligado/desligado é o que importa neste sistema, coincidindo com os comandos simples. O comando pode ser feito em extra baixa tensão (menor que 50 V em corrente alternada ou 120 V em corrente contínua) e possibilita o acionamento de cargas à distância, dimerização e acionamento/desligamento de dispositivos de um ambiente (FREITAS, 2011). Outra vantagem é a possibilidade de migrar o sistema pré-automatizado para o sistema automatizado a qualquer momento, bastando para isso adicionar uma central inteligente (MURATORI, 2008).

O equipamento que pode ser aplicado com facilidade para a pré-automatização é o relé de impulso, que é acionado por pulsadores ao invés do corriqueiro interruptor. Este relé, ao ser inserido no controle de um sistema de iluminação, por exemplo, tem o objetivo de alterar o estado ou posição dos contatos quando em sua bobina é aplicada uma tensão através de um pulso mínimo de 100ms. Além do acionamento por pulsadores, há a possibilidade da instalação de um sistema de controle remoto para acionamento paralelo ao pulsador. O relé é uma alternativa que proporciona economia no dimensionamento de materiais e no consumo de energia, além de gerar conforto ao usuário (MAIRINK, 2007).

O tamanho ou porte da instalação pré-automatizada dita a quantidade de relés a serem utilizados, sendo um para cada equipamento específico e retorno de iluminação. Portanto, o uso deste equipamento varia desde grandes edifícios até residências unifamiliares, sendo, porém, mais difundido nos edifícios, ainda que de

forma tímida. A difusão desta tecnologia para edificações menores é de fundamental importância para um câmbio nos paradigmas anteriormente citados.

Neste trabalho, entende-se como “edificação menor” ou de pequeno porte, edificações residenciais unifamiliares. Portanto, o número de retornos ou equipamentos a serem comandados se limita a menos de 10. Pode-se usar como exemplo para edificação de pequeno porte, as casas em condomínios populares brasileiros, as quais, na maioria das vezes, possuem não mais do que 5 cômodos, conforme ilustra a Figura 1.

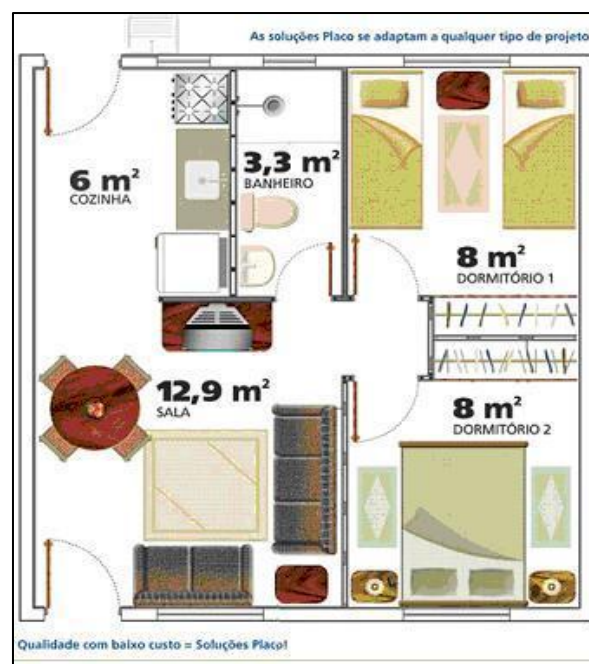


Figura 1: Exemplo de moradia popular
Fonte: CASPROJETOS (2007)

1.2 PROBLEMA E PREMISSAS

Visando substituir o atual modelo das instalações elétricas prediais convencionais, é de se perguntar se um novo modelo (focado na instalação em residências de pequeno porte e com custo de instalação acessível à classe média em geral) substitui o sistema anterior de forma segura e confiável. São formuladas perguntas como:

- Quão fácil é a instalação dos equipamentos de acordo com o novo modelo?
- Qual é o custo inicial e a viabilidade econômica desta instalação?
- Quais os benefícios que o usuário ganha ao ter tal sistema?
- Como é regulado (norma vigente) este tipo de instalação?
- Qual é a presença de mercado da solução estudada?

É de se esperar que as respostas encontradas a estas perguntas sejam as mais completas possíveis, e que o sistema proposto seja uma melhor alternativa para uma instalação elétrica no controle de cargas, no lugar da solução tradicional.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Desenvolver, implementar, testar e validar um sistema de acionamento remoto de cargas, incluindo um sistema alternativo via Internet, com capacidade para 10 saídas digitais conectadas de forma centralizada, com tensões 127/220V.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma pesquisa bibliográfica para fundamentação teórica sobre automação e pré-automatização predial;
- Propor um meio para centralizar as cargas, de forma que facilite a interação destas a comandos externos;
- Desenvolver um sistema de acionamento via rede externa (Internet);

- Verificar a funcionalidade do sistema, testá-lo e validar a sua aplicação;
- Avaliar o impacto econômico em relação às instalações elétricas convencionais;
- Identificar as vantagens e desvantagens funcionais em relação a uma instalação convencional.

1.4 JUSTIFICATIVA

A utilização de sistemas de automação predial é hoje uma realidade exigida pelos consumidores. Em países como os Estados Unidos, cerca de 5 milhões de residências possuem automação. No Brasil, segundo a AURESIDE - Associação Brasileira de Automação Residencial - há a possibilidade de automatizar 2 milhões de residências apenas em São Paulo (TEZA, 2002). O crescimento pretendido para o ano de 2015 é que pelo menos 60% das residências possuam algum tipo de tecnologia inteligente adquirida (MURATORI; DAL BÓ, 2011). Ainda segundo FREITAS, 2011, o mercado vem desenvolvendo soluções inteligentes que já não são supérfluas, mas sim uma necessidade cotidiana do mundo moderno.

Muratori e Dal Bó (2011) fazem uma análise dos benefícios encontrados na pré-automação de sistemas de iluminação, elemento mais expressível e mais fácil de controlar do sistema elétrico de uma edificação, em que se altera a forma de instalação convencional introduzindo uma central de automação que possibilita o controle remoto de cargas, assim como diminuição de custos na infraestrutura aplicada.

A economia para execução de uma instalação pré-automatizada também deve ser levada em conta, visto que comparado com o custo de uma instalação convencional, em uma residência de 150m², pode-se chegar a uma economia de até 30% em mão-de-obra e instalação (FREITAS, 2011).

Com o desenvolvimento e análise de um sistema de acionamento remoto de cargas, pretende-se mostrar que com tecnologia de baixo custo disponível hoje, é possível que o consumidor tenha um produto em sua edificação que agregue valor e conforto.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho está dividido em duas etapas principais, quais sejam:

- 1ª etapa: pesquisa e fundamentação teórica para desenvolvimento do sistema;
- 2ª etapa: montagem, teste e validação do protótipo contendo a central integrada via rede.

Na primeira etapa, a pesquisa abrange pontos como conceitos de automação e pré-automação predial, bem como as suas atuais situações em termos de custo no Brasil para que, a partir do conhecimento destes tópicos iniciais o protótipo possa ser desenvolvido de maneira viável e eficiente. A fundamentação contém também tópicos sobre a estrutura, o funcionamento e a aplicabilidade de relés de impulso na automação predial, haja vista que o uso deste dispositivo é um dos pilares do sistema desenvolvido. Por fim, a pesquisa contém informações sobre interfaces entre comando e potência através da utilização de relés, pois tais conhecimentos são indispensáveis para a montagem da central de acionamento pela rede. Também foi essencial na etapa de pesquisa, buscar informações nas normas de instalações prediais, visando evitar que o sistema proposto seja inadequado, inseguro ou incompatível com as normas técnicas vigentes.

Na segunda etapa temos o protótipo do sistema de automação propriamente dito, contendo as cargas a serem acionadas e a placa de comunicação com a rede, bem como a interface web por onde é feito o acionamento remoto das cargas. Nesta etapa, mostram-se os testes no protótipo de forma a garantir o correto funcionamento, a confiabilidade e também a durabilidade do sistema de automação. Finalmente, são apresentados dados tais como: facilidade da instalação, custos e viabilidade econômica, presença de mercado, manutenção, durabilidade e benefícios ao usuário.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado, em seu primeiro capítulo, com uma introdução sobre o tema, seguido do segundo capítulo com uma fundamentação sobre instalações elétricas atuais. No capítulo seguinte são abordadas a pré-automação e a automação predial: soluções e padrões já estabelecidos, estado da arte, normatização, etc.

Em seu quarto capítulo, é feita a descrição detalhada dos elementos que compõe o sistema proposto: projeto, relés, componentes e cargas a serem comandados, modos de acionamento. Feito isso, é apresentada a descrição do desenvolvimento da central de automação proposta.

No quinto capítulo, são descritas as constatações pertinentes aos ensaios, montagem e funcionamento da central de automação da equipe. Isso inclui dados, tabelas, fotos e demais materiais obtidos nos ensaios feitos com o protótipo do sistema. No penúltimo capítulo, são analisados e tratados os resultados obtidos anteriormente.

Ao último capítulo, cabe apresentar as conclusões e as soluções obtidas para os objetivos traçados com o funcionamento do sistema de automação predial. É constatada a viabilidade ou não do sistema proposto.

2 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS NA ATUALIDADE

Atualmente, o modelo de como são projetadas e executadas as instalações elétricas prediais em nosso país tem seguido inalterado a um bom tempo, sendo vítima de certa inércia por parte dos formadores de opinião (arquitetos, consultores e projetistas) (MURATORI, 2008). Para exemplificar, podemos citar a maneira em como é realizado e executado o projeto de uma edificação, desde sua concepção civil até as últimas etapas do projeto elétrico.

Primeiramente, são executados os projetos arquitetônicos da edificação, mediante conhecimento prévio do terreno. Este passo é feito através de, por exemplo, um levantamento planialtimétrico da localidade a receber a construção. Em seguida, são executados os projetos de cada um dos subsistemas necessários para abrigar os residentes de forma adequada, sendo os mais básicos os projetos de hidráulica e elétrica, complementados, quando necessário, por projetos de ar-condicionado e climatização, segurança patrimonial, cabeamento estruturado, luminotécnico, proteção contra incêndios, dentre outros. É importante ressaltar que, atualmente, em nenhum momento desta etapa de obra, é feita a integração entre os subsistemas da edificação.

Detalhando agora o projeto elétrico, este se constitui de iluminação, tomadas para alimentar as cargas elétricas, sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) e aterramento, entrada de energia, e, em casos mais específicos, rede estabilizada e geração própria. É comum também que o projetista deste sistema cuide também do projeto de segurança, telecomunicações, áudio, vídeo e correlatos (MURATORI, 2008). Mais uma vez, cada um destes subsistemas é projetado de forma independente, sem que as ações de um sejam entendidas ou modifiquem os demais, conforme exemplifica a Figura 2.

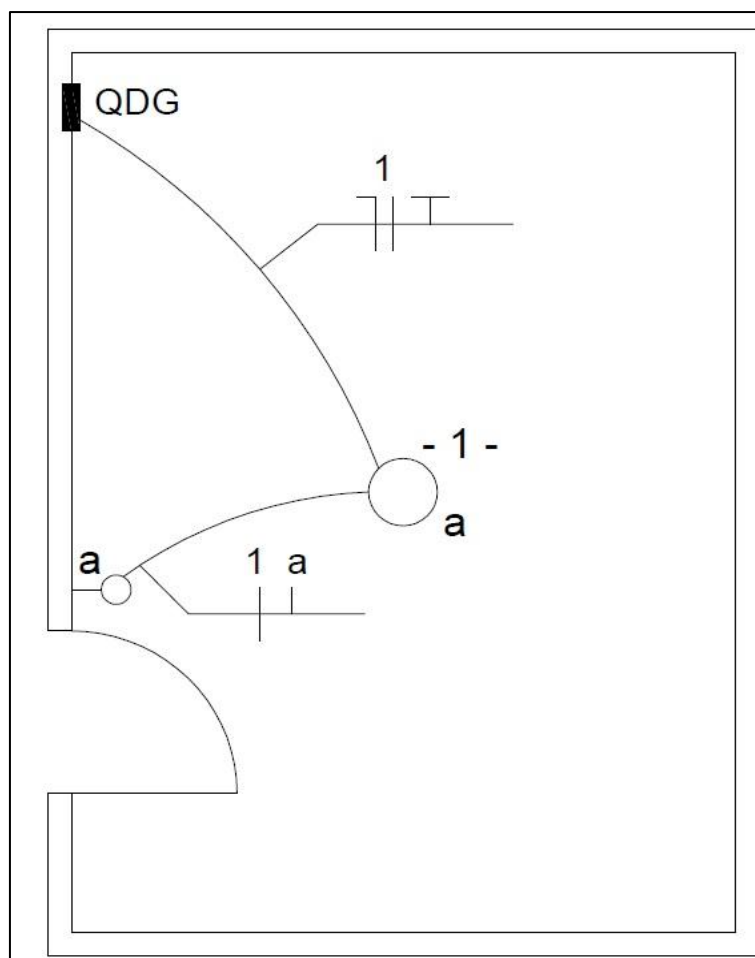


Figura 2: Exemplo de projeto elétrico sem integração de sistemas
Fonte: Os Autores

Após a finalização do projeto, parte-se à execução propriamente dita da obra. As equipes de trabalho são divididas de acordo com a área de atuação, e coincidem com os sistemas prediais: equipe da parte civil, sendo responsável pela estrutura, hidráulica, edificação, etc.; equipe da parte elétrica, sendo responsável pela iluminação, entrada de energia, alimentação das cargas elétricas, SPDA, e, geralmente também, telecomunicações, cabeamento estruturado, segurança patrimonial, dentre outros. Existirão também, se necessário, equipes para sistemas menos comuns, como ar-condicionado e climatização.

De forma similar à etapa de projetos, não existe integração entre as equipes além da compatibilização para a não interferência de um sistema predial em outro. Ao final da obra, cada sistema foi executado de forma independente, não reconhecendo a existência dos demais, e assim, não permitindo a automação predial, senão por soluções extremamente onerosas no futuro. É este último

paradigma que necessita ser mudado para proporcionar ao residente da edificação maior conforto e comodidade ao estar em uma edificação.

2.1 NORMATIZAÇÃO

O instrumento normativo principal para a maioria das instalações elétricas prediais é a norma NBR 5410 de 2008, que regulamenta as instalações elétricas de baixa tensão. Conforme dita seu item 1.2:

“1.2 Esta Norma aplica-se às instalações elétricas alimentadas sob uma tensão nominal igual ou inferior a 1.000 V em corrente alternada, com frequências inferiores a 400 Hz, ou a 1.500 V em corrente contínua.” (ABNT, 2008).

Neste instrumento, são encontrados todos os requisitos para a execução das instalações elétricas de forma segura e adequada.

Sendo um dos objetivos deste trabalho a execução de uma central para automação predial, é imprescindível citar que a norma brasileira é restritiva, ou até mesmo pobre, nos quesitos de especificação das instalações de comando. A NBR 5410 cita, no caso de cabos de comando, qual a seção recomendada, de acordo com o Quadro 1.

Tipo de instalação		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor (mm ²) - material
Instalações fixas em geral	Cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al
		Circuito de força	2,5 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu
	Condutores nus	Circuitos de força	10 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	4 Cu
Ligações flexíveis feitas com cabos isolados		Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento
		Para qualquer outra aplicação	0,75 Cu
		Circuitos a extra baixa tensão para aplicações especiais	0,75 Cu

NOTAS

1 Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos são admitidas seções de até 0,1 mm².

2 Em cabos multipolares flexíveis contendo sete ou mais veias são admitidas seções de até 0,1 mm².

3 Os circuitos de tomadas de corrente são considerados como circuitos de força.

Quadro 1: Seção mínima recomendada de acordo com o tipo de instalação
Fonte: ABNT (2008)

Complementarmente, pode-se encontrar nesta norma também a ampacidade correspondente dos cabos destinado ao uso em comando, de acordo com o método de instalação. Essa informação pode ser confirmada no Quadro 2.

Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D
- condutores isolados, cabos unipolares e multipolares - cobre e alumínio, isolamento de PVC; temperatura de 70°C no condutor;
- temperaturas - 30°C (ambiente); 20°C (solo)

Seções nominais mm ²	Métodos de instalação definidos na tabela 28											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52

Quadro 2: Capacidade de condução de corrente em cabos cobertos de PVC, métodos A1 a D
Fonte: Adaptado de ABNT (2008)

A NBR 5410 não faz também restrição ao uso de equipamentos para acionamento de iluminação ou outro tipo de carga.

Outra norma de interesse é a NBR 14565, a qual discorre sobre o uso de cabeamento estruturado em um único edifício ou um conjunto destes. Conforme dizeres da ABNT (2007):

“Esta Norma especifica um cabeamento genérico para uso nas dependências de um único ou conjunto de edifícios em um campus. Ela cobre os cabeamentos metálico e óptico. Esta Norma aplica-se a redes locais (LAN) e redes de campus. O cabeamento especificado nesta Norma suporta uma ampla variedade de serviços, incluindo voz, dados, texto, imagem e vídeo.” (ABNT, 2007).

O uso de cabos de par trançado em cabeamento estruturado é uma alternativa para a transmissão de sinais de comando, porém seu uso se limita a faixas muito restritas de ampacidade, tensão e potência; respectivamente 0,175A em corrente contínua, 72 V em corrente contínua e 10 W (ABNT, 2007). Os demais itens, da norma discorrem, de forma geral, sobre parâmetros máximos de atenuações e perdas de sinais transmitidos ao longo dos cabos metálicos ou ópticos, bem como demais características construtivas. A norma ainda discorre sobre terminologia, infraestrutura genérica de redes de cabeamento estruturado, procedimentos para projeto e execução destas redes, dentre outros. Apesar da norma NBR14565 abranger instalações comerciais, por similaridade e falta de norma específica para cabeamento estruturado em instalações residenciais, na prática tal norma é utilizada também abrangendo as instalações não comerciais.

Outros padrões que se relacionam intimamente com o conteúdo descrito na norma NBR 14565 são aqueles regulamentados pela EIA (Aliança das Indústrias Eletrônicas) e pela TIA (Associação das Indústrias de Telecomunicação). Mais especificamente, temos o padrão TIA/EIA 862, o qual padroniza a topologia, arquitetura, design, instalação, práticas, procedimentos de teste e áreas de cobertura de sistemas de automação prediais genéricos que utilizam cabeamento estruturado, bem como o padrão TIA/EIA 568, para padronização no caso de sistemas de telecomunicação.

Por fim, a norma brasileira NBR 17240 regulamenta os sistemas de detecção e alarme de incêndio, e é de fundamental importância quando existe este

subsistema em uma edificação. “Esta Norma especifica requisitos para projetos, instalação, comissionamento e manutenção de sistemas manuais e automáticos de detecção e alarme de incêndio em e ao redor de edificações [...]” (ABNT, 2010).

Neste texto, são expostos os requisitos e parâmetros adequados dos equipamentos para detecção e alarme de incêndio, sua correta instalação e maneira de como especificá-los em projetos. É importante ressaltar que este texto faz referência aos parâmetros que devem ter as centrais de automação e inteligência para detecção e alarme de incêndio, assim como qual é a maneira correta de construir e instalar quadros sinóticos, equipamentos comuns nestes tipos de sistema. A norma é explícita sobre quais devem ser as características da fiação em seu item 6.8: deve obedecer à norma NBR 5410, os condutores devem ser de cobre, sendo os singelos de bitola mínima $0,75\text{mm}^2$ e isolamento mínima 600 Vca, e os multipares de bitola mínima $0,5\text{mm}^2$ e isolamento 300 Vca. Devem ainda ter proteção contra a indução eletromagnética externa e queda de tensão máxima na faixa de 5% (ABNT, 2010).

É válido adicionar que existem normas internacionais direcionadas especialmente para o caso da automação predial. É o caso da norma ISO/IEC 15067, dividida em três partes. Tal norma descreve os usos e componentes integrantes do sistema HES (Home Electronic System – Sistema de casa eletrônica), padrão que visa unificar protocolos e equipamentos existentes, e universalizar a automação predial para aplicações futuras. O sistema ainda está em desenvolvimento, sob tutela do grupo de trabalho 1, subcomitê 25, junta de comitê técnico 1 da ISO/IEC. Wacks explica que os principais objetivos do sistema HES são determinar uma interface universal modular para ser incorporada nas aplicações de comunicação em redes de automação predial, a linguagem de comunicação entre as aplicações que utilizam HES, e, por último, desenvolver um gateway (HomeGate) que conecte as redes de controle com provedores de serviços externos (WACKS, 1998).

3 AUTOMAÇÃO PREDIAL

3.1 PRÉ-AUTOMAÇÃO PREDIAL

O conceito de pré-automação predial começou a ser usado muito recentemente, posteriormente a difusão da automação predial. Curiosamente, do ponto de vista da instalação elétrica, a pré-automação é algo anterior a automação.

Pode-se definir a pré-automação predial como o preparo da instalação para receber uma automação futura, porém aportando benefícios imediatos de uso, diferenciados de uma instalação convencional. Pode-se ver nesse conceito um upgrade da instalação convencional, facilitando melhoras posteriores (FINDER COMPONENTES LTDA, 2011). É necessário, como em um projeto de automação, saber quais as necessidades do cliente a fim de atingir um ponto ótimo do custo benefício propiciado pela pré-automação.

Um dos pontos fortes da pré-automação reside na flexibilidade, onde o usuário opta por agregar ou não um sistema de automação (simples ou complexo) à sua instalação, evitando assim reformas futuras e desnecessárias. Essa opção também pode ser feita em apenas parte dos componentes elétricos instalados. A pré-automação também facilita a adoção de timers e sensores a esses componentes (FINDER COMPONENTES LTDA, 2011). Além de incorporações novas, esse conceito também pode ser utilizado em instalações já existentes de forma descentralizada, ou seja, os relés de impulso ficam junto às cargas e acionadores. Por outro lado, com a arquitetura centralizada, há cerca de três anos a pré-automação vem ganhando força em residências de médio e alto padrão, como também junto a construtoras (FINDER COMPONENTES LTDA, 2011).

