



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS  
DEPARTAMENTO DE ENSINO SUPERIOR



WANDERSON VERAS DA SILVA

**PROTÓTIPO DE UM ELEVADOR DE CARGA UTILIZANDO UM SISTEMA  
EMBARCADO DE BAIXO CUSTO**

**MANAUS - AM  
2017**

WANDERSON VERAS DA SILVA

**PROTÓTIPO DE UM ELEVADOR DE CARGA UTILIZANDO UM SISTEMA  
EMBARCADO DE BAIXO CUSTO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Processos Industriais do Campus Manaus Centro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. Eng<sup>o</sup>. Sidney Assis Chagas.

**MANAUS - AM  
2017**

Ficha Catalográfica  
Márcia Auzier  
CRB 11/597

S586p Silva, Wanderson Veras da.

Protótipo de um elevador de carga utilizando um sistema embarcado de baixo custo. / Wanderson Veras da Silva. – Manaus: IFAM, 2017.

40 f.: il.; 30 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro, 2017.

Orientador: Prof. Sidney Assis das Chagas.

1. Engenharia mecânica. I. Chagas, Sidney Assis das (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas III. Título.

CDD 621

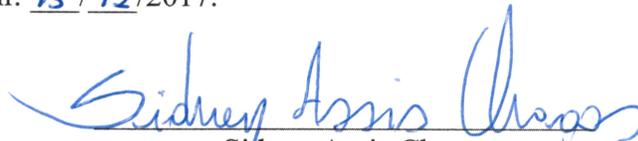
## TERMO DE APROVAÇÃO

### PROTÓTIPO DE UM ELEVADOR DE CARGA UTILIZANDO UM SISTEMA EMBARCADO DE BAIXO CUSTO

Wanderson Veras da Silva

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Processos Industriais do Campus Manaus Centro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovada em: 13 / 12 / 2017.



---

Sidney Assis Chagas  
IFAM - Campus Manaus Centro  
(Orientador)



---

José Francisco de Caldas Costa  
IFAM - Campus Manaus Centro  
(Membro)



---

Plácido Ferreira Lima  
IFAM - Campus Manaus Centro  
(Membro)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Jeová Deus por ter sempre me proporcionado a força necessária para continuar.

Ao professor Sidney Assis Chagas, por ter aceitado orientar este trabalho.

À minha mãe Ana Cleide Veras da Silva, meu pai José Nilo Natividade da Silva e minha querida filha Camila Fernanda da Silva Veras, pelo apoio que recebi durante esses mais de cinco anos de faculdade.

Ao Doutor em engenharia elétrica Salomão Moraes Junior, meu amigo, que contribuiu no desenvolvimento do projeto.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM por todo o ensino e aprendizado que recebi na graduação.

A todos os professores do curso, que foram essenciais para a formação de Engenheiro Mecânico.

Obrigado a todos vocês!

## RESUMO

Apresenta-se nesta monografia o desenvolvimento de construção de um protótipo de um elevador de carga. O tema se inscreve na área de elevadores/automação, considerando os avanços tecnológicos na parte de acionamentos, controle, sinalização e potência. O objetivo desse trabalho é a construção de um protótipo de elevador de carga para fins didáticos utilizando uma placa de circuito embarcado para executar a parte lógica de programação do movimento de subida e descida do elevador quando solicitado nos respectivos andares. Para a realização do trabalho, adotou-se uma metodologia de natureza pesquisa aplicada, segundo Cervo, Bervian e Silva (2007). Inicialmente fez-se uma discussão sobre Elevadores Elétricos tendo como subsídio as normas técnicas brasileiras e bibliografias. Blum Jeremy, 2016, explícita o método de programação de um arduino de forma bem básica até projetos mais complexo, Dal Monte, 2000, nos levou a pensar como nos primórdios da criação dos primeiros projetos de máquinas de elevação desenvolvidos pelos egípcios até os mais modernos já desenvolvidos pelos homens e a NBR 5666 nos orientou nas normas que rege os elevadores de passageiros no Brasil, todas essas obras, corroboraram na idealização e criação do protótipo. A proposta de modelagem de um elevador de carga, usando um sistema embarcado de baixo custo, foi realizada em sua totalidade mediante testes experimentais bem como possibilitou a facilidade da compreensão do funcionamento, manuseio e aplicação.

**PALAVRAS-CHAVES:** elevador. Protótipo. baixo custo. arduino.

## **ABSTRACT**

In this monograph the development of a prototype of a cargo elevator is presented. The theme is in the area of elevators / automation, considering the technological advances in the part of drives, control, signaling and power. The objective of this work is the construction of a prototype of load elevator for didactic purposes using an embedded circuit board to execute the logical part of programming of the movement of rise and decide of the elevator when requested in the respective floors. For the accomplishment of the work, a methodology of applied research nature was adopted, according to Cervo, Bervian and Silva (2007). Initially there was a discussion about Electric Elevators, having as subsidy Brazilian technical norms and bibliographies. Blum Jeremy, 2016, explicitly explains the method of programming an arduino in a very basic way to more complex projects, Dal Monte, 2000, led us to think as in the beginnings of the creation of the first designs of lifting machines developed by the Egyptians to the most modern already developed by men and NBR 5666 guided us in the norms that govern passenger lifts in Brazil, all these works, corroborated in the idealization and creation of the prototype. The proposal of modeling a load elevator, using a low cost embedded system, was carried out in its entirety through experimental tests as well as facilitated the understanding of the operation, handling and application.

**KEYWORDS:** elevator. Prototype. low cost. arduino.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	10
<b>1 EQUIPAMENTO DE ELEVAÇÃO</b>	12
1.1 História do elevador	12
1.2 Tipos de comando	16
1.2.1 Principais diferenças entre elevadores para passageiros e elevadores para cargas	19
1.3 Automação	20
1.4 Arduino	21
1.5 Motores de indução	25
<b>2 PRODUÇÃO DE UM PROTOTIPO DE ELEVADOR</b>	