Além da flexibilidade e de oferecer melhores condições para a instalação de um sistema de automação, a pré-automação também é fator de simplificação das instalações elétricas. A iluminação comandada por pulsadores e acionada por relés de impulso é significativamente mais simples do que os tradicionais interruptores paralelos e intermediários (MURATORI; DAL BÓ, 2011). Tal forma de acionamento também permite a execução de comandos básicos de sistemas de automação como, por exemplo, o desligamento simultâneo de todas as lâmpadas da casa

através de um único comando (MURATORI; DAL BÓ, 2011), ou a instalação de um quadro sinótico indicando (através de LED's inseridos numa planta do pavimento) todas as cargas de iluminação do sistema e centralizando os pulsadores para acionamento em um só local, conforme mostra a Figura 3.

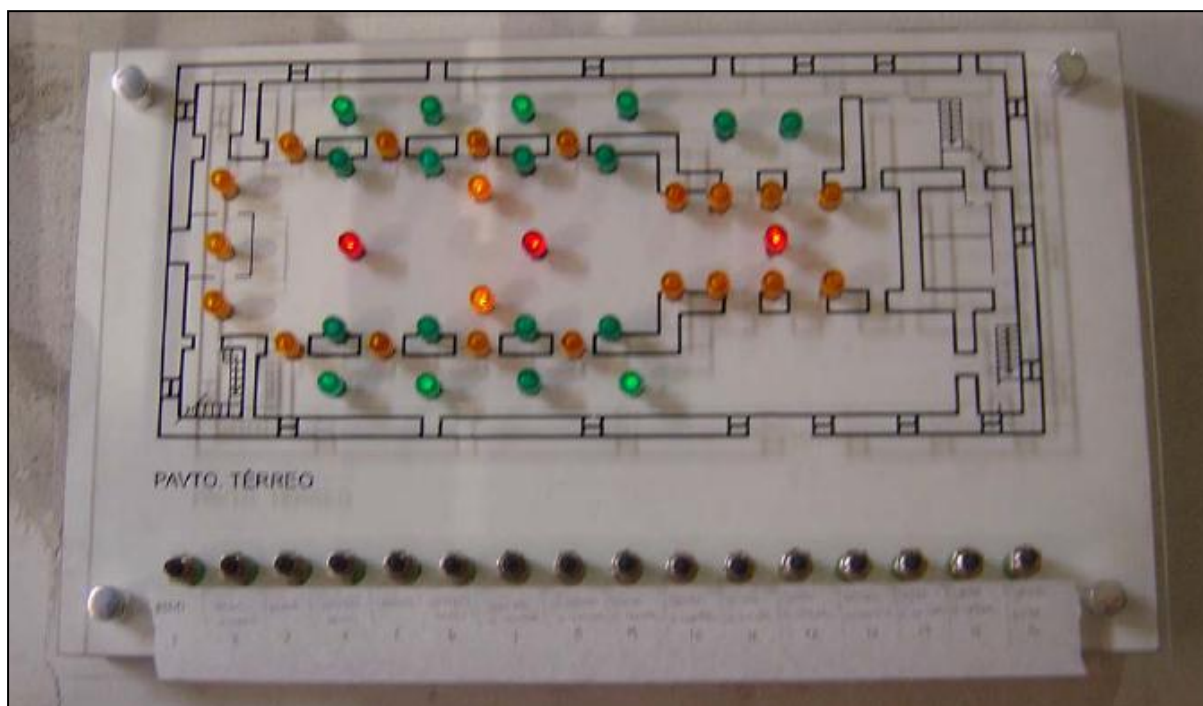


Figura 3: Quadro sinótico com pulsadores e indicação luminosa das cargas
Fonte: GUERRA (2006)

Outras funções básicas de automação que podem ser agregadas através do uso de relés de impulso numa instalação pré-automatizada são a dimerização e o controle gradual da luminosidade (baseada na iluminação externa) (FINDER COMPONENTES LTDA, 2009).

Além do sistema de iluminação, outros sistemas residenciais também podem ser pré-automatizados. Pode-se, por exemplo, baixar ou levantar persianas através de pulsadores ou controle remoto, abrir ou fechar portões elétricos através de um celular conectado à internet e instalar sensores de presença para segurança da casa.

3.2 AUTOMAÇÃO PREDIAL

Visando incrementar os benefícios de uma instalação pré-automatizada, é possível ao usuário, mediante um maior investimento, optar pela instalação de um sistema automatizado de fato.

Conforme é demonstrado neste capítulo, a evolução da tecnologia neste setor permitiu que cada vez mais sistemas que compõe uma residência pudessem ser automatizados totalmente (com instalação de centrais inteligentes para comunicação entre os equipamentos que integram os sistemas) ou parcialmente (através da instalação de módulos do tipo plug-and-play capazes de operarem de maneira autônoma).

Para possibilitar automação baseada na centralização da inteligência do sistema foram desenvolvidos diversos protocolos de comunicação que trabalham baseados em lógicas próprias e que podem integrar os componentes do sistema, desde que todos operem segundo o mesmo protocolo.

3.2.1 Definições e aplicações

Segundo Pereira (2007), “automação trata de sistemas desenvolvidos para execução automática de atividades repetitivas ou quando da ocorrência de determinados eventos”. Com base nesta definição, podemos dizer que a automação residencial (ou domótica) tem, dentre outros focos, a criação de ambientes que reúnam comodidade e segurança nas casas, através da gestão e controle dos diversos automatismos presentes numa residência. Esses objetivos são buscados através da implementação de sistemas inteligentes, capazes de identificar determinadas recorrências no uso de dispositivos elétricos em uma casa e, com base nisso, criar rotinas que atendam ao usuário mesmo sem sua intervenção. Este conceito, embasado no modelo de redes neurais, se pauta na utilização de dispositivos artificiais que se baseiam em mecanismos de aprendizado inspirados no cérebro humano (DIAS; PIZZOLATO, 2004). De tal forma, uma residência inteligente pode, por exemplo, após sucessivos acionamentos de uma televisão em

um determinado horário, “aprender” a ligá-la naquele mesmo horário automaticamente todos os dias. Os ambientes residenciais automatizados também podem, valendo-se das mesmas características, simular presença humana através do simples acionamento e/ou desligamento de dispositivos em determinados períodos do dia, provendo assim uma segurança maior das casas.

Das vantagens de se implantar um sistema automatizado em uma residência, Bolzani (2004) diz: “[...] podemos utilizar as residências inteligentes para realizarem os deveres repetitivos e mecânicos, possibilitando um uso maior do nosso escasso tempo.”. Os sistemas residenciais automatizados também permitem um gerenciamento dos recursos habitacionais, utilizando como intermediários sistemas computacionais, controles remotos e outros dispositivos fixos ou móveis capazes de criarem uma interface de interação entre o usuário e o meio físico (SANTOS, 2010). Mas estas são apenas algumas das vantagens trazidas pela instalação de um sistema de automação residencial. Em países do norte europeu, por exemplo, onde a população de idosos cresce de maneira mais acentuada, as residências automatizadas constituem um importante fator de bem estar e segurança para estas pessoas (RIBEIRO, 2004), reduzindo sua necessidade de locomoção e facilitando na execução de pequenas tarefas. No Brasil, a preocupação com segurança surge como um possível fator para investir em sistemas residenciais inteligentes – recurso ainda pouco explorado pelas empresas do setor imobiliário.

Resumidamente, os sistemas residenciais nos quais podemos implementar rotinas automatizadas são os seguintes:

3.2.1.1 Iluminação

Trata-se do sistema mais comumente implementado em residências automatizadas. Dentre os possíveis recursos de automação a serem instalados estão a dimerização, o acionamento remoto através de computadores e/ou celulares, o acionamento automático através de rotinas ou horários pré-definidos ou mesmo por dispositivos como sensores de presença ou ainda relés fotoelétricos, como mostrado na Figura 4.



Figura 4: Relé fotoelétrico para aplicação em sistemas de iluminação em domótica
Fonte: SMARTHOME (2012)

3.2.1.2 Segurança

Sistemas geralmente mais robustos que os de iluminação e que podem incluir recursos como controle de acesso (extremamente difundido em sistemas de automação industrial), conforme pode ser visto na Figura 5, através de leituras biométricas (impressões digitais, reconhecimento de voz e/ou da palma da mão, etc.), uso de cartões magnéticos ou inserção de códigos/senhas pessoais. Também são recursos de um sistema de segurança sensores de presença/movimento (para sinalizar possíveis presenças indesejadas na residência), CFTV (Circuito Fechado de TV, dotado de câmeras instaladas na residência e conectadas com uma central ou com a internet, através das quais pode ser monitorada remotamente a atividade na residência), além de sensores para detecção de incêndio e vazamentos de gás.



Figura 5: Elemento de um sistema de segurança (fechadura com controle de acesso)
Fonte: SMARTHOME (2012)

3.2.1.3 Climatização

Através da automação residencial, equipamentos como ventiladores, aquecedores e ar-condicionado podem ser acionados remotamente ou programados para atender determinadas rotinas de forma a prover um maior conforto aos residentes.

3.2.1.4 Acionamento de cargas diversas

Além dos sistemas listados acima, através da automação é possível controlar outras cargas. Alguns eletrodomésticos, por exemplo, podem ser acionados e desligados por uma tomada com acionamento remoto ou que obedeça a uma rotina diária pré-estabelecida pelo usuário.

Também podem ser controlados equipamentos de áudio e vídeo, como *home-theater*, DVD, rádio e receptor de TV a cabo. A automação deste tipo de

sistema apresenta certa complexidade, uma vez que o controle de cada aparelho possui um código binário diferente para emissão do sinal infravermelho.

A automação do sistema de áudio e vídeo pode ser integrada à iluminação para criação de ambientes adequados para cada atividade que se deseja executar (ver um jornal, assistir a um filme ou jogar vídeo game, por exemplo).

Pode-se automatizar também equipamentos como bombas (de piscina, hidromassagem ou para pressurização hidráulica), regadores automáticos (através da programação de uma rotina diária de acionamento sem o comando do usuário), portões automáticos (através do comando via internet ou celular, dispensando o uso de controle), dentre outros.

3.3 HISTÓRIA DA AUTOMAÇÃO

Historicamente, a automação residencial iniciou-se de maneira discreta, através do uso de dispositivos eletrônicos simples como relés e termostatos – dispositivos estes que são capazes apenas de fazer um controle local respondendo a determinados estímulos (SANTOS, 2010). Os primeiros sistemas de domótica datam da década de 70, e possuíam a limitação de serem criados por diferentes empresas, que não mantinham padrões entre os produtos ofertados, restringindo ao público apenas as soluções as quais dominavam e impossibilitando os usuários de integrarem sistemas de diferentes empresas (RIBEIRO, 2004). Assim, somente ao fim da década de 90, com a disseminação do uso da internet e da telefonia móvel, que a automação residencial experimentou um significativo progresso (SENA, 2005). A incorporação de novos recursos a estas tecnologias além da própria integração entre ambas (acesso à internet via telefone móvel) possibilitou uma abertura no leque de possibilidades de automação de ambientes residenciais.

Pesquisas realizadas nos Estados Unidos apontam uma forte tendência dos construtores a incorporarem tecnologia aos seus empreendimentos e que dentre as tecnologias com maior potencial de crescimento estão algumas englobadas pela automação residencial, como monitoramento à distância, *media centers* (integração dos sistemas de mídia) e controle da iluminação. No Brasil, apesar da rápida absorção de tecnologias, a incorporação destas às construções ainda é discreta.

Entretanto, esta deve apresentar crescimento, pois a baixa disponibilidade de terrenos em localidades mais cobiçadas deverá elevar a competição entre as construtoras, levando-as a buscar diferenciais. (DAL BÓ; MURATORI, 2011).

Atualmente, o que há de mais moderno na automação predial são as tecnologias descentralizadas, pois estas trazem duas grandes vantagens em relação às tecnologias centralizadas: custo inicial menor e módulos de fácil instalação e operação. Tais fatores são determinantes para a maior difusão desta tecnologia, pois facilitam ao usuário adquirir os módulos (como são chamados os dispositivos responsáveis por automatizarem os sistemas prediais) sem necessitar de mão de obra especializada para garantir o funcionamento do sistema de automação.

São exemplos de tecnologia descentralizada as plataformas X10 (a mais difundida no mundo), Lonworks e EIB (*standard* europeia), que se diferem entre si basicamente por fatores como número máximo de componentes que podem ser integrados e meios de comunicação entre os módulos (infravermelho, rede elétrica, cabos coaxiais, etc.).

4 COMPONENTES DA CENTRAL DE AUTOMAÇÃO

O desenvolvimento da central de automação proposta deverá obedecer aos seguintes critérios:

- **Praticidade:** a central deverá ter sua operação pautada na praticidade para o usuário. Visando o cumprimento deste critério, será feita uma interface web simples e amigável para controle remoto das cargas do sistema;
- **Segurança:** por se tratar de uma central que poderá ser operada remotamente via internet, é indispensável que se tenha uma preocupação com segurança, a fim de evitar ataques ao sistema do usuário. Para isto, será necessária a criação de uma interface web protegida por senha;
- **Economia:** dado que este será um sistema menos complexo do que uma central de automação comercial, a central desenvolvida deverá apresentar uma vantagem econômica em relação às soluções encontradas hoje no mercado. Para isto, serão utilizados dispositivos de baixo custo, como o microcontrolador Arduino e relés de impulso (que serão apresentados neste capítulo).

4.1 PLATAFORMAS AVALIADAS

4.1.1 Beagleboard

Desenvolvido pela Texas Instrument juntamente com a DigiKey, o BeagleBoard é uma plataforma open-source que foi criada com o intuito de difundir o microprocessador de mídia DM3730, que é parte componente da plataforma (BEAGLEBOARD, 2012).

O BeagleBoard possui 3 modelos que se diferem pelo número de saídas, processadores, memória RAM e tamanho da placa. O modelo básico, nomeado de BeagleBone, possui 92 pinos digitais, conectividade *Ethernet* e USB, dimensões

reduzidas (aproximadamente 8,6 x 5,3 cm), dentre outras características (conforme Figura 6 a seguir).

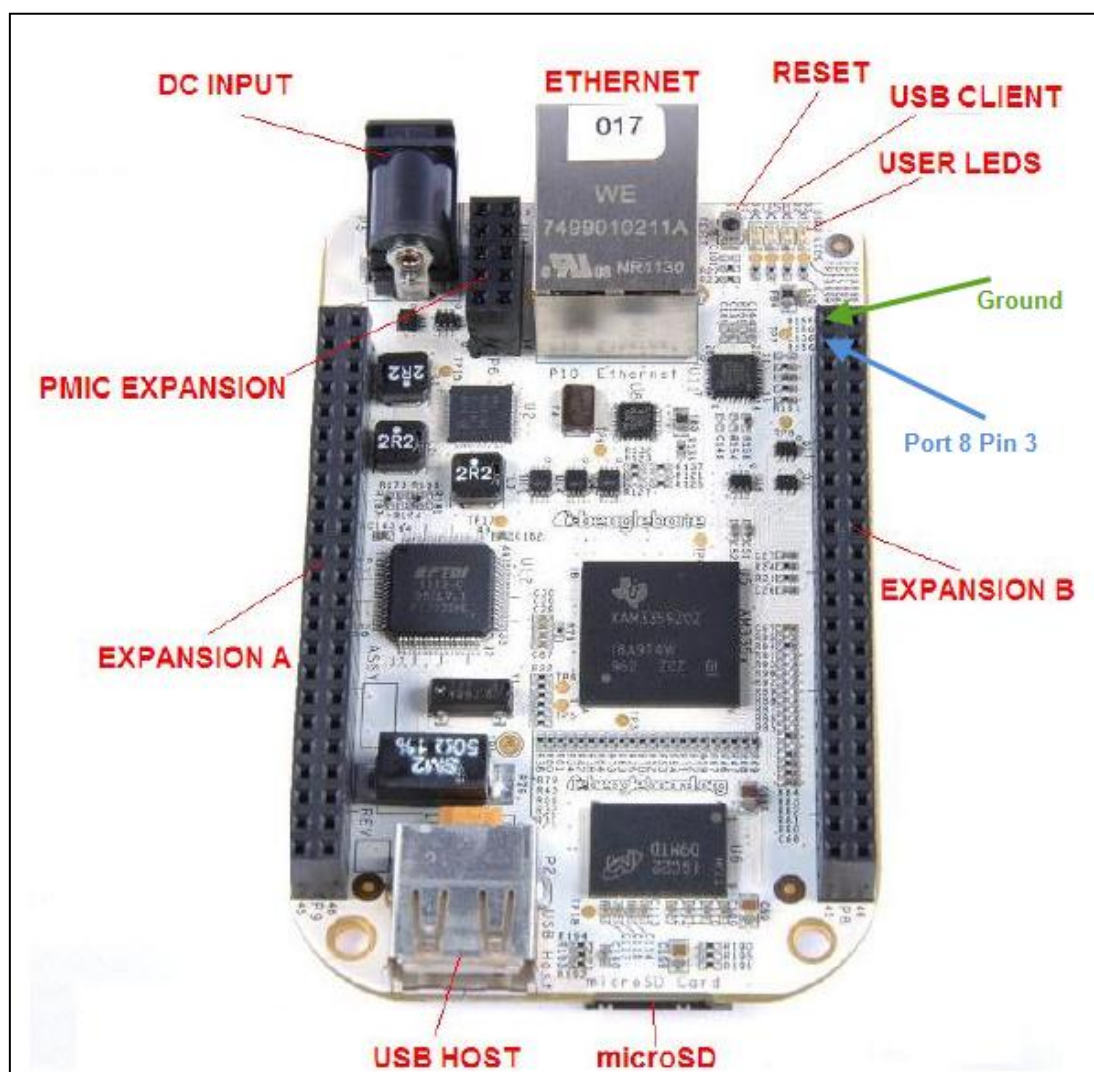


Figura 6: Componentes do BeagleBone
Fonte: BEAGLEBOARD (2012)

4.1.2 Arduino

O Arduino é uma plataforma open-source (do inglês, código fonte aberto) de protótipos eletrônicos baseado em software e hardware de fácil uso. Ele é capaz de interagir com o ambiente através de entradas por uma variedade de sensores e assim sendo possível controlar iluminação, motores e outros tipos de atuadores (ARDUINO, 2012).

Basicamente, o Arduino é composto por um microcontrolador, resistores, capacitores e um cristal oscilador responsável pelo processamento das informações. O microcontrolador que está na placa do Arduino está programado por uma linguagem própria do fabricante, que é baseada na linguagem Wiring e o ambiente de desenvolvimento é baseado na linguagem Processing.

Há vários modelos de Arduino disponíveis no mercado que se diferenciam pela capacidade de processamento do microcontrolador, quantidade de entradas analógicas, entradas e/ou saídas digitais e capacidade das memórias internas.

4.1.3 Raspeberry PI

O RaspberryPi foi criado com o intuito de ser uma plataforma didática de programação. Enquadrado na categoria “System-on-a-chip” (tal qual o BeagleBoard) devido à sua enorme gama de recursos, o RaspberryPi foi lançado em 2012 para o público, por isso ainda não teve seu uso largamente difundido.

A plataforma oferece dois modelos (A e B), sendo que o modelo B foi lançado primeiro. Este possui recursos como porta *Ethernet*, USB e entrada para cartão SD (DENNIS, 2013), conforme podemos ver na Figura 7 abaixo.

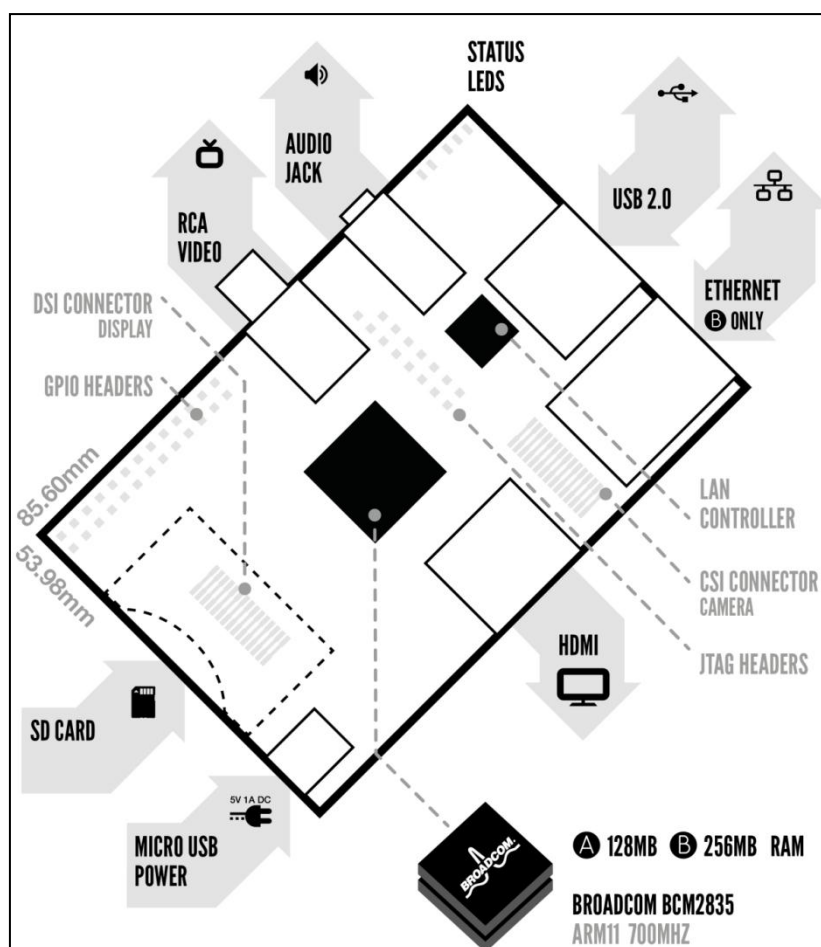


Figura 7: Componentes do RaspberryPi
 Fonte: ELMOONY (2012)

4.2 ARDUINO MEGA 2560

O modelo escolhido para o referente trabalho é o Arduino Mega 2560 que contém um microcontrolador ATMEGA2560 da fabricante ATMEL, de 8 bits, com 256 Kbytes de memória flash, 8 Kbytes de memória. Além disso, possui 54 pinos de entrada e saída digitais e 16 entradas analógicas, que atende os requisitos propostos no objetivo do trabalho. Com relação à capacidade do processamento, ele é capaz de executar 16 milhões de instruções por segundo (MIPS), quando associado com um cristal oscilador de 16 MHz (ATMEL, 2012).

O Arduino foi escolhido por apresentar o melhor custo-benefício dentre as opções pesquisadas. Apesar de ser mais caro do que a plataforma RaspberryPi, o Arduino possui vasto material em português e já é difundido na comunidade local

entre profissionais e amadores, sendo mais fácil o acesso a informações. Como o projeto a ser desenvolvido não necessita de recursos avançados como aqueles providos pelo BeagleBoard e pelo Raspberry PI, o Arduino apresentou-se como a opção mais adequada.

Outro fator importante dessa escolha é a possibilidade de conectar outro módulo ao Arduino Mega 2560, que é o Arduino *Ethernet Shield*, o qual fará a conexão do sistema à internet. A Figura 8 ilustra a placa do Arduino Mega 2560.

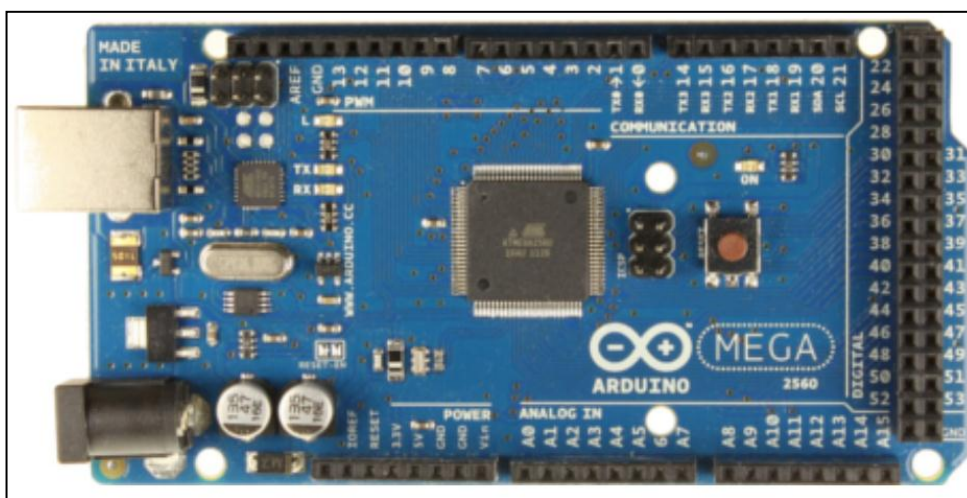


Figura 8: Vista superior da placa Arduino Mega 2560
Fonte: ARDUINO (2012)

4.2.1 Arduino Ethernet Shield

O Arduino *Ethernet Shield* é um módulo que possibilita a conexão do Arduino Mega 2560 à Internet. Ele possui um chip *Ethernet*, o Wiznet W5100, um conector RJ-45 e um conector para cartão de memória SD. Esse módulo, através de algumas instruções, bibliotecas *Ethernet* e configuração adequada permite a conexão dos módulos à internet (ARDUINO, 2012).

O módulo *Ethernet Shield* é alimentado de tensão e corrente CC adequados através de conexão física com conectores do Arduino Mega 2560, sendo este último alimentado por conexão via porta USB, ou por alimentação via fonte externa. A conexão com uma rede *Ethernet* se dá exclusivamente através de um cabo de rede com terminação RJ-45. Por sua vez, este cabo deve estar conectado a uma rede

através de tomada de lógica (também em padrão RJ-45), sendo que esta deve estar ativa através de um switch ou hub devidamente configurados. O *Ethernet Shield* possui LED's de sinalização conforme os tópicos a seguir (ARDUINO, 2012):

- PWR: Indica se a placa Mega 2560 e o *Ethernet Shield* estão ligados;
- LINK: Indica a presença de ligação com uma rede e pisca quando a placa envia ou recebe dados;
- FULLD: Indica que a conexão com a rede é *Full Duplex*;
- 100M: Indica a presença de uma conexão de rede com capacidade 100Mb/s;
- RX: Pisca quando a placa recebe dados;
- TX: Pisca quando a placa envia dados;
- COLL: Pisca quando são detectadas colisões de rede.

O módulo apresentado é mostrado nas Figura 9 e Figura 10.



Figura 9: Modelo de placa Arduino *Ethernet Shield*
Fonte: ARDUINO (2012)

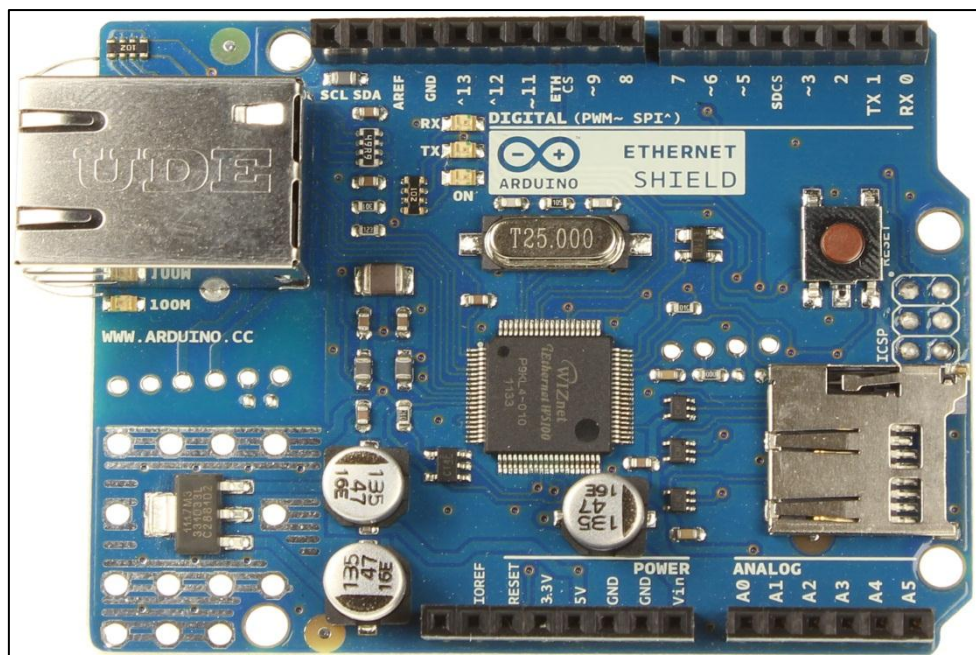


Figura 10: Vista superior da placa *Ethernet Shield*
 Fonte: ARDUINO (2012)

4.3 RELÉS DE IMPULSO

O relé comum é, basicamente, um interruptor acionado por um eletroímã. Trata-se de dispositivo eletromecânico que, ao ser magnetizado pela passagem de corrente elétrica, cria um campo magnético e seus contatos são fechados. Mas ao se interromper essa corrente, o eletroímã perde o efeito de campo magnético e seus contatos se abrem novamente (BRAGA, 2012). Na Figura 11 é possível visualizar a constituição básica de um relé comum.

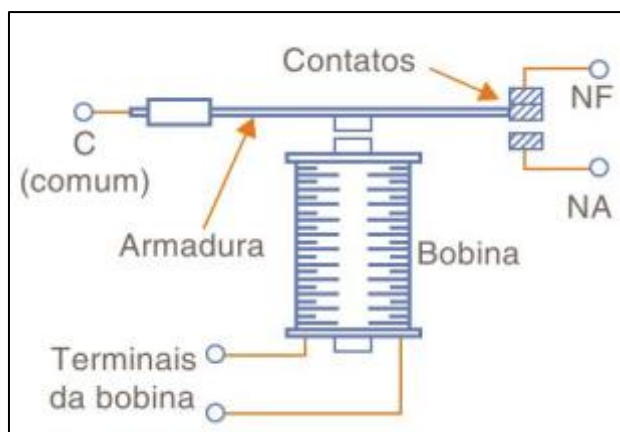


Figura 11: Princípio de funcionamento de um relé
Fonte: BRAGA (2012)

Já os relés de impulso funcionam através do mesmo princípio de um relé comum, mas com a diferença que não precisam manter a corrente no eletroímã para manter os contatos fechados, conforme ilustra a Figura 12. São necessários apenas pulsos de tensão com duração mínima de 100 ms (MAIRINK, 2007). Essa operação é possível através do uso de um pequeno Came (tipo de roda dentada) que é movimentado por uma alavanca quando o pulso é aplicado no eletroímã, abrindo ou fechando os contatos (MAIRINK, 2007).

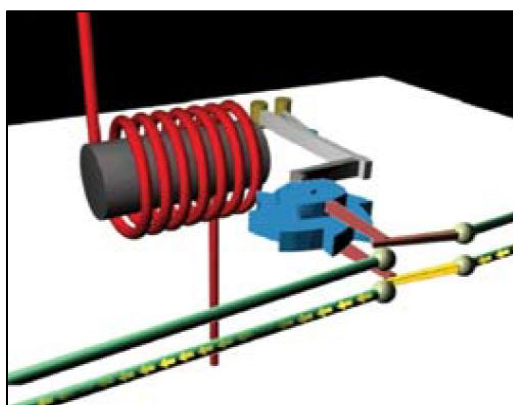



Figura 12: Funcionamento interno de um relé de impulso
Fonte: MAIRINK (2007)

Por esse tipo construção mecânica que o relé de impulso apresenta, há vários modelos desses dispositivos que podem ser acionados em sequências diferentes pelos pulsos nas bobinas que também podem ser em corrente alternada ou contínua. Há variação no tipo de pulsador, corrente e número de contatos para ligar nas cargas que o relé pode controlar. Nas Figura 13, Figura 14 e Figura 15 são

mostrados, respectivamente, seqüência de acionamento e esquema elétrico de um relé de impulso, um esquema de montagem com cargas e, por fim, a foto de um relé de impulso comercial.

27.05 - 27.06



Tipo	Número de impulsos	Seqüências			
		1	2	3	4
27.01/21	2				
27.05/25	4				
27.06/26	3				

Figura 13: Esquema elétrico e seqüência de acionamento
Fonte: FINDER (2011)

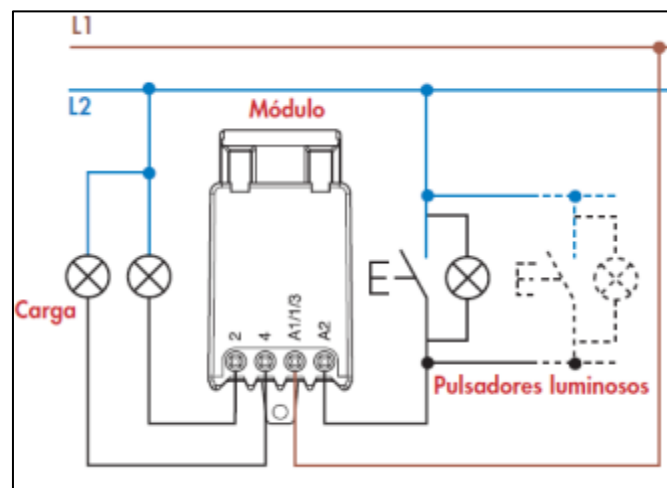


Figura 14: Montagem de um relé de impulso com carga
Fonte: FINDER (2011)



Figura 15: Relé de impulso Finder modelo 27.01.8.230
Fonte: FINDER (2011)

4.4 O PROJETO DE AUTOMAÇÃO

Com o conceito da pré-automação que prepara a instalação para receber um sistema eventual de automação futuro, mas fornece condições imediatas de uso em relação às instalações convencionais (FINDER COMPONENTES LTDA, 2011), os projetos de automação se tornam mais viáveis e flexíveis, uma vez que se podem implantar quadros de automação que podem ser personalizados, pois praticamente são utilizados cabos, conduítes e caixas para interruptores para compor a infraestrutura (LUIZARI, 2011). Sistemas pré-automatizados também possibilitam automatizar além da iluminação, persianas das janelas, abertura de portas, sistema de TV, ar-condicionado, irrigação de jardins, segurança e abertura de portões. A Figura 16 mostra outras possibilidades de controle de uma estrutura pré-automatizada.



Figura 16: Outras possibilidades de controle de uma estrutura pré-automatizada
Fonte: Adaptado de LUIZARI (2011)

Uma estrutura pré-automatizada permite ao usuário uma livre escolha da tecnologia de controle de automação a ser usada, além de possibilitar atender melhor as necessidades específicas de cada consumidor (LUIZARI, 2011). Ou seja,

utilizando software que contemplem os conceitos de pré-automatização, a instalação de um sistema automatizado fica facilitado pela flexibilização desse tipo de estrutura, além de poder integrar outros sistemas (FINDER COMPONENTES LTDA, 2011).

O projeto a ser desenvolvido utilizará relés de impulso que serão controlados por uma central, neste caso, por uma placa chamada Arduino, que é uma plataforma open-source, ou seja, utiliza software de utilização livre. Esses relés farão parte da estrutura pré-automatizada, facilitando a instalação do módulo micro controlado, aliando também um baixo custo por parte desses componentes e a economia de fios elétricos, pois esses dispositivos usam fios de bitolas menores para comando de seu funcionamento.

Outro item importante será o comando via internet que será utilizado para comunicar e efetuar o comando das cargas remotamente, proporcionando segurança e comodidade ao usuário. Abaixo, as Figura 17 e Figura 18 ilustram uma estrutura pré-automatizada usando relé de impulso e o esquema do projeto.

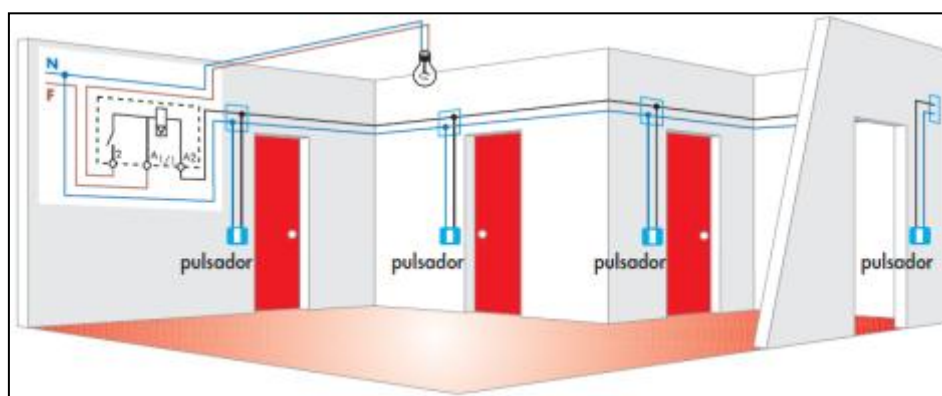


Figura 17: Exemplo simples de uma estrutura pré-automatizada com relé de impulso
Fonte: FINDER (2011)

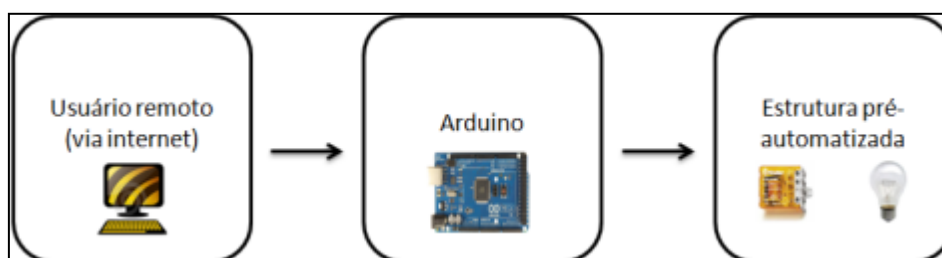


Figura 18: Esquema básico do projeto
Fonte: Os Autores

4.5 CENTRAL DE AUTOMAÇÃO

Um dos principais pilares deste trabalho será a central para automação das cargas, que será planejado de acordo com o fluxograma da Figura 19.

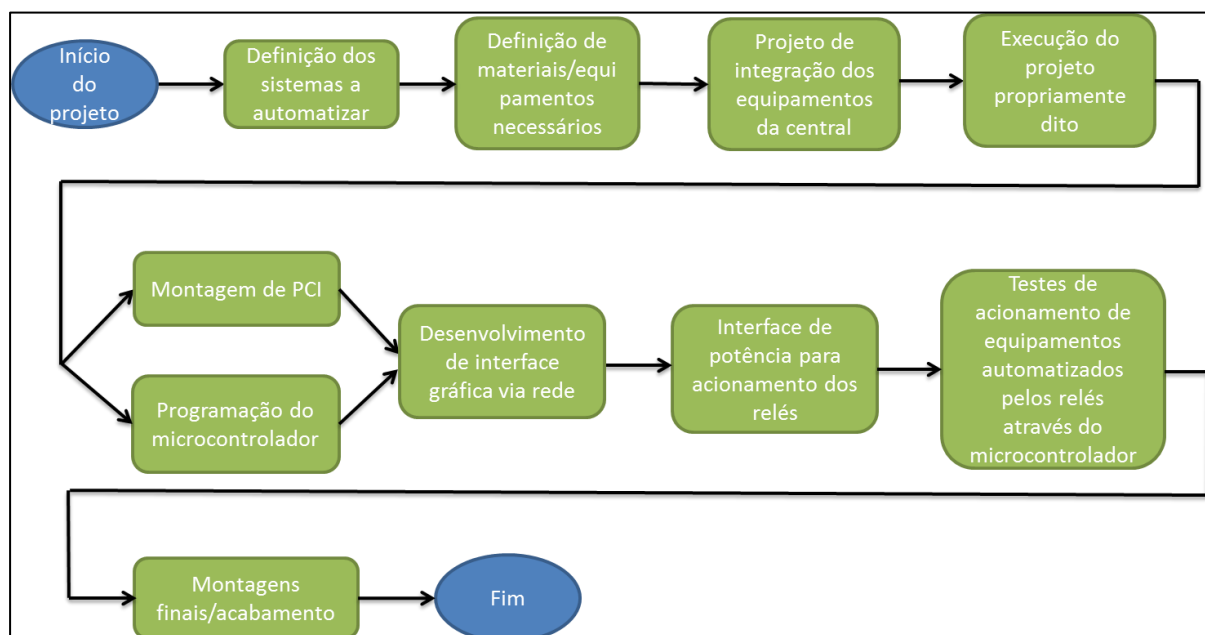


Figura 19: Fluxograma para confecção da central
Fonte: Os Autores

A central de automação proposta para este projeto utilizará dois módulos de plataforma open-source chamados Arduino que farão os acionamentos locais e remotos, via internet. O Arduino Mega 2560 será responsável pela centralização e comando das cargas de tensão de 127/220V. Já o módulo Arduino *Ethernet Shield*, conectado ao Arduino Mega 2560, fará a conexão com a Internet para que o usuário, através de um terminal de computador, acessando uma página da WEB, possa comandar remotamente as cargas que estão ligadas aos módulos de comando.

Os dois módulos Arduinos devidamente acoplados, serão montados em um quadro que será projetado pela equipe. Esse quadro é parte integrante da estrutura pré-automatizada e tem a função de centralizar os comandos de acionamento e permitir a visualização da situação das cargas no sistema.

O quadro será composto por *push-buttons*, que farão o acionamento e LED's que indicarão se os equipamentos estão ligados ou não.

Ainda compondo a estrutura de pré-automação, serão montados os relés de impulso correspondente a cada tipo de lâmpada e equipamento, sendo acionados por 127 V. Os relés receberão o pulso através de um *push-button*.

Para o acionamento dos relés em corrente alternada, será desenvolvida uma interface através de tiristores (SCR ou TRIAC) que receberá o pulso vindo do Arduino, o qual, em suas saídas digitais, opera com tensão de 5 V em corrente contínua, e assim comande a bobina do dispositivo para que o equipamento ligue.

Compõe o sistema toda a parte de programação referente ao Arduino, assim como a criação da página na WEB desenvolvida pelo grupo e integradas para a análise e operação da central que controlará o sistema. Na Figura 20, é mostrado um diagrama lógico e simplificado de como o sistema atua para a automação das cargas.

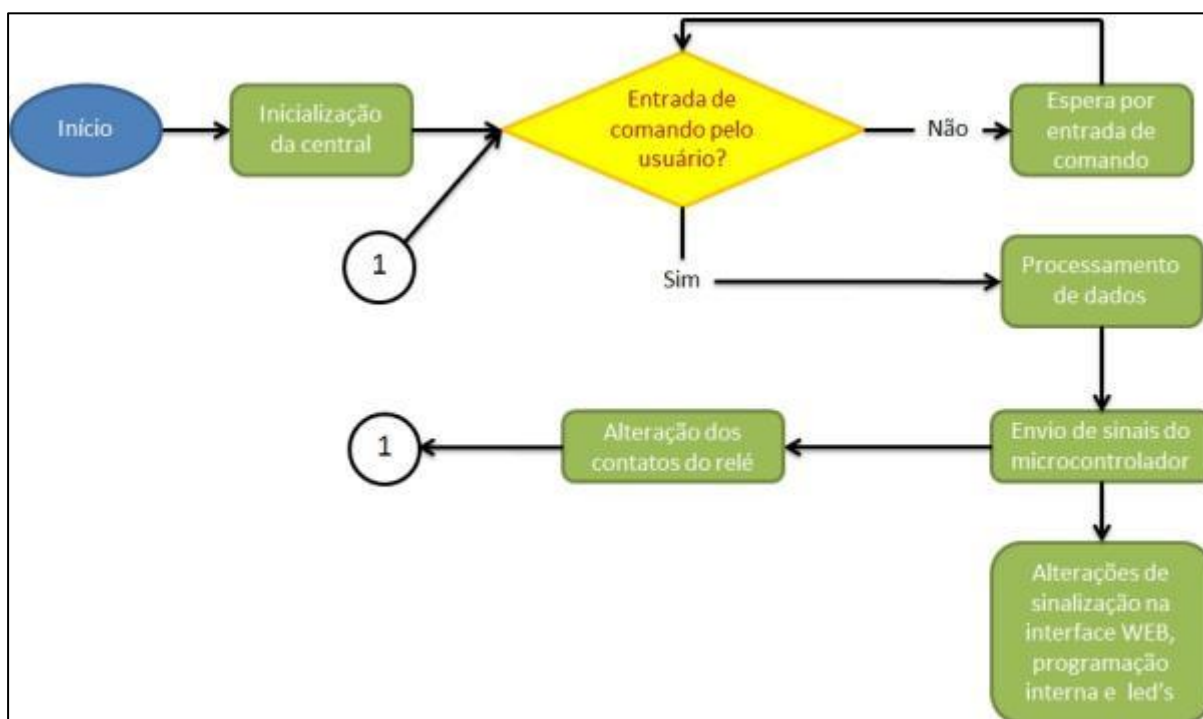


Figura 20: Diagrama de blocos para o comportamento da central
Fonte: Os Autores

Todos os componentes escolhidos e descritos anteriormente neste capítulo são utilizados para a montagem do protótipo de central de automação. Certo disso,

parte-se para o seu desenvolvimento, e nos capítulos subsequentes são descritos os passos e métodos envolvidos.

5 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO, ENSAIOS E CONSTATAÇÕES

Antes de começar a desenvolver o protótipo propriamente dito, foram feitos testes com o microcontrolador Arduino para familiarização com suas funções e constituição física (pinos de saída, alimentação e linguagem de programação). Para isso foi testada uma biblioteca pré-existente no programa usado para gravar o microcontrolador. O software usado foi o Arduino 0.23 – que futuramente seria substituído, conforme será explicado adiante.

A biblioteca de apoio aos primeiros testes é chamada de “Basic”, sendo que um dos programas desta executa uma rotina na qual o microcontrolador pisca uma vez por segundo um LED na porta 13. Esta já é dotada de um LED, o qual está fixado na placa. Os primeiros testes incluíram a inserção de um LED externo à placa conectado a uma porta diferente da 13, alteração do tempo de *on* e *off* do LED, além da verificação de detalhes como criação de um loop, declaração de variáveis, set-up dos pinos e gravação de dados numa saída.

Após os primeiros testes teve início o desenvolvimento do protótipo.

A princípio foi montado um circuito dotado de um *push-button* que pulsava um LED de teste, conforme circuito da Figura 21.

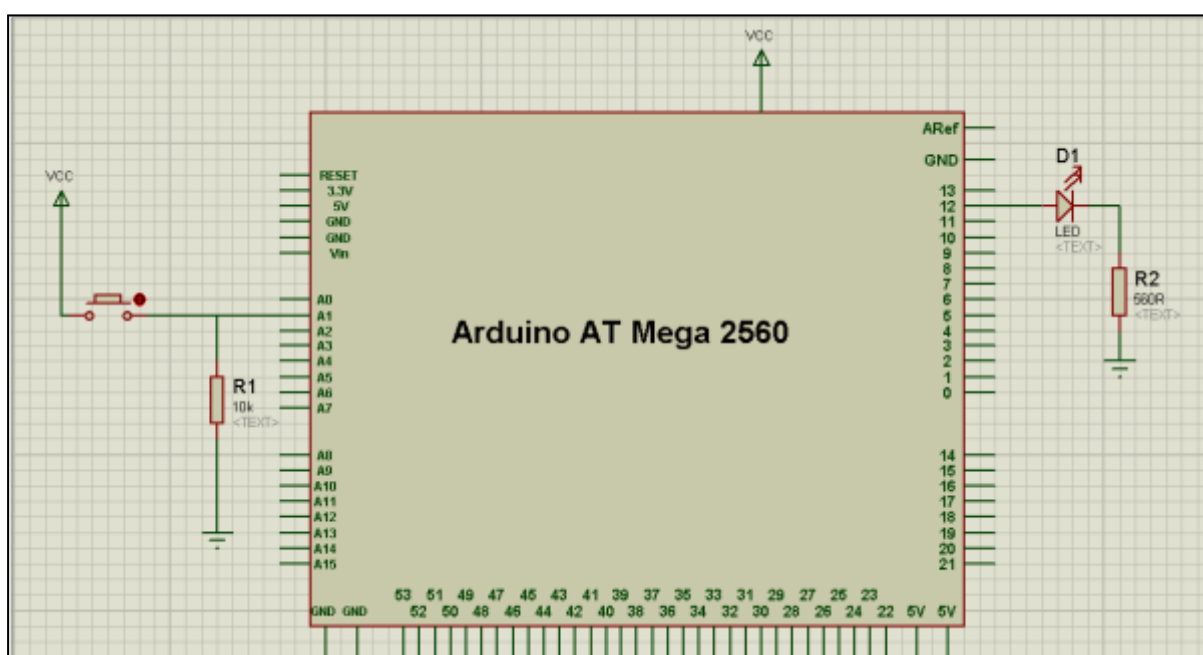


Figura 21: Esquemático do circuito de testes com LED pulsado
Fonte: Os Autores

Antes de passar para a próxima etapa – que seria a montagem de uma interface de potência para acionamento das cargas – foi constatada a necessidade de prover isolamento entre os circuitos de comando e potência. Para isso, foi necessária a inclusão de um optoacoplador no circuito, visando evitar possíveis correntes saindo do circuito de potência para o de comando, que poderiam resultar em danos no Arduino. Foi estudada também a possibilidade de inserir no circuito um optotriac (cuja saída já é capaz de chavear um circuito de corrente alternada), porém, devido à dificuldade de encontrar tal componente no mercado, optou-se pelo uso de um simples optoacoplador. O modelo adotado foi o EL817.

Analogamente à etapa anterior, a isolamento do circuito foi testada a partir da inserção do optoacoplador na porta 12, configurada como saída, em série com um resistor limitador, bem como a conexão de um LED na saída do optoacoplador para indicar se o acoplamento estava de fato ocorrendo. Uma ilustração do circuito de teste do optoacoplador pode ser vista na Figura 22 abaixo.

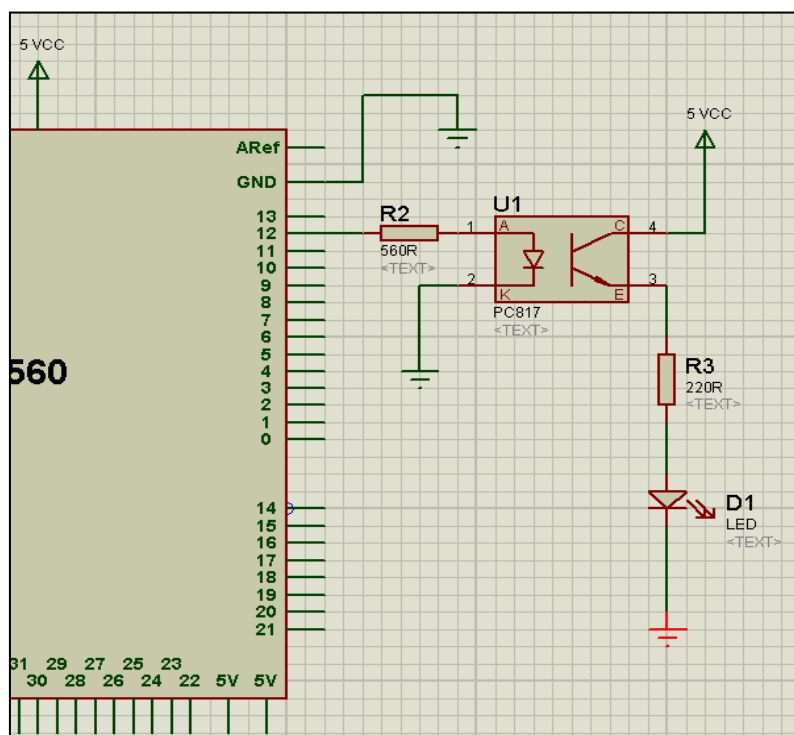


Figura 22: Esquemático do circuito de testes do optoacoplador
Fonte: Os Autores

Desta maneira, tendo o circuito isolado e testado pode-se, então, começar o desenvolvimento da interface de potência.

Como o circuito deve ser chaveado em 127 V, poderia ser usado um TRIAC ou um SCR para acioná-lo. Como não há necessidade da saída ser retificada, optou-se pelo uso de um TRIAC modelo BTA-08. O TRIAC foi conectado ao circuito juntamente com a carga, constituída por um relé de impulso e uma lâmpada (conforme esquemático apresentado no detalhe da Figura 23) e a interface de potência apresentou problemas de funcionamento. O relé atracava ao ser disparado um pulso na saída, porém seus contatos apresentavam instabilidade e ficavam a ponto de se desligarem.

Para tentar estabilizar o funcionamento do sistema, a princípio tentou-se trocar o relé de impulso do circuito por um de outro modelo. A troca, porém, mostrou-se ineficaz, pois o outro relé continuava a apresentar a mesma instabilidade quando acionado.

Para solucionar o problema, então, foi necessário fazer uma alteração no circuito, trocando-se o resistor limitador de corrente no gate do TRIAC (de 660 Ω) por um de menor valor (220 Ω). Feito isto, a corrente que sensibilizava o gate aumentou e o TRIAC passou a chavear o circuito perfeitamente. Foi observado, porém, que a tensão que incidia sobre os contatos do relé era de apenas 80 V, mesmo com o circuito sendo chaveado em 127 V. A queda de tensão acontecia entre os pinos A1 e A2 do TRIAC, porém isto não afetou em nenhum momento o fechamento dos contatos mesmo após consecutivos testes.

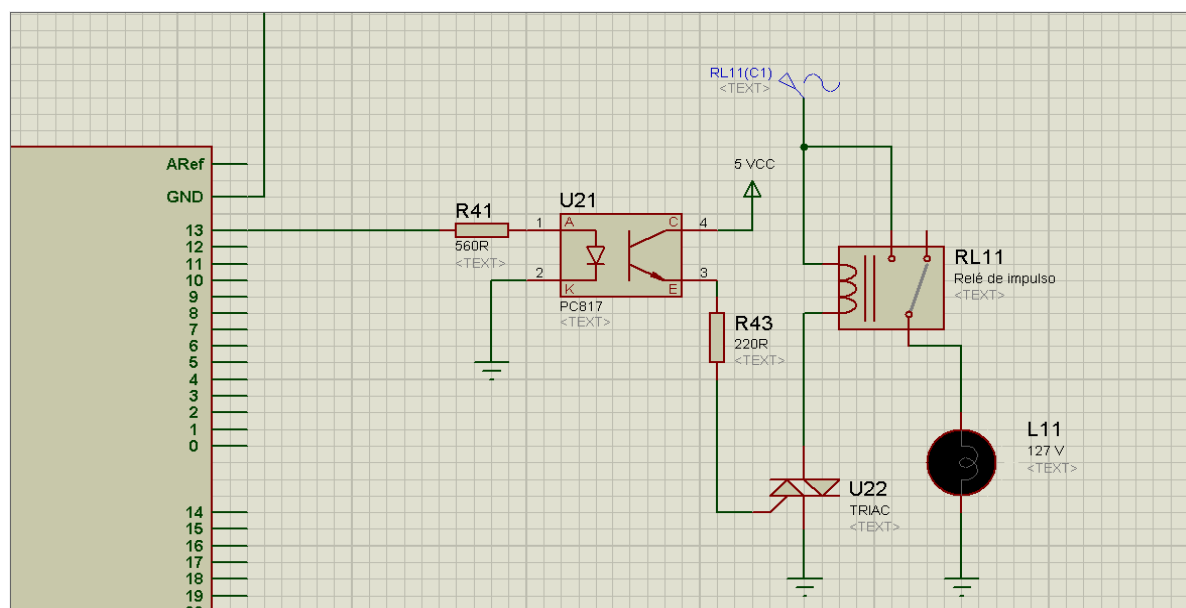


Figura 23: Esquemático do circuito de teste da interface de potência
Fonte: Os Autores

Levando-se em conta a viabilidade da montagem do circuito em residências, foi verificado que a configuração ideal do sistema seria com o comando local posicionado próximo às cargas e não do microcontrolador. Assim sendo, foi feita uma alteração no circuito. O *push-button*, antes conectado ao Arduino, foi colocado em paralelo com o TRIAC e em série com a bobina do relé, conforme a Figura 24.

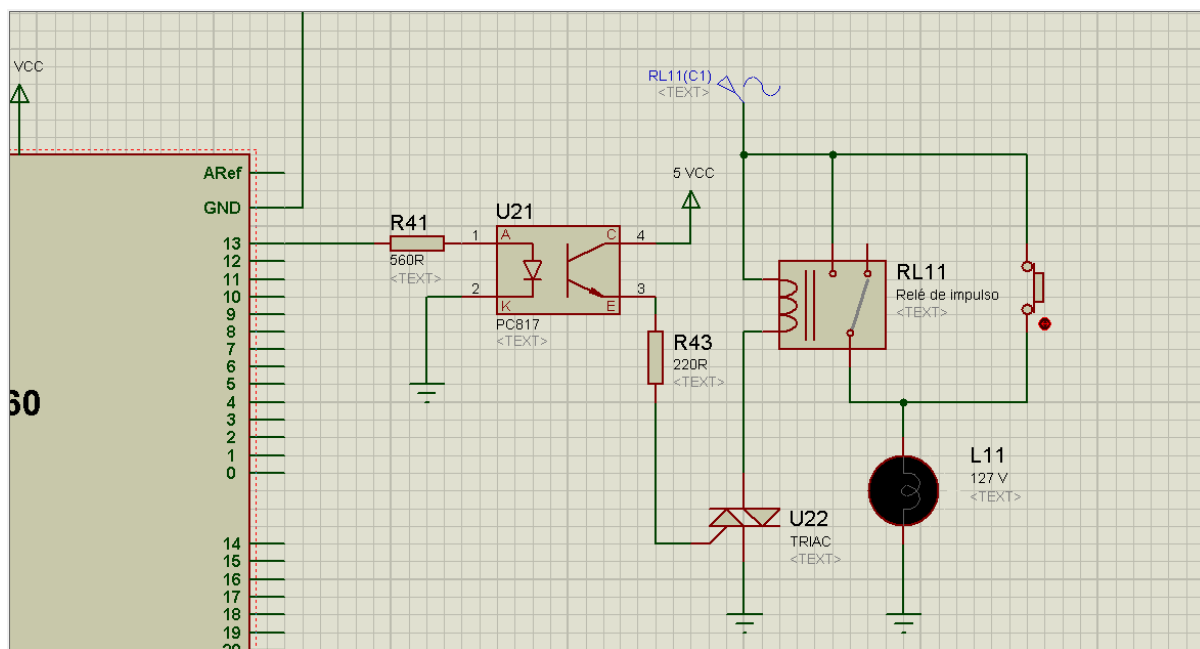


Figura 24: Esquemático do circuito de teste da interface de potência com *push-button* chaveando o lado de potência
Fonte: Os Autores

O circuito continuou operando normalmente sob sua nova configuração, porém, com o pulsador inserido no lado de potência do circuito, era maior a dificuldade para executar a próxima etapa do projeto, que seria a emissão de um sinal que indicasse o status atual da carga. Com o circuito nesta condição, seria necessário o uso dos contatos auxiliares do relé para captar o status da carga, além da possível inserção de retificadores de corrente e divisores de tensão, o que poderia tornar o projeto inviável economicamente. Logo, optou-se por retornar à solução inicial, na qual o comando era conectado ao microcontrolador, a fim de baratear o custo para desenvolvimento da central. A princípio, optou-se por desenvolver a lógica do Arduino baseada em apenas uma entrada e uma saída, para somente depois generalizá-la para as outras 9 cargas propostas no trabalho.

Abaixo, temos as Figuras 25 e 26 que mostram o circuito de acionamento para uma única carga.

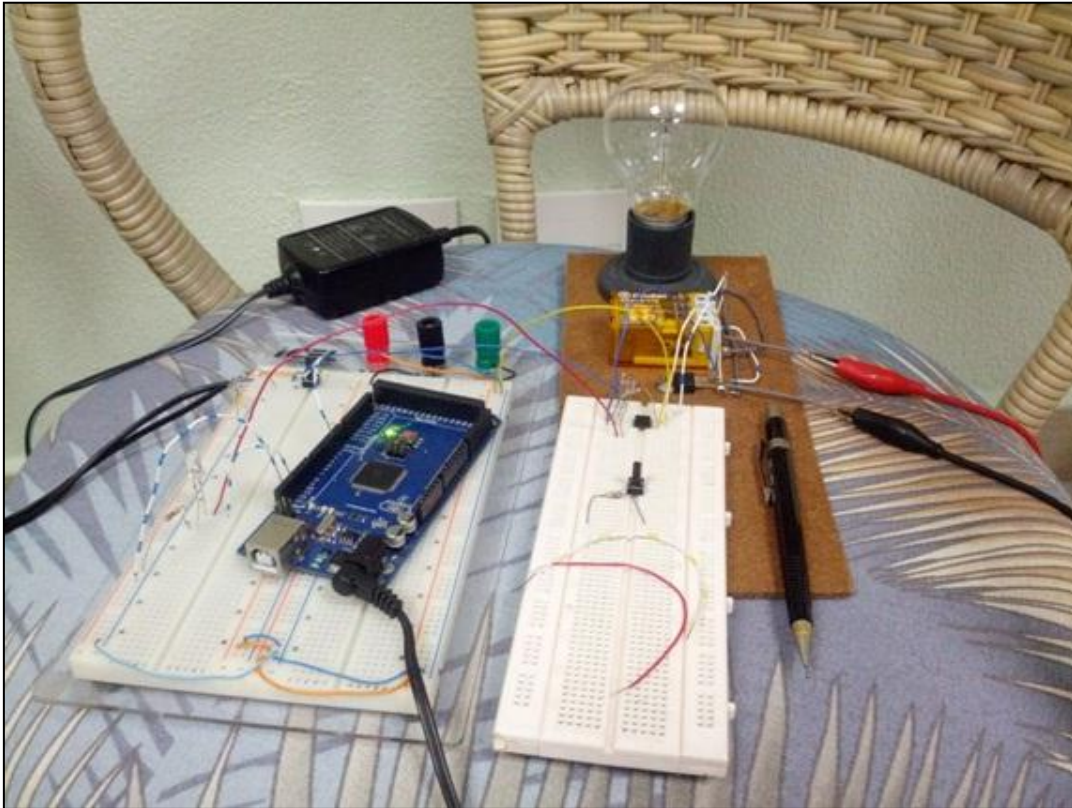


Figura 25: Protótipo com carga única (desligada)
Fonte: Os Autores

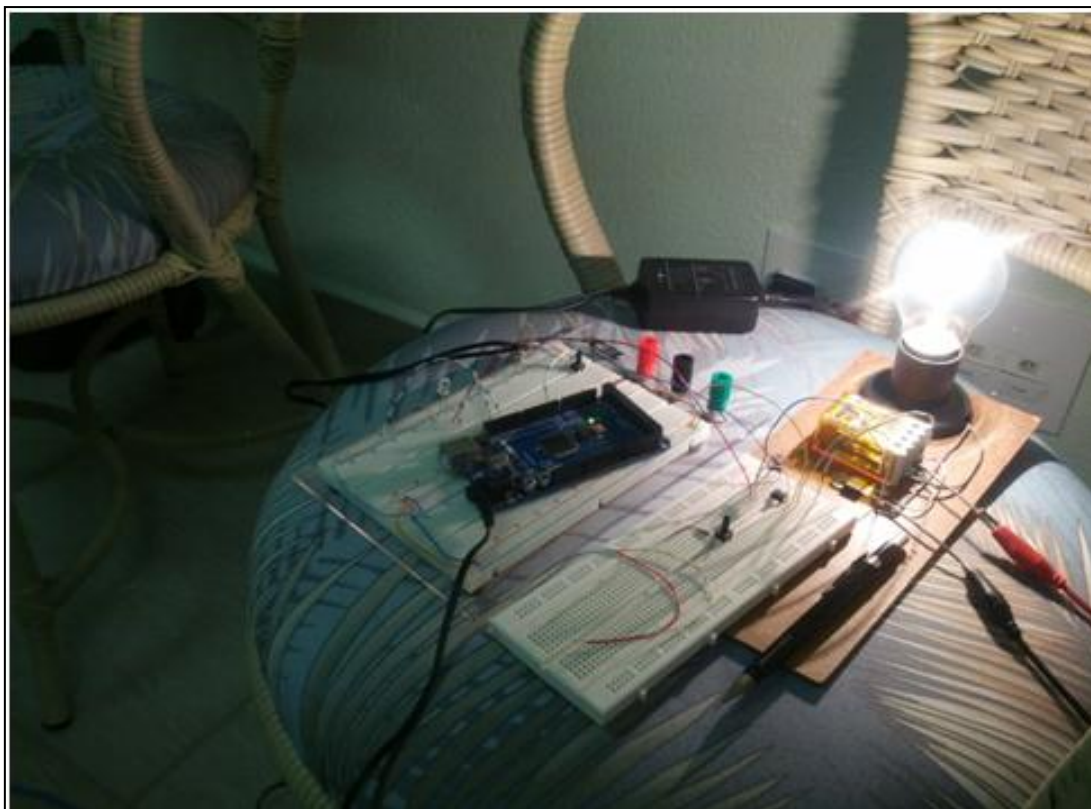


Figura 26: Protótipo com carga única (ligada)
Fonte: Os Autores

Com o circuito básico operando corretamente, agora era necessário inserir a sinalização do status da carga, pois quando o microcontrolador fosse conectado à internet seria necessário que o site fosse capaz de mostrar ao usuário se as cargas estão ligadas ou desligadas. Também através da sinalização seria possível montar um quadro sinótico dotado de LED's representando todas as cargas de iluminação da residência e seus estados atuais.

Esta etapa demandou tempo, pois a princípio tentou-se usar uma biblioteca que atenuava o ruído causado pela inserção de chaves mecânicas no circuito (Debounce). O uso de tal recurso acabou por ser descartado, uma vez que trazia uma sintaxe de difícil entendimento e não se mostrava essencial para o funcionamento da lógica para sinalização.

No lugar da biblioteca em questão foi adotada outra mais simples e efetiva chamada "Button state change", a qual consiste de um contador que é incrementado conforme um *push-button* é acionado. A biblioteca original incrementa o contador a cada dois pulsos no botão, porém foi feita uma adaptação na lógica do programa para atender à demanda do sistema (incremento a cada pulso).

Apesar da correta sintaxe ter sido usada nesta etapa, o protótipo exibia um funcionamento fora do esperado. A partir da releitura do datasheet do Arduino foi possível identificar qual problema estava acontecendo. Os pinos digitais 20, 21, 54 e 55 estavam sendo setados como saídas do circuito. Entretanto estas portas possuem funções específicas e imutáveis definidas em seu hardware: os pinos 20 e 21 são saídas contínuas em 5 V e os pinos 54 e 55 são pontos de referência (GND).

Após correções no programa e no protótipo foi possível conectar as 10 cargas e suas respectivas sinalizações (representadas por LED's). A configuração física do protótipo nesta etapa pode ser verificada na Figura 27 na sequência.

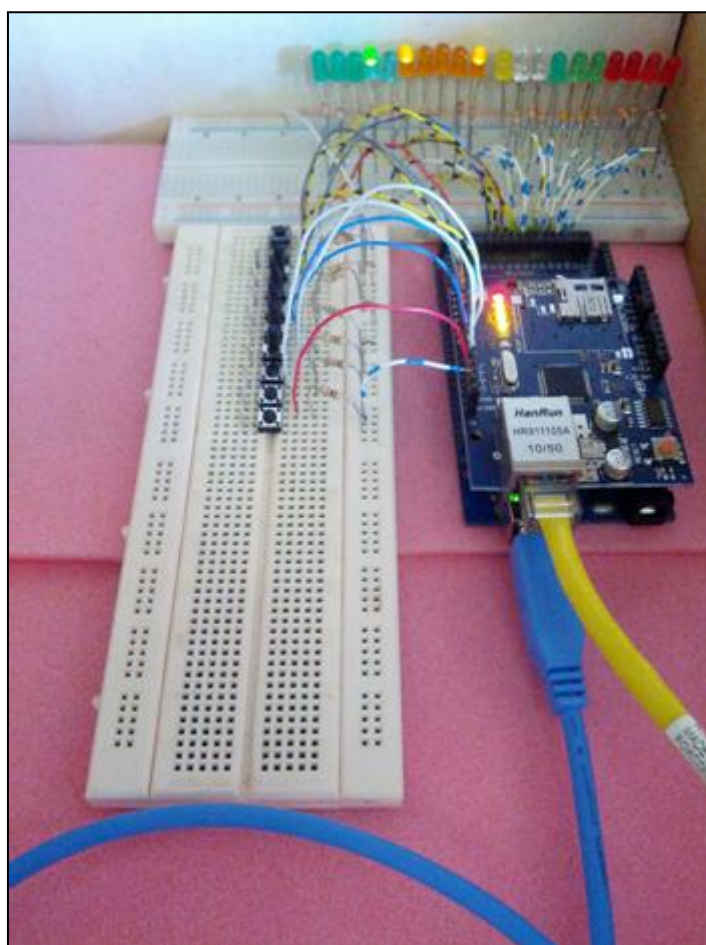


Figura 27: Protótipo com acionamento de 10 cargas de teste e sinalização
Fonte: Os Autores

Com as cargas apresentando acionamento e sinalização adequados, a próxima etapa (comunicação com a placa *ethernet*) já podia ser executada.

A princípio foram feitos testes de comunicação com a placa, deixando-se de lado o acionamento das cargas em si. Os testes consistiram na criação de um

sistema de comunicação entre um cliente e um servidor. O *Ethernet Shield* aguardaria a requisição vindo da web e, quando o recebesse, deveria exibir uma mensagem em um browser.

Os resultados, porém, não foram como o esperado devido a erros que ocorriam na compilação do programa. Por se tratar de um programa baseado em uma biblioteca oficial do Arduino, tal erro não poderia ocorrer. Verificou-se, então, que havia um problema de compatibilidade entre as bibliotecas desenvolvidas para o Arduino 0.23 (versão do software que estava sendo utilizada) e a versão mais atual (1.0.3). Desta forma, a fim de usar as bibliotecas existentes, foi necessário alterar o software utilizado no desenvolvimento das atividades, atualizando-o para a versão 1.0.3.

A versão mais recente do software possui diferenças também na sintaxe do programa, de tal forma que foi necessário fazer pequenas alterações no programa de teste. Também foi necessário fazer o download de bibliotecas extras para a comunicação *Ethernet*. Assim que o programa foi adaptado, a comunicação com a placa *Ethernet* pode ser finalmente estabelecida. Ao compilar o programa de comunicação com o *Ethernet Shield*, porém, verificou-se que o circuito começava a apresentar um comportamento inesperado. Algumas das cargas se acionavam quando o programa era compilado e não se apagavam ao receber o comando do *push-button*.

Mais uma vez foi necessário recorrer ao datasheet do Arduino. Constatou-se, então, que as portas 4, 10, 51 e 52 eram utilizadas pelo *Ethernet Shield* para comunicação com a placa do Arduino. Como os pinos 4 e 10 estavam setados como entradas e os pinos 51 e 52 como saídas, foi necessário reconfigurar o circuito para evitar o uso destas portas. Somente assim o circuito voltou a se comportar normalmente.

Após a reestabilização do sistema e dos testes de comunicação com o *Ethernet Shield* serem finalizados, iniciou-se a etapa de comunicação com a internet.

A princípio, tentou-se elaborar um programa que enviasse para o browser uma mensagem em formato HTML a cada pulso dado nas entradas do microcontrolador. O programa escrito executou a ação, porém apresentando uma limitação: para atualizar o status da carga era necessário o seguinte procedimento:

- 1) Digitar no *browser* o endereço “http://192.168.1.15 (que foi setado no programa para ser o endereço de IP local do *Ethernet Shield*);
- 2) Enviar o comando através de um dos *push-buttons* da entrada do circuito;
- 3) Após o recebimento da informação era necessário atualizar o browser para que este aguardasse um novo comando dos *push-buttons*.

Com tal comportamento o protótipo não representaria uma solução adequada, pois, caso fosse implantado o sistema dessa maneira, o usuário só poderia saber o status das cargas e dar um novo comando caso ficasse repetidamente atualizando a página da internet após o acionamento de cada carga.

Decidiu-se, então, começar o desenvolvimento da web não pela sinalização, mas sim pela criação da página a ser apresentada ao usuário.

O primeiro passo foi a criação de uma página de login, uma vez que o sistema não pode ser acessado por qualquer pessoa. Optou-se por desenvolver este recurso baseado em um banco de dados primário usando a plataforma MySQL, devido ao fato deste recurso ser de simples utilização. Desta forma, foi desenvolvido um banco no qual vários usuários pré-definidos podem ter o acesso às cargas usando diferentes logins. A página de login, desenvolvida em PHP, pode ser vista na Figura 28 abaixo.

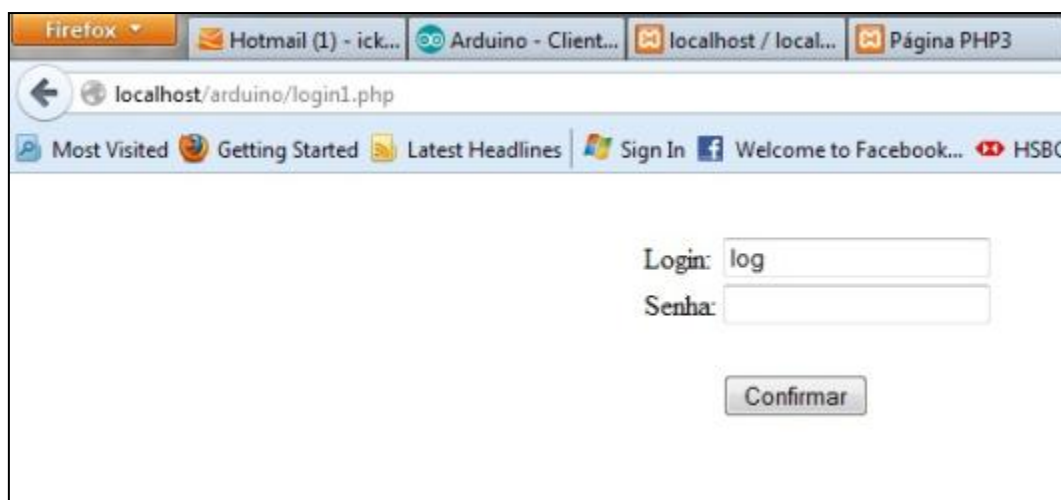


Figura 28: Página de login do usuário
Fonte: Os Autores

A página de login tem em seu escopo o direcionamento para uma página de informação ao usuário, caso ele digite seu login ou senha erroneamente (login_errado.php). Caso contrário, o usuário é direcionado para a página que controla os dispositivos via web (PaginaPHP2.php). Duas páginas são utilizadas também para intermédio: conecta.php, que é usada para a conexão com o banco de dados e funções.php, que faz a verificação se o login e senha correspondente estão certos e se existem no banco de dados.

Durante o desenvolvimento da comunicação com a web, também houve problemas para a compilação de programas de teste. O desenvolvimento como um todo envolveu três linguagens de programação, já citadas: HTML, PHP e banco de dados em MySQL. Além disso, o microcontrolador Arduino possui seu próprio ambiente de programação e compilador, baseado em linguagem Processing. Desta forma, foi grande a complexidade envolvida para integrar de maneira coesa tais ferramentas.

Para a comunicação ativa entre o microcontrolador e a rede externa *Ethernet*, foi utilizada abertura de portas por meio de sockets no programa principal, bem como a utilização da biblioteca *Ethernet* do compilador do Arduino. Foram utilizadas principalmente as funções `client.read()`, `client.write()`, `server.begin()`, dentre outras. Outra dificuldade encontrada foi transpassar roteadores e outros servidores locais a fim de conectar de forma remota o microcontrolador. Foi optado por deixar como servidor remoto um dos computadores na casa de um dos integrantes da equipe, sendo possível o acesso ao login inicial digitando-se o IP público do roteador da LAN designada.

Paralelamente ao desenvolvimento do acionamento via web, também foi elaborado um *sketch* para montagem da placa. Primeiramente tentou-se usar uma versão free do software Eagle, entretanto tal versão limitava o tamanho da placa em 10 x 8 cm, o que inviabilizava a montagem. Assim sendo, optou-se por desenvolver o *sketch* manualmente. A Figura 29 mostra a placa corroída conforme layout definido pela equipe.

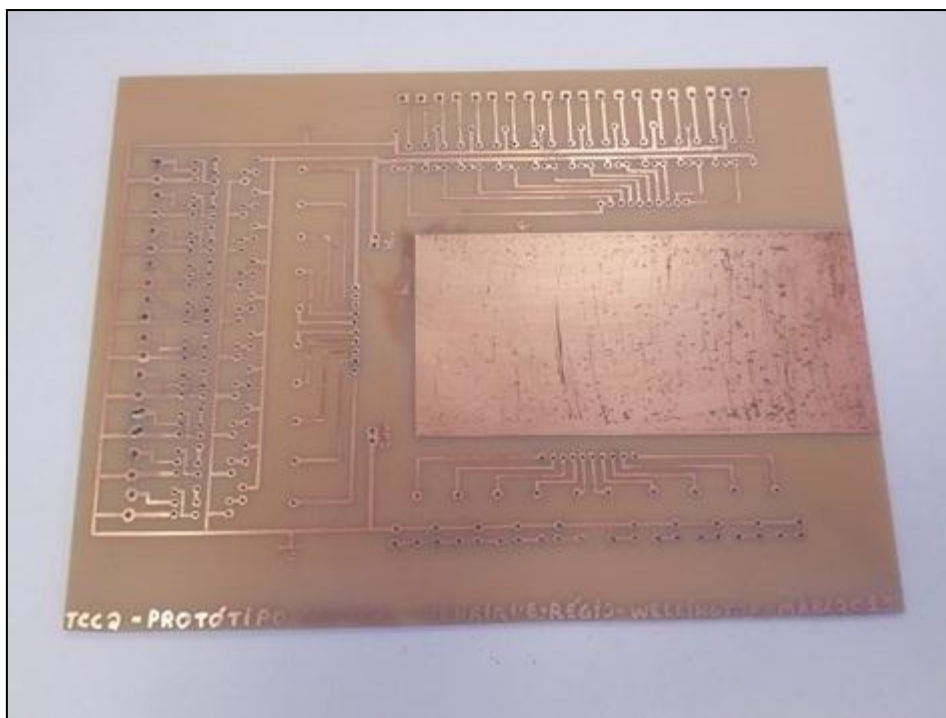


Figura 29: Placa de circuito impresso corroída para montagem final do projeto
Fonte: Os Autores

Quando os componentes foram montados na placa, o circuito passou a apresentar problemas. O chaveamento do circuito de potência não ocorria em algumas saídas e em outras apresentava instabilidade. Os LED's de sinalização apresentavam comportamento normal, evidenciando que o problema não estava nas entradas digitais, mas sim nas saídas.

Primeiramente, corrigiu-se um erro feito quando da fixação dos componentes na placa. Retiraram-se os optoacopladores e foram fixados à placa soquetes de 4 pinos. Na sequência, efetuou-se a troca de todos os optoacopladores do circuito, visando evitar baixa durabilidade ou instabilidade daqueles que já haviam sido soldados na placa, uma vez que componentes eletrônicos costumam ser sensíveis ao calor.

Os TRIAC's foram, então, retirados do circuito principal e testados num protoboard individualmente, usando-se também os optoacopladores novos. Verificou-se que todos apresentavam comportamento normal, eliminando-se assim a hipótese de defeito de fabricação nos mesmos. No entanto, a fonte de alimentação empregada no teste fornecia uma tensão de 6,04 V – superior à saída esperada do Arduino (5 V).

Para solucionar o problema, trocou-se a fonte de alimentação do Arduino. O circuito estava sendo alimentado inicialmente pela entrada USB, porém, sob esta condição, as saídas apresentavam uma tensão de 4,76 V ao invés dos 5 V esperados. Mudando a alimentação para uma fonte de corrente contínua, algumas saídas passaram a responder, ainda que de maneira instável. Ressalte-se que com a mudança na fonte de alimentação o Arduino passou a fornecer exatamente 5 V em suas saídas. Desta forma, deduziu-se que as correntes incidindo sobre o optoacoplador e o gatilho do TRIAC eram as responsáveis pelo mau funcionamento do protótipo, dado que um aumento da tensão melhorava o comportamento do sistema, mantendo-se os mesmos resistores. A partir daí foram feitos sucessivos testes trocando-se os resistores associados aos optoacopladores e aos TRIAC's visando encontrar a corrente ideal para sensibilização de cada chave eletrônica.

Após a análise e aferição de cada saída o protótipo da central foi finalizado, ficando com a configuração física apresentada na Figura 30 abaixo.

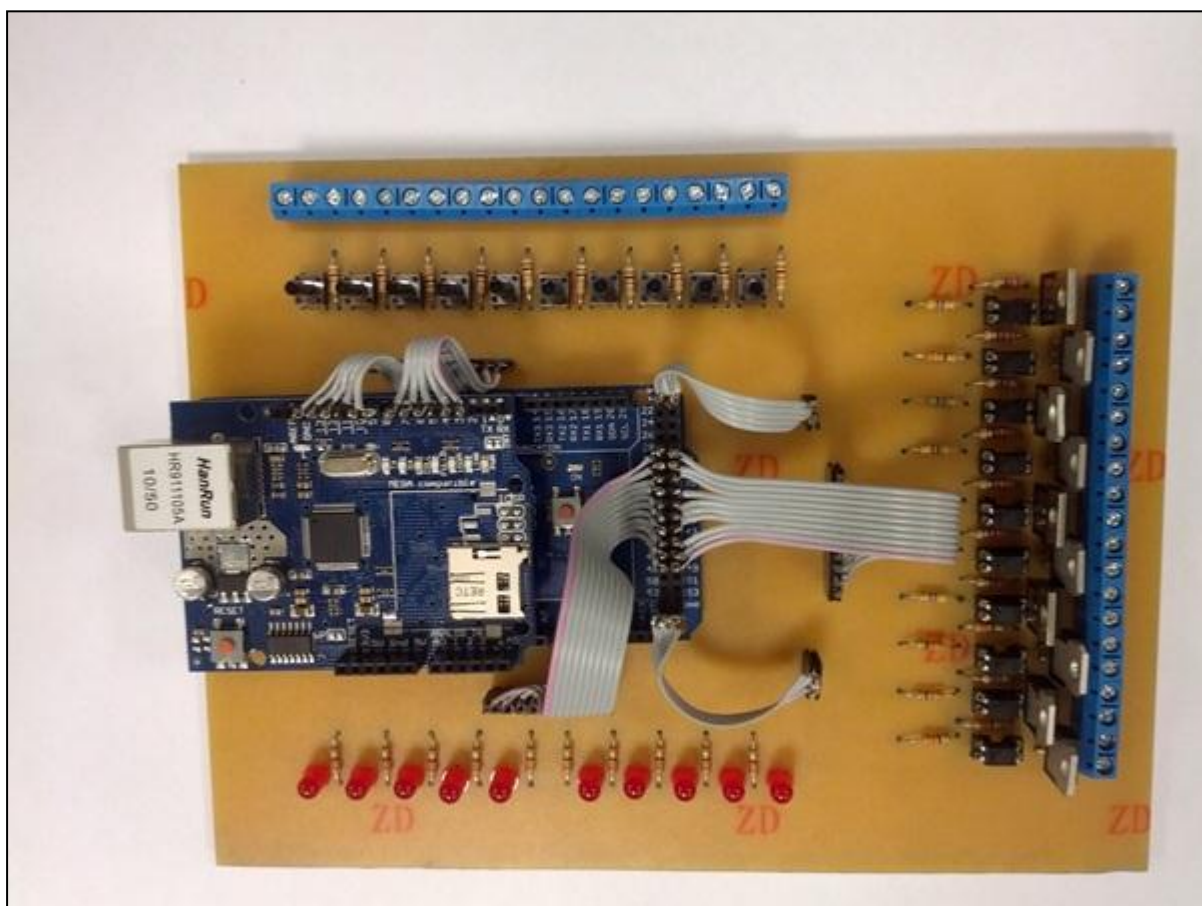


Figura 30: Layout final do protótipo
Fonte: Os Autores

Por fim, fez-se um teste visando simular a instalação do sistema em uma residência, ligando-se um *push-button* a dois cabos de 1,5 mm² com 10 metros de comprimento e conectando-o em paralelo com os acionamentos da central (ver Figura 31) no intuito de medir a queda de tensão no trecho. Verificou-se que, para o comprimento de 20 metros, a queda de tensão foi insignificante (<0,1 V) e que o acionamento local não seria comprometido.

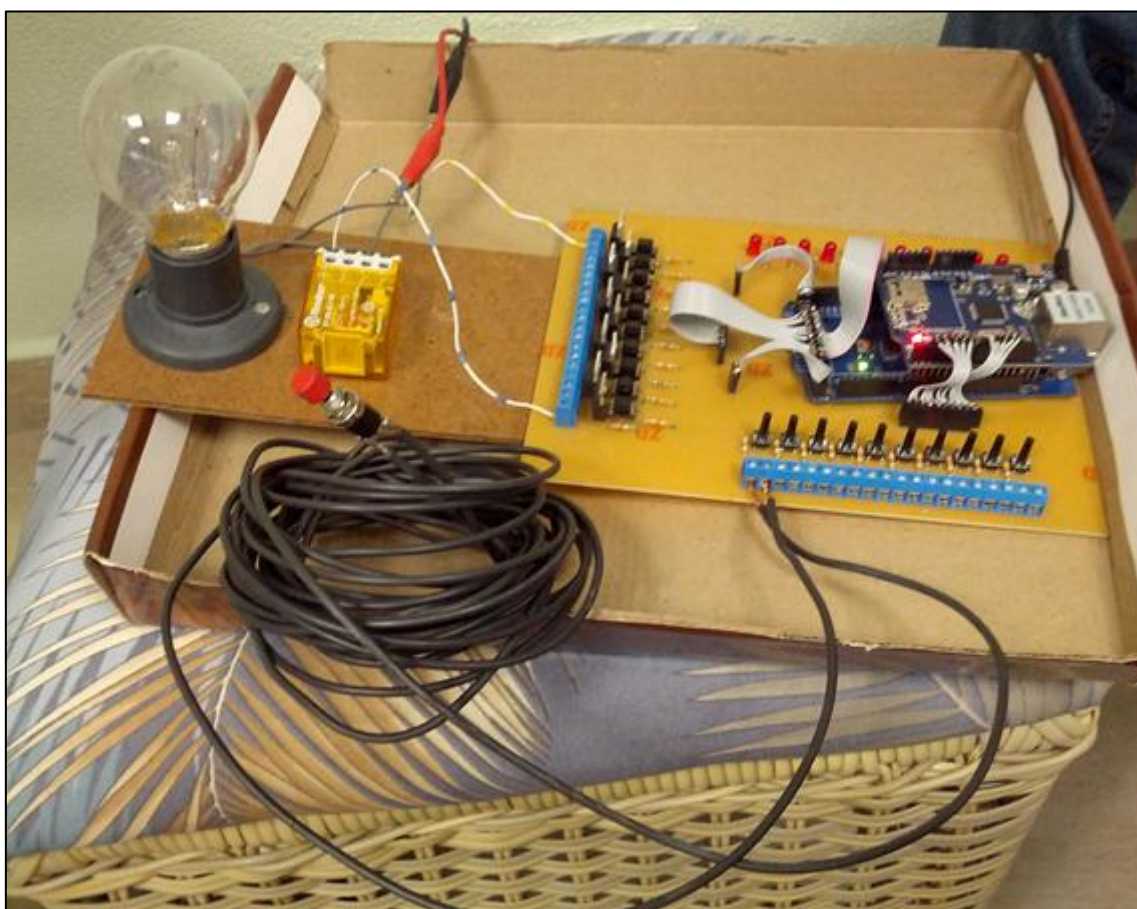


Figura 31: Teste de comando local com cabo de 20 metros
Fonte: Os Autores

Procedeu-se também a montagem de uma placa juntamente com os relés de impulso, a fim de simular um quadro de comando para uma casa de pequeno porte. A estes relés foram ligados cargas, e os mesmos eram comandados pela protótipo da central ou pelos *push-buttons*, locais ou remotos, de acordo com planejamento inicial do trabalho. O quadro pode ser observado nas Figura 32,

Figura 33 e Figura 34, enquanto sua representação gráfica pode ser vista nas Figura 35, Figura 36 e Figura 37.

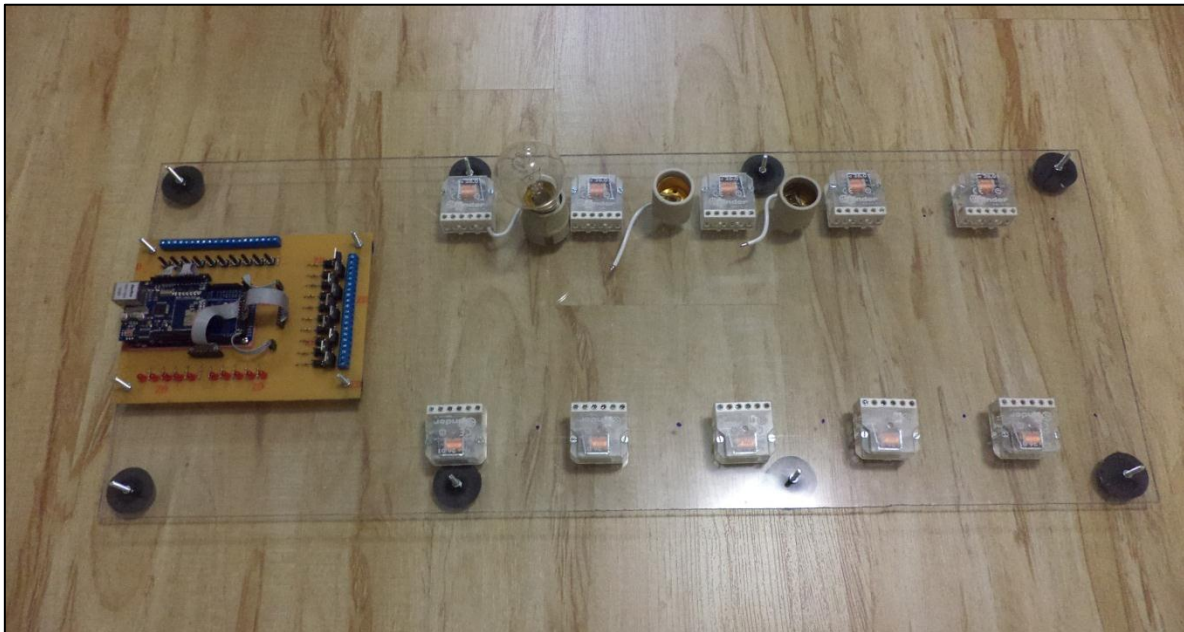


Figura 32: Protótipo com quadro de relés
Fonte: Os Autores

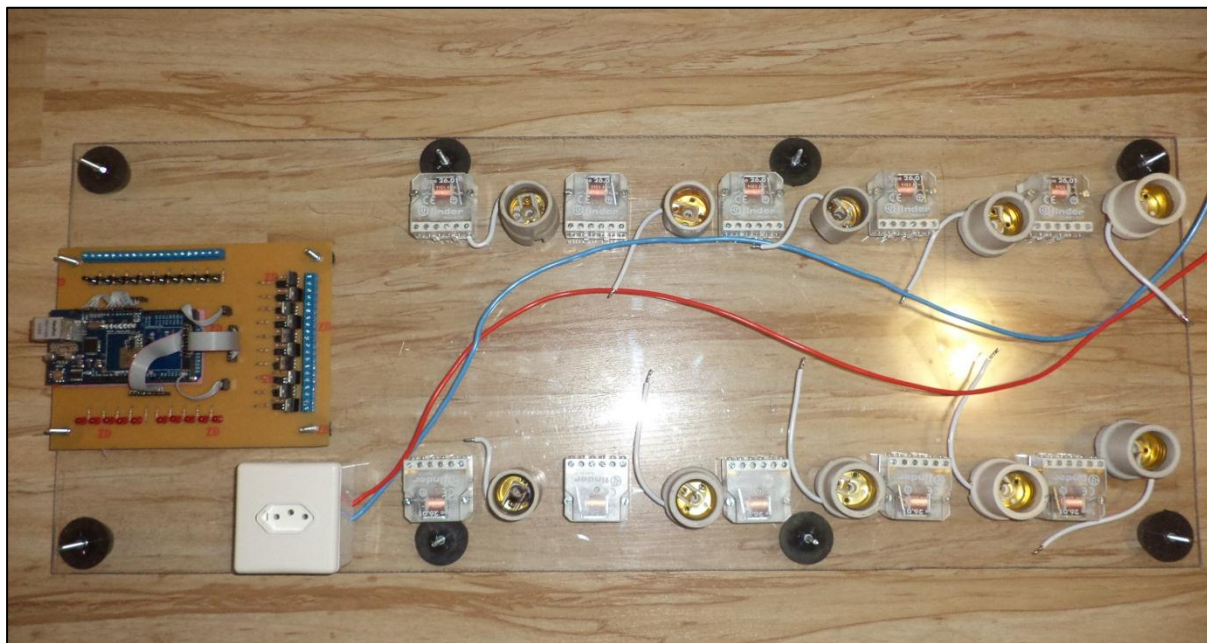


Figura 33: Protótipo com quadro de relés em segundo estágio
Fonte: Os Autores

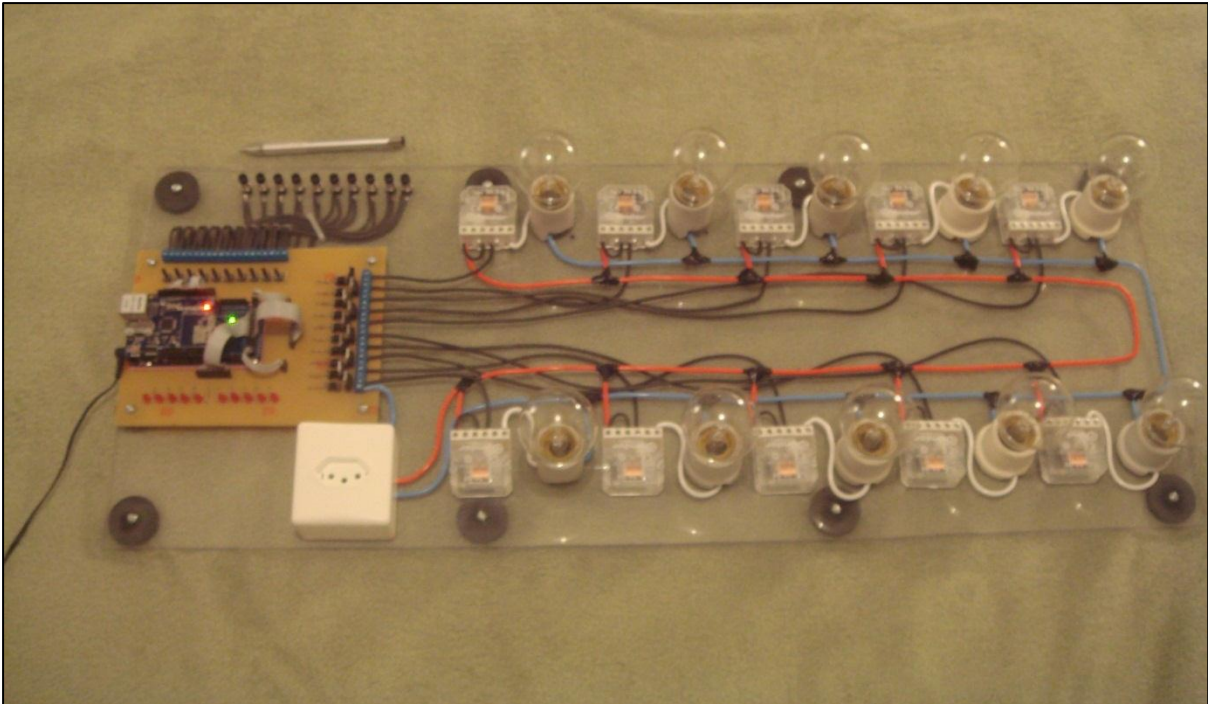


Figura 34: Configuração final do protótipo
Fonte: Os Autores

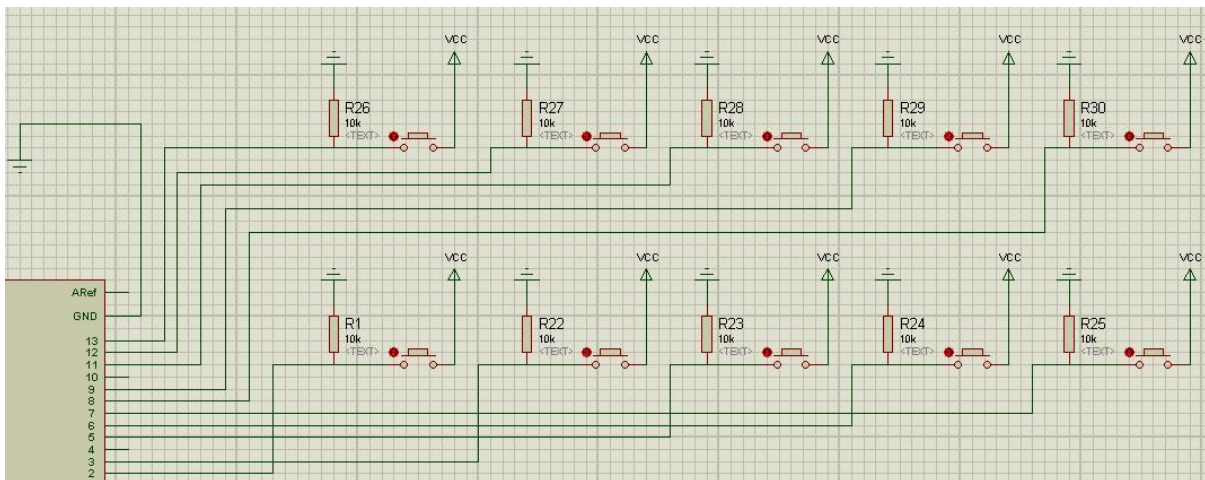


Figura 35: Diagrama final do protótipo (entradas)
Fonte: Os Autores

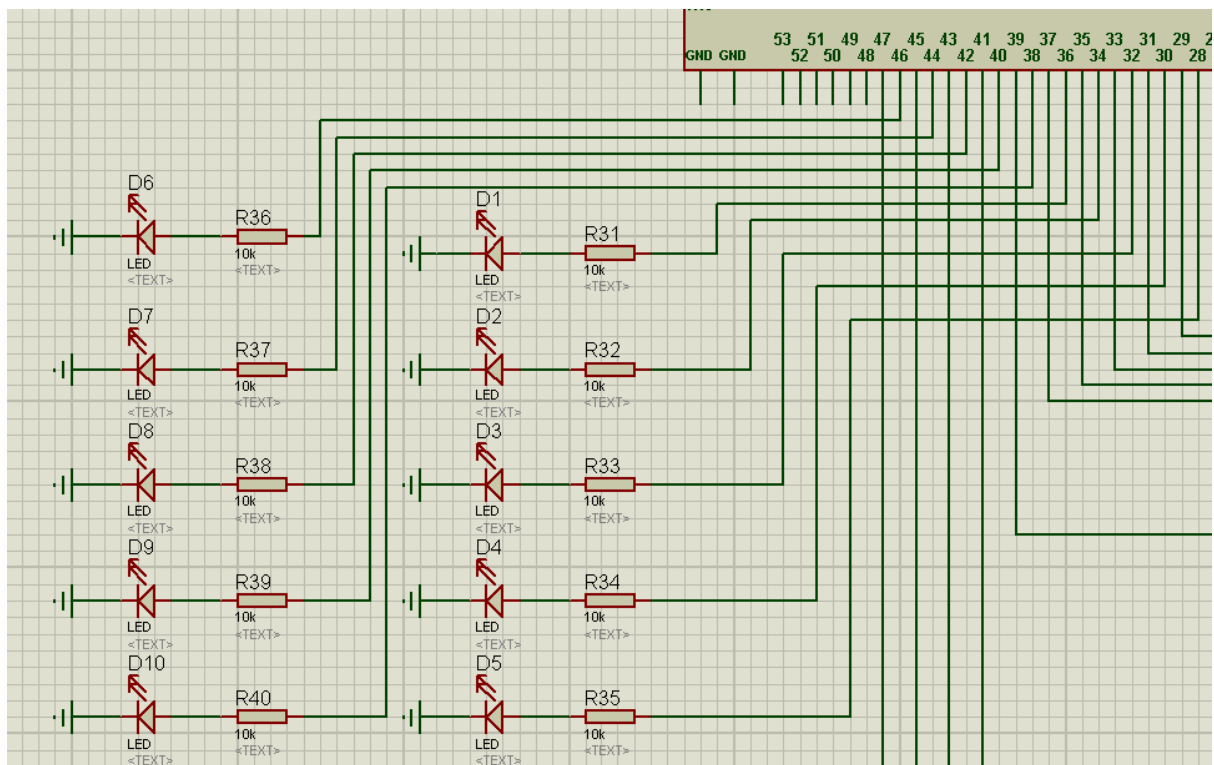


Figura 36: Diagrama final do protótipo (saídas de sinalização)
 Fonte: Os Autores

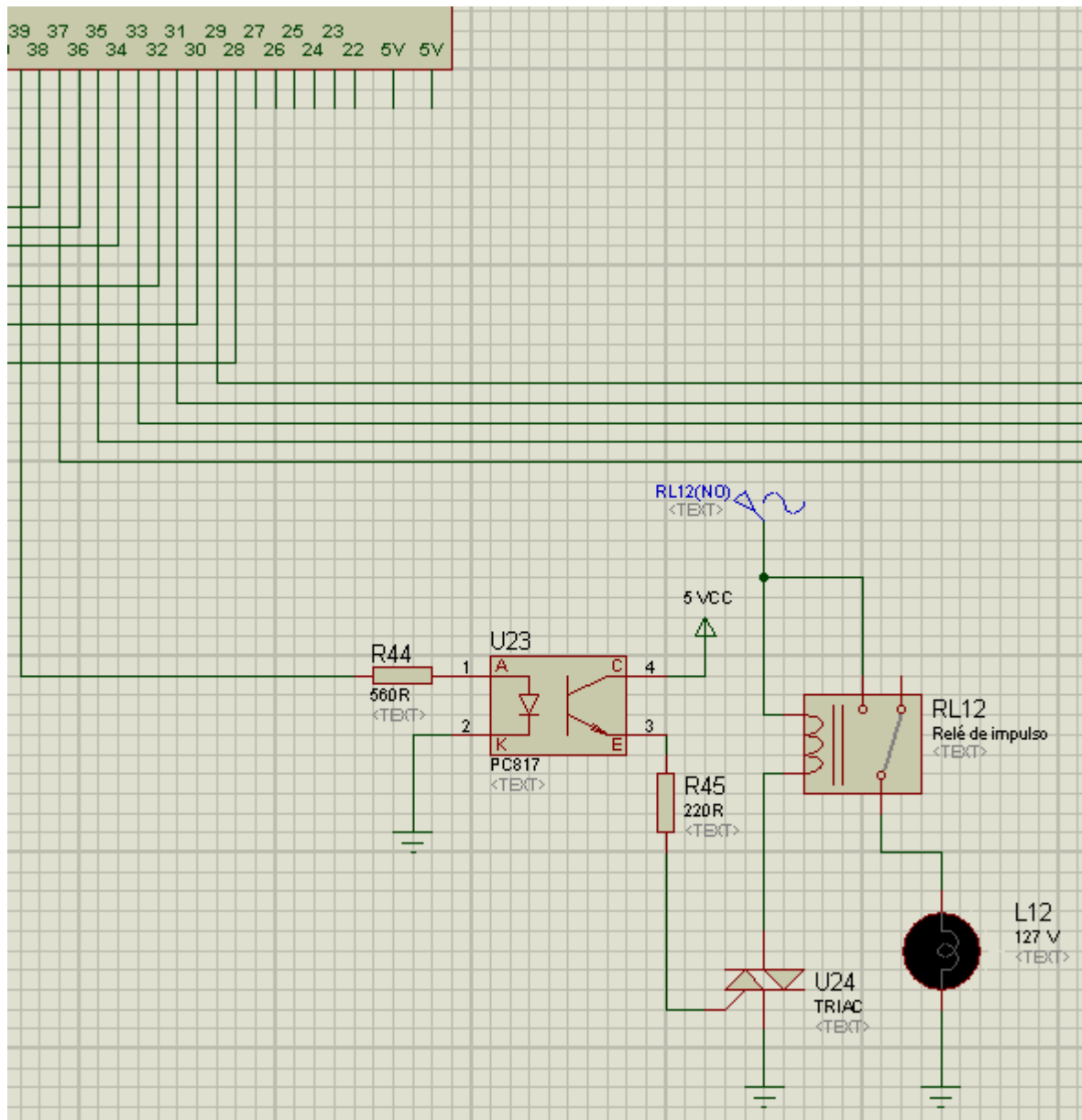


Figura 37: Diagrama final do protótipo (exemplo de saída para as cargas)
 Fonte: Os Autores

6 VALIDAÇÃO DO PROTÓTIPO

Um dos objetivos iniciais deste trabalho era comparar custos de implantação de uma instalação elétrica no modelo convencional e uma com a solução desenvolvida pela equipe. Deste modo, é possível validar a aplicação desta em edificações de pequeno porte, como residências unifamiliares.

Para o tratamento de dados relacionados a esta meta, foi elaborado um modelo de residência unifamiliar em ferramenta CAD, levantando então os quantitativos de materiais necessários para cada caso citado. O modelo pode ser visto na Figura 38, sendo que o mesmo refere-se apenas à iluminação da residência. A Figura 39 refere-se ao projeto contando com a infraestrutura para iluminação proposta pela equipe na nova concepção de instalação elétrica.

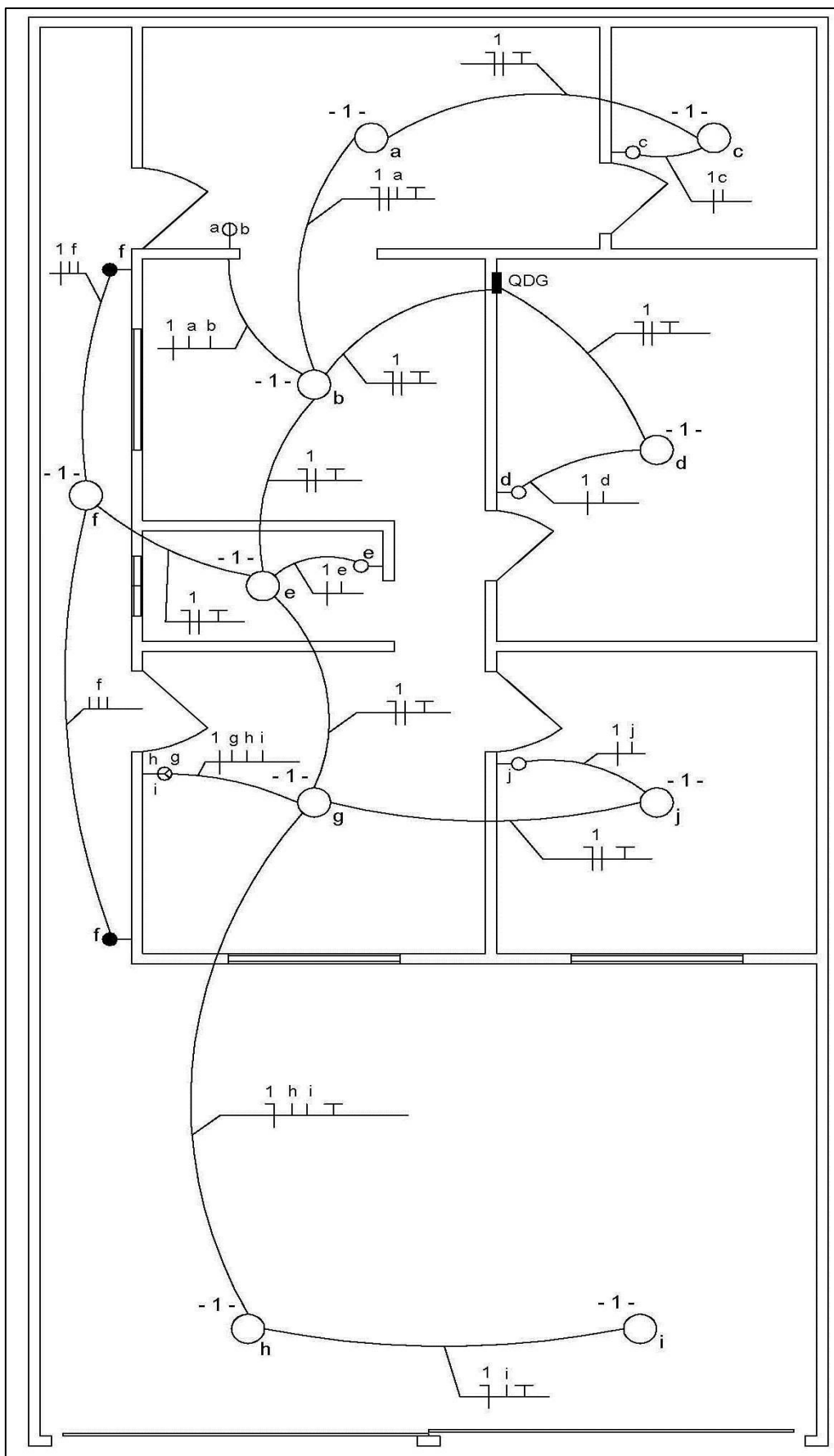


Figura 38: Modelo de residência unifamiliar utilizado (modelo convencional)
 Fonte: Os Autores

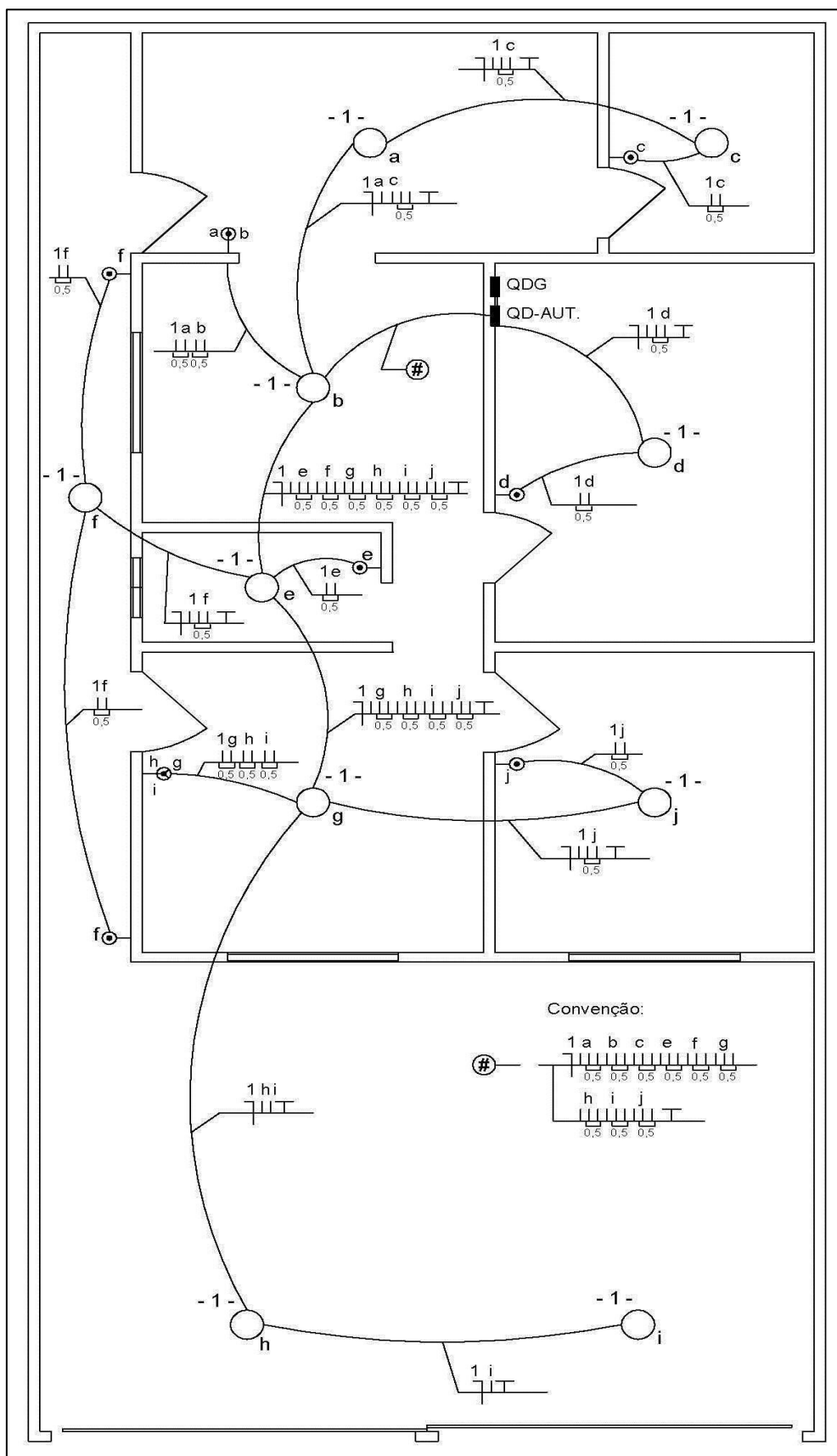


Figura 39: Planta com a infraestrutura de acordo com novo modelo
Fonte: Os Autores

Juntamente ao quantitativo medido, foram contabilizados os custos do desenvolvimento da central, bem como levantados preços unitários do cabeamento elétrico que poderia ser utilizado em cada um dos casos para o modelo citado. O Quadro 3 mostra o dimensionamento da fiação na parte de potência (aplicável a ambos modelos) e na parte de comando (aplicável somente ao modelo proposto), e o Quadro 4 resume, de forma sucinta, os custos estimados para a solução convencional e a solução proposta.

Circuito	Tensão (V)	Potência (VA)	Ip (A)	FCA	I'p (A)	Seção do condutor (mm ²)
Circuito 1	127	1.000	7,87	1	7,87	1,5
Comando	5	1	0,20	1	0,20	0,5

Quadro 3: Dimensionamento da fiação para o projeto modelo.
Fonte: Os Autores

Solução convencional		Solução proposta		
Circuito 1	Cabo 1,5mm ² (m)	Circuito 1	Cabo 0,5 mm ² (comando para relé de impulso)	Cabo 1,5 mm ² (retorno do relé de impulso a carga)
Carga a	17	Carga a	25	7
Carga b	18	Carga b	16	4
Carga c	15	Carga c	28	11
Carga d	18	Carga d	17	5
Carga e	12	Carga e	21	7
Carga f	36	Carga f	40	9
Carga g	12	Carga g	28	10
Carga h	18	Carga h	38	15
Carga i	22	Carga i	45	18
Carga j	17	Carga j	34	13
		Cabos neutro e terra para as cargas	-	40
Total (m)	185	Total (m)	292	139
Preço un.	R\$ 1,01	Preço un.	R\$ 0,33	R\$ 1,01
Preço total	R\$ 186,85	Preço total	R\$ 96,36	R\$ 140,39
		Relés de imp.	R\$ 400,00	
		Placa de controle	R\$ 300,00	
		Preço final c/ central	R\$ 936,75	

Quadro 4: Comparativo das soluções discutidas.
Fonte: Os Autores

O Quadro 4 evidencia que, mesmo com economia de cabos de seção superior, o preço da solução proposta ainda é muito superior se implantado como um todo. Isso se deve principalmente a placa de controle confeccionada com o

microcontrolador e os relés de impulso necessários para fazer o interfaceamento de potência e a pré-automatização. Porém, os benefícios aportados são muito maiores, seja com aplicação apenas da pré-automatização, de acordo com autores já citados, seja com aplicação da central para automatização. Tais benefícios podem ser: conforto, status ou outros aspectos subjetivos ao usuário. Deve-se levar em conta também, em termos absolutos, que a solução proposta apresenta valores mais atrativos do que aqueles praticados pela média dos produtos hoje encontrados no mercado. As funções podem ser programas de forma a atingir determinado grau de complexidade no controle de cargas da edificação, se equiparando aos modelos atuais, e com a vantagem de se ter um valor econômico menor.

Outro objetivo traçado foi o de desenvolver um meio de centralizar as cargas facilitando a interação com comandos externos. A página da web foi desenvolvida neste intuito: apresentar uma interface amigável e de fácil entendimento pelo usuário. Para atingir o objetivo proposto, a página foi elaborada com botões que mudam de cor para identificar o estado da carga, conforme mostra a Figura 40.

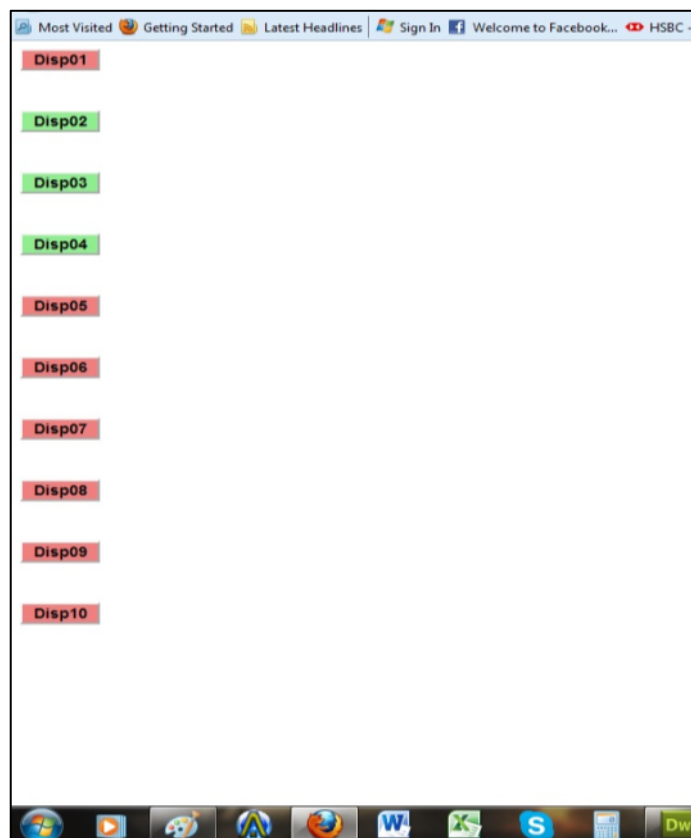


Figura 40: Botões na interface via WEB para controlar as cargas
Fonte: Os Autores

A interface web apresenta apenas a limitação de não poder ser personalizável por conta do próprio usuário. Quaisquer alterações no aspecto do site devem ser feitas alterando a programação em PHP, o que demandaria mão de obra específica.

É previsto também no modelo a facilidade de desativação da central e migração para um sistema simplesmente pré-automatizado, bastando que para isso o usuário retire o microcontrolador e conecte os comandos de bobina dos relés de impulso aos pulsadores locais e/ou remotos, sem necessidade de interface de potência complementar. Isso é detalhado na Figura 41.

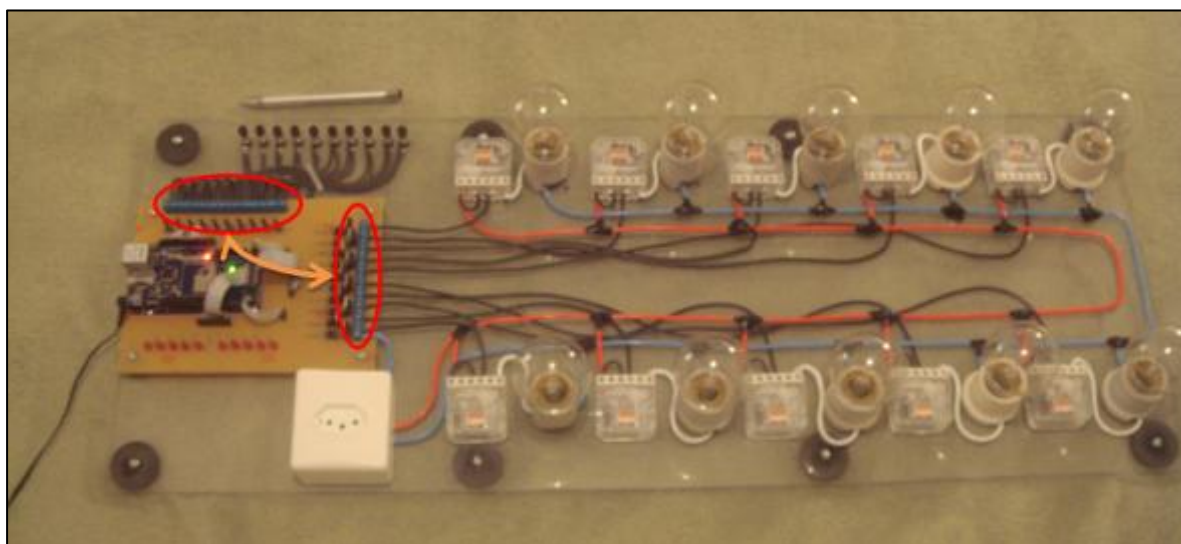


Figura 41: Pontos a conectar na central para se ter um sistema pré-automatizado simples
Fonte: Os Autores

Também visando que a central facilitasse a ação do usuário, foram adotados os LED's de sinalização de status. No protótipo desenvolvido, estes foram apenas posicionados de maneira linear na placa de controle; porém, é possível mediante poucas mudanças, dispor os LED's sobre a planta baixa da residência exatamente na posição em que as cargas de potência se encontram fisicamente, de modo a facilitar a visualização de qual carga da casa está sendo de fato acionada.

É válido ressaltar que as soluções desenvolvidas e anteriormente citadas se aplicam apenas ao novo modelo (com automação). O modelo atual de instalação elétrica não apresenta quaisquer destas vantagens, justificando per si a mudança proposta. Pode-se também dizer que existe maior flexibilidade da instalação ao

adotar o novo modelo, visto que com os comandos centralizados e uma central de controle ativa dos dispositivos, pode-se efetuar mudanças futuras de um modo mais fácil e direto. Estas e outras vantagens podem ser observadas através do Quadro 5.

	Solução convencional	Solução proposta
Vantagem		
<i>Flexibilidade (para instalações futuras)</i>	Não. Mudanças na infraestrutura geralmente são onerosas.	Sim. Possibilidade de incremento de funções ou regresso a instalação pré-automatizada.
<i>Comando via internet</i>	Não.	Sim, com funções que podem ser personalizadas de acordo com a utilização do cliente.
<i>Economia de cabos em novas instalações</i>	Não. Modelo atual utiliza determinada qntde. de cabos, que pode aumentar em função de comando paralelos e/ou intermediários.	Sim. Utiliza cabos de menor bitola para comando, economizando cabos de força, bem como há economia no caso de comandos paralelos e/ou intermediários.
<i>Comando de dispositivos</i>	Local apenas.	Tanto local quanto remoto, via pulsadores.
<i>Custo comparativo global</i>	Mais barato.	Mais oneroso.
<i>Instalação elétrica</i>	Simple, pois utiliza modelo já consagrado.	Comparativamente mais complexa, porém de fácil compreensão.

Quadro 5: Comparação de vantagens entre os dois modelos

Fonte: Os Autores

7 CONCLUSÕES

7.1 DESENVOLVIMENTO DA CENTRAL

Como um dos pilares do desenvolvimento do protótipo, o Arduino mostrou-se uma escolha oportuna da equipe. O grande número de material disponível na internet e a facilidade de compreensão da sua linguagem de programação foram fatores que facilitaram o desenvolvimento da central. As maiores dificuldades encontradas durante a etapa de desenvolvimento do programa foram devido ao pouco conhecimento em redes (clientes, servidores, etc.). Tal desconhecimento dificultou a compreensão das bibliotecas do microcontrolador, bem como a coordenação de acionamento local e via rede externa

A programação interna do microcontrolador, bem como a programação para as páginas em PHP e HTML se mostraram facilitadas, visto que a equipe possuía conhecimento prévio nestas linguagens. A linguagem Processing se mostrou similar a linguagens C++ ou Java, sendo simples seu entendimento durante o desenvolvimento.

Os relés de impulso mostraram-se um fator complicador quando do desenvolvimento de uma lógica para sinalização das saídas. Uma saída que se mantém em nível alto pode ser lida a qualquer instante para determinar seu estado atual, enquanto uma saída pulsada precisa ser lida em um instante de tempo curto e ter seus dados de status salvos a cada alteração.

Também se mostrou difícil o processo de montagem da interface de potência do circuito. Os datasheets dos componentes eletrônicos (optoacopladores e TRIACs) apresentam faixas de corrente aceitáveis para trabalho, porém constatou-se ao longo do desenvolvimento que nem todos os valores nesta faixa determinada são capazes de sensibilizar os componentes, sendo necessário um estudo caso a caso para chavear o circuito de potência.

7.2 COMPARATIVO COM OUTRAS INSTALAÇÕES

Baseando-se na pesquisa desenvolvida e nos dados levantados ao longo do desenvolvimento do protótipo foi possível avaliar parâmetros que diferem três tipos de instalação: convencionais, pré-automatizadas e com acionamento remoto via web.

Do ponto de vista da instalação física, o sistema desenvolvido neste trabalho se mostra mais complexo do que um sistema dotado apenas de relés de impulso, dado que os *push-buttons* de acionamento local devem ser conectados à central para que esta receba os sinais e os converta em comandos para a carga. Numa instalação dotada apenas de relés de impulso isto não é necessário, uma vez que os *push-buttons* instalados próximos da carga fecham o circuito diretamente em 127 V.

Entretanto, a solução dotada de uma central demonstra vantagens em relação às instalações elétricas convencionais, pois acaba com a instalação de retornos (que pode se tornar complexa e custosa quando envolve muitos acionamentos paralelos e/ou intermediários).

Analisando sob o aspecto do custo, uma central inteligente seria mais cara do que as outras soluções. Apenas a central custaria em média quase o mesmo preço gasto em uma instalação de iluminação convencional completa, devendo-se ser somado a este custo, ainda, os relés de impulso e o cabeamento. Mesmo assim, a centralização justifica o investimento em vista das vantagens já ditas, sendo esta também passível de futuros desenvolvimentos ou possível comercialização.

A maior vantagem do sistema dotado de uma central está na flexibilidade deste. Apesar das possíveis dificuldades de instalação em vista do custo e da complexidade, um sistema centralizado oferece uma enorme gama de possibilidades de expansão futura para um sistema automatizado mais complexo. É possível utilizar a estrutura já montada e operar a central em conjunto com sensores e temporizadores para criar um sistema de automação centralizado de baixo custo, mediante alterações relativamente simples. Em resumo, o modelo proposto mostrou-se viável para implantação em uma instalação residencial de pequeno porte.

7.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Ao longo do desenvolvimento do trabalho, muitos tópicos não puderam ser abordados ou não foram estudados com a profundidade desejada, abrindo, desta forma, um leque de possíveis estudos futuros para aperfeiçoamento da central desenvolvida.

O primeiro deles é o acionamento de outras cargas além da iluminação. Através da correta programação do Arduino é possível acionar tomadas, motores de passo para abertura de persianas, portões eletrônicos, dentre outros elementos de uma instalação elétrica. Tal incremento tornaria a central mais completa e ampliaria as vantagens da sua instalação.

Também seria possível implantar outros tipos de comando no Arduino, visando automatizar de fato uma instalação. O comando através de sensores de presença, relés e outros dispositivos representaria um salto do sistema da condição de pré-automatizado para automatizado.

Outra possibilidade seria a comparação entre soluções já adotados no mercado, e a solução proposta. Existe uma enorme gama de produtos hoje já desenvolvidos e com grande presença de mercado passíveis desta comparação, como, por exemplo, CLP's adaptados para uso em sistemas de automação predial.

Por fim, sugere-se para que em um próximo trabalho sejam adotados outros tipos de relés. Existem vários modelos no mercado capazes de executar diferentes funções, as quais podem incrementar uma instalação sem aumentar significativamente seu custo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 14565**: Cabeamento de telecomunicações para edifícios comerciais. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 17240**: Sistemas de detecção e alarme de incêndio – projeto, instalação, comissionamento e manutenção de sistemas de detecção e alarme de incêndio – Requisitos. Rio de Janeiro, 2010.

ARAUJO, Jair J.; PEREIRA, Carlos E. **Análise de protocolos de automação predial/residencial**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, 15, 2004. Disponível em: <<http://www.lti.pcs.usp.br/robotics/grva/publicacoes/outras/cba2004-cd-rom/cba2004/pdf/832.pdf>>. Acesso em 01 mai. 2012.

ARDUINO. Arduino Ethernet Shield. [S.l.], 2012. Disponível em: <<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield>>. Acesso em 20 set. 2012.

ATMEL. ATmega2560. San Jose, California, 2012. Disponível em: <<http://www.atmel.com/devices/atmega2560.aspx>>. Acesso em 20 set. 2012.

BEAGLEBOARD. BeagleBone. [S.l.], 2012. Disponível em: <[http://beagleboard.org/static/bonescript/bone101/#\(4\)](http://beagleboard.org/static/bonescript/bone101/#(4))>. Acesso em 09 de Março de 2013.

BOLZANI, Caio A. M. **Residências inteligentes**. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004. Disponível em: <<http://books.google.es/books?hl=pt-BR&lr=&id=tgTIPE10u68C&oi=fnd&pg=PA1&dq=pr%C3%A9+automa%C3%A7%C3%A3o+residencial&ots=vSxSnmjry7&sig=BD1vfxE4s-wnGC6RbvldqER6QNNQ#v=onepage&q=pr%C3%A9%20automa%C3%A7%C3%A3o%20residencial&f=false>>. Acesso em 21 mar. 2012.

BRAGA, Newton C. **Relés: circuitos e aplicações**. 1. ed. São Paulo: Editora Newton C. Braga, 2012. Disponível em: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/597-como-funcionamos-reles.pdf>>. Acesso em 20 out. 2012.

CASPROJETOS. Empresa CAS – Casas populares com materiais recicláveis. Praia Grande, set. 2007. Disponível em <<http://casprojetos.blogspot.com.br/2007/09/empresa-cas-consultoria-empresarial.html>>. Acesso em 23 mai. 2012.

DENNIS, Andrew K. **Raspberry Pi Home Automation with Arduino**. Birmingham: Packt Publishing Limited, 2013.

DIAS, César L. de A.; PIZZOLATO, Nélio D. Domótica – Aplicabilidade e sistemas de automação residencial. **Vértices**, Campos dos Goytacazes, v. 7, n. 3, abr. 2004. Disponível em: <<http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/98/86>>. Acesso em 01 mai. 2012.

ELMOONY. Schematic-Skema-Raspberry-Pi. [S.l.], 2012. Disponível em: <<http://elmoony.wordpress.com/2012/12/06/perbedaan-raspberry-pi/schematic-skema-raspberry-pi>>.

FERREIRA, Eduardo H. C. **Automação residencial utilizando protocolo CAN**. 2009. 54f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: <<http://www.eletrica.ufpr.br/ufpr2/tccs/28.pdf>>. Acesso em 28 mai. 2012.

FINDER COMPONENTES LTDA. **Aplicações: exemplos simples e práticos para aplicações em automação residencial e predial**. São Caetano do Sul, 2009. 54 p.

_____. **Esquemas de ligações de produtos para aplicações civil e terciária**. São Caetano do Sul, 2011. 130 p.

_____. **Pré-automação residencial**. São Caetano do Sul, 2011. 16 p.

FREITAS, Luciana. A um passo da automação. **Instalações Elétricas**. São Paulo, [20--]. Disponível em: <http://www.instalacoeseletricas.com/download/Pre_Automacao.pdf>. Acesso em 15 set. 2011.

GUERRA, Juarez. **Automação residencial: Conceitos e Cases**. São Caetano do Sul, 2006. Disponível em: <http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/32590/mod_resource/content/1/apre_aut_predial_cases.pdf>. Acesso em 23 out. 2012.

HEIDEMANN, Achimet *al.* Engineering of Building Automation Systems - State-of-the-Art, Deficits, Approaches. **IEEE Xplorer**. Bilbao, set. 2010.

INTERNATIONAL CONFERENCE ON SIGNAL PROCESSING, COMMUNICATION, COMPUTING AND NETWORKING TECHNOLOGIES, 2011. Thuckalay. Proceedings..., Kottayam. 2011. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=6024553&contentType=Conference+Publications&queryText%3DImplementation+and+Optimization+of+Embedded+Face+Detection+System>>. Acesso em 04 de Março de 2013.

LUIZARI, Larissa. Pré-automação: um diferencial de mercado. **Revista Lumière**, Jaguaré, n. 161, set. 2011. Disponível em <http://www.instalacoeseletricas.com/download/lumiere_161_pre_automacao.pdf>. Acesso em 01 jun. 2012.

MAIRINK, Fernando. Aplicação do Relé de Impulso. **O Setor Elétrico**, São Paulo, mar. 2007. Disponível em <http://www.instalacoeseletricas.com/download/passos_releimpulso.pdf>. Acesso em 25 set. 2011.

MURATORI, José R. Instalações Elétricas com novas abordagens. **O Setor Elétrico**, São Paulo, ago. 2008. Disponível em: <http://www.institutodofuturo.com.br/setor_eletrico_set08.htm>. Acesso em: 17 set. 2011.

_____; DAL BÓ, Paulo H. Automação Residencial. **O Setor Elétrico**, São Paulo, mar./jul. 2011.

NUNES, Renato J. C. Análise Comparativa de Tecnologias para Domótica. In: JORNADAS DE ENGENHARIA DE AUTOMAÇÃO, CONTROLE E INSTRUMENTAÇÃO, 3, 2002. Disponível em: <<http://domobus.net/docs/02-JEACI02.pdf>>. Acesso em 28 mai. 2012.

PALMA, Diana S. da C. **Domótica KNX/EIB de baixo custo**. 2008. 111 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Departamento de Engenharia Eletrotécnica e Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Cidade do Porto, Portugal, 2008.

PEREIRA, Luiz A. de M. **Automação Residencial: rumo a um futuro pleno de novas soluções**, Rio de Janeiro, [2007?]. Disponível em <<http://www.luizantoniopereira.com.br/downloads/publicacoes/AutomacaoResidenciaI-ISA2007.pdf>>. Acesso em 21 mar. 2012.

RIBEIRO, José P. L. **Edifícios inteligentes – Domótica e arquitetura bioclimática**. 2004. 80f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Fernando Pessoa, Cidade do Porto, Portugal, 2004. Disponível em: <<http://ufpbdigital.ufp.pt/dspace/bitstream/10284/10111/1/Monografia.pdf>>. Acesso em 30 abr. 2012.

SÁ, Carlos Alberto F. A. de. **Interface homem/máquina para domótica com tecnologias web**. 2009. 133 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Departamento de Engenharia Eletrotécnica e Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Cidade do Porto, Portugal, 2009.

SANTOS, Ricardo A. dos. **Domótica via dispositivos móveis**. 2010. 112f. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010. Disponível em: <<http://www.em.ufop.br/cecau/monografias/2010/Ricardo%20A.%20S.%20Santos.pdf>>. Acesso em 15 abr. 2012.

SENA, Diane C. S. **Automação residencial**. 2005. 109f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005. Disponível em: <http://www2.ele.ufes.br/~projgrad/documentos/PG2005_2/dianecristinasouzasena.pdf>. Acesso em 15 abr. 2012.

SILVA, Luís F. G. da. **Automação em ambientes residenciais**. 2008. 109 f. Dissertação de Mestrado do Curso de Engenharia Mecânica – Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 2008.

SMARTHOME. Smarthome, Home Automation Store. Irvine, California, Estados Unidos, 2012. Disponível em <http://www.smarthome.com/_/index.aspx>. Acesso em 22 set. 2012.

TEZA, V. R.; Alguns aspectos sobre a Automação Residencial - Domótica. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)- Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

VARGAS, Alessandra A. **Estudo sobre comunicação de dados via rede elétrica para aplicações de automação residencial/predial**. 2004. 65 f. Monografia (Graduação em Engenharia da Computação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<http://www.ece.ufrgs.br/~fetter/plc/TrabalhoConclusaoAlessandra.pdf>>. Acesso em 28 mai. 2012.

WACKS, Kenneth P. **International home automation standards**. Stoneham, Massachusetts, Estados Unidos, 1998. Disponível em: <http://hes-standards.org/sc25_wg1_overview.pdf>. Acesso em 22 jan. 2013.

APÊNDICES

APÊNDICE A – ARQUIVO EM PHP DA PÁGINA “login1.php”

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
<title>Entre com seu login</title>
</head>
<body>
<?
$sock = socket_create(AF_INET, SOCK_STREAM, SOL_TCP);
// Se conecta ao IP e Porta:
socket_connect($sock,"192.168.1.15", 80);
?>

<center>
<form name="tabela" method="post" action="funcoes.php">
<table border="0">
<tr>
<td>Login:
</td>
<td><input type="text" name="login" id="login" size="20" maxlength="20" value="log"/>
</td>
</tr><tr>
<td>Senha:
</td>
<td><input type="password" name="senha" id="senha" size="20" maxlength="20" value=""/>
</td>
</tr><tr>
<td>&nbsp;
</td>
<td>&nbsp;
</td>
</tr><tr>
```

```
<td>&nbsp;<br>
</td>
<td><input type="submit" value="Confirmar"/>
</td>
</tr>
</table>
</form>
</center>
</body>
</html>
```

APÊNDICE B – ARQUIVO EM HTML DA PÁGINA “login_errado.php”

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
<title>Errado!</title>
</head>
<body>
Login ou senha errados!<br><br>

<a href="login1.php">Retornar</a><br/>

</body>
</html>
```

APÊNDICE C – ARQUIVO EM PHP DA PÁGINA “conecta.php”

```
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
<?
$conecta = mysql_connect("localhost","root","")or die("cannot connect!!!");
$dados = mysql_select_db("db_arduino", $conecta);
?>
```

APÊNDICE D – ARQUIVO EM PHP DA PÁGINA “funções.php”

```
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
<?
include "conecta.php";

$meulogin=$_POST['login']; //recebe login e senha postados de login1.php
$minhasenha=$_POST['senha'];

$meulogin = stripslashes($meulogin); //checagem para evitar caracteres invalidos para mysql_query
$minhasenha = stripslashes($minhasenha);
$meulogin = mysql_real_escape_string($meulogin);
$minhasenha = mysql_real_escape_string($minhasenha);

//selecionar onde houver usuário e senha iguais
$sql="SELECT * FROM tb_usuarios WHERE login='$meulogin' and senha='$minhasenha'";
$result=mysql_query($sql);
//resultado só pode ter uma linha, conforme resultado do comando abaixo...
$count=mysql_num_rows($result);
//...se for 1
if($count==1) {
//vai para página PHP de comando do arduíno
header("location:PaginaPHP2.php");
}
else {
header("location:login_errado.php");
}
?>
```

APÊNDICE E – ARQUIVO EM PROCESSING DA PÁGINA DE CONFIGURAÇÃO DO ARDUINO “acionamento_web6c.ino”

```

//inclusão de bibliotecas
#include <SPI.h>
#include <Dns.h>
#include <Ethernet.h>
#include <EthernetClient.h>
#include <EthernetServer.h>
#include <EthernetUdp.h>
#include <util.h>
#include <EEPROM.h>

int j;
int lastButton[11] = {LOW,LOW,LOW,LOW,LOW,LOW,LOW,LOW,LOW,LOW,LOW}; //variável para gravar
último estado
int lendo[11] = {LOW,LOW,LOW,LOW,LOW,LOW,LOW,LOW,LOW,LOW,LOW}; //variável para gravar
estado atual
const byte sinal[11] = {46,44,42,40,38,36,34,32,30,28}; //array de bytes com as saídas de sinalização
const byte ent[11] = {2,3,5,6,7,8,9,11,12,13}; //array das entradas
const byte saida[11] = {29,31,33,35,37,39,41,43,45,47}; //array das saidas
//Configurações do Ethernet Shield
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
byte ip[] = { 192,168, 1 , 15 }; // ip que o arduino assumirá
byte gateway[] = { 192,168, 1, 1 }; // ip do roteador
byte subnet[] = { 255, 255, 255, 0 };
EthernetServer server(80); // Cria o servidor na porta 8080
char Disp[13] = "0000000000L#"; // String que representa o estado dos dispositivos
char msg[13] = "0000000000L#"; // String que armazena resultados lidos vindos do cliente
char Dispant[13] = "0000000000L#"; // string que armazena estado anterior dos dispositivos

/*****/
void setup() { //Setup das configurações iniciais do Arduino

for(j=0;j<10;j++) { //setar modos dos pins de através de um 'loop'
pinMode(ent[j],INPUT);
pinMode(saida[j],OUTPUT);
pinMode(sinal[j],OUTPUT);
lastButton[j] = EEPROM.read(j); //lê o último estado na EEPROM...
digitalWrite(sinal[j],lastButton[j]); //... e manda para os LED's ficarem de acordo com último estado

```

```

Ethernet.begin(mac, ip, gateway, subnet); // início da Ethernet no Ethernet Shield
server.begin();
}
} // fim de 'setup'
/*****/
void loop() { // loop: fica sempre em execução enquanto o Arduino estiver ligado

EthernetClient client = server.available();

    for(j=0;j<10;j++) { // leitura dos push-buttons locais e remotos
        lendo[j] = digitalRead(ent[j]); //fica lendo a entrada de índice 'i' do loop
        //se for alta durante este tempo...
        if (lendo[j] == HIGH) {
            digitalWrite(saida[j],HIGH); //...a saída correspondente fica alta, dando o pulso
            delay(200);
            digitalWrite(saida[j],LOW);
            lastButton[j] = !lastButton[j];
            digitalWrite(sinal[j],lastButton[j]); //...e a sinalização muda de estado também
            EEPROM.write(j,lastButton[j]); //...escreve na memória EEPROM, com delay necessário
            delay(6);
            if(lastButton[j] == '1' || lastButton[j] == HIGH) { //se o estado é alto...
                Disp[j] = '1'; //...armazena no array de estados que o dispositivo 'j' esta ligado
            } else {
                Disp[j] = '0'; //...caso contrário, o dispositivo 'j' esta desligado
            }
            while(digitalRead(ent[j]) == HIGH) { // não faz nada enquanto não desapertar o botão

                }
            }
        }

        /* se receber um caracter através de 'client.read()',
        guarda o caracter na string 'msg' */
        msg[1]=msg[2]; msg[2]=msg[3]; msg[3]=msg[4]; msg[4]=msg[5]; msg[5]=msg[6];
        msg[6]=msg[7]; msg[7]=msg[8]; msg[8]=msg[9]; msg[9]=msg[10]; msg[10]=msg[11];
        msg[11]=msg[12];
        msg[12] = client.read();

        if (msg[12]=='#') {
            switch(msg[11]) {

```



```

case 'R':
    // Se receber o comando 'R#' envia de volta o status dos
    // dispositivos. (Que é a string 'Disp')
    client.write(Disp);

break;

case 'L':
    // Caso L#, ele copia os 10 bytes anteriores p/ a
    // string 'Disp' e cada byte representa um
    // dispositivo, onde '1'=ON e '0'=OFF
    for(j=0;j<10;j++) {
        Disp[j]=msg[j+1]; }

    for(j=0;j<10;j++) {
        if (Disp[j]=='1' && Dispant[j] !='1') { /*caso o dispositivo anterior seja '0' e foi armazenado
        um valor de de dispositivo atual ligado ('Disp[j]=='1')...*/
            Dispant[j]='1'; //...o dispositivo anterior 'j' passa a ser 1...
            digitaWrite(saida[j],HIGH); //...a saída correspondente fica alta, dando o pulso
            delay(200);
            digitaWrite(saida[j],LOW);
            delay(200);
            lastButton[j] = !lastButton[j];
            digitaWrite(sinal[j],lastButton[j]); //...e a sinalização muda de estado também
            EEPROM.write(j,lastButton[j]); //...escreve na memória EEPROM, com delay necessário
            delay(6);
        }
        if (Disp[j]=='0' && Dispant[j] !='0') { /*caso o dispositivo anterior seja '1' e foi armazenado
        um valor de de dispositivo atual desligado ('Disp[j]=='0')...*/
            Dispant[j]='0'; //...o dispositivo anterior 'j' passa a ser 0...
            digitaWrite(saida[j],HIGH); //...a saída correspondente fica alta, dando o pulso
            delay(200);
            digitaWrite(saida[j],LOW);
            delay(200);
            lastButton[j] = !lastButton[j];
            digitaWrite(sinal[j],lastButton[j]); //...e a sinalização muda de estado também
            EEPROM.write(j,lastButton[j]); //...escreve na memória EEPROM, com delay necessário
            delay(6);
        }
    }
}

```

```
    }  
  
    break;  
  }  
}  
} // fim do 'loop'
```

APÊNDICE F – PROGRAMA DA PÁGINA EM PHP “PaginaPHP2.php”

```

<html>
<head></head>
<body>
<h1>Trabalho de Conclusão de Curso</h1>
<h2>Desenvolvimento e análise de um sistema de automação predial utilizando uma central de
controle via rede externa</h2>
<h3>Alunos: Henrique Costa - Régis Merino - Wellington Pereira</h3><br>
<?php
$sock = socket_create(AF_INET, SOCK_STREAM, SOL_TCP);
//Se conecta ao IP e Porta:
socket_connect($sock,"192.168.1.15", 80);
// Executa a ação correspondente ao botão apertado.

if(isset($_GET['bits'])){//se há entrada vinda da página web...
    $msg = $_GET['bits'];
    if(isset($_GET['Disp01'])) { if($msg[0]=='1') { $msg[0]='0'; } else { $msg[0]='1'; }}
    if(isset($_GET['Disp02'])) { if($msg[1]=='1') { $msg[1]='0'; } else { $msg[1]='1'; }}
    if(isset($_GET['Disp03'])) { if($msg[2]=='1') { $msg[2]='0'; } else { $msg[2]='1'; }}
    if(isset($_GET['Disp04'])) { if($msg[3]=='1') { $msg[3]='0'; } else { $msg[3]='1'; }}
    if(isset($_GET['Disp05'])) { if($msg[4]=='1') { $msg[4]='0'; } else { $msg[4]='1'; }}
    if(isset($_GET['Disp06'])) { if($msg[5]=='1') { $msg[5]='0'; } else { $msg[5]='1'; }}
    if(isset($_GET['Disp07'])) { if($msg[6]=='1') { $msg[6]='0'; } else { $msg[6]='1'; }}
    if(isset($_GET['Disp08'])) { if($msg[7]=='1') { $msg[7]='0'; } else { $msg[7]='1'; }}
    if(isset($_GET['Disp09'])) { if($msg[8]=='1') { $msg[8]='0'; } else { $msg[8]='1'; }}
    if(isset($_GET['Disp10'])) { if($msg[9]=='1') { $msg[9]='0'; } else { $msg[9]='1'; }}
    socket_write($sock,$msg,strlen($msg));
}
socket_write($sock,'R#',2); //Requisita o status do sistema.
// Espera e lê o status e define a cor dos botões de acordo.
$status = socket_read($sock,12);
if (($status[10]=='L')&&($status[11]=='#')) {
    if ($status[0]=='0') $cor1 = "lightcoral";
    else $cor1 = "lightgreen";
    if ($status[1]=='0') $cor2 = "lightcoral";
    else $cor2 = "lightgreen";
    if ($status[2]=='0') $cor3 = "lightcoral";
    else $cor3 = "lightgreen";
    if ($status[3]=='0') $cor4 = "lightcoral";
    else $cor4 = "lightgreen";
}

```

```

if ($status[4]==0) $cor5 = "lightcoral";
else $cor5 = "lightgreen";
if ($status[5]==0) $cor6 = "lightcoral";
else $cor6 = "lightgreen";
if ($status[6]==0) $cor7 = "lightcoral";
else $cor7 = "lightgreen";
if ($status[7]==0) $cor8 = "lightcoral";
else $cor8 = "lightgreen";
if ($status[8]==0) $cor9 = "lightcoral";
else $cor9 = "lightgreen";
if ($status[9]==0) $cor10 = "lightcoral";
else $cor10 = "lightgreen";

echo "<form method =\"get\" action=\"PaginaPHP2.php\">";
echo "<input type=\"hidden\" name=\"bits\" value=\"${status}\">";
echo "<button style=\"width:70; background-color: $cor1 ;font: bold 14px Arial\" type = \"Submit\"
Name = \"Disp01\">Disp01</button></br></br></br> ";
echo "<button style=\"width:70; background-color: $cor2 ;font: bold 14px Arial\" type = \"Submit\"
Name = \"Disp02\">Disp02</button></br></br></br>";
echo "<button style=\"width:70; background-color: $cor3 ;font: bold 14px Arial\" type = \"Submit\"
Name = \"Disp03\">Disp03</button></br></br></br>";
echo "<button style=\"width:70; background-color: $cor4 ;font: bold 14px Arial\" type = \"Submit\"
Name = \"Disp04\">Disp04</button></br></br></br>";
echo "<button style=\"width:70; background-color: $cor5 ;font: bold 14px Arial\" type = \"Submit\"
Name = \"Disp05\">Disp05</button></br></br></br>";
echo "<button style=\"width:70; background-color: $cor6 ;font: bold 14px Arial\" type = \"Submit\"
Name = \"Disp06\">Disp06</button></br></br></br>";
echo "<button style=\"width:70; background-color: $cor7 ;font: bold 14px Arial\" type = \"Submit\"
Name = \"Disp07\">Disp07</button></br></br></br>";
echo "<button style=\"width:70; background-color: $cor8 ;font: bold 14px Arial\" type = \"Submit\"
Name = \"Disp08\">Disp08</button></br></br></br>";
echo "<button style=\"width:70; background-color: $cor9 ;font: bold 14px Arial\" type = \"Submit\"
Name = \"Disp09\">Disp09</button></br></br></br>";
echo "<button style=\"width:70; background-color: $cor10 ;font: bold 14px Arial\" type = \"Submit\"
Name = \"Disp10\">Disp10</button></br></br></br>";
echo "</form>";
}
// Caso ele não receba o status corretamente, avisa erro.
else { echo "Falha ao receber status."; }
socket_close($sock);

```

```
?>  
</body>  
</html>
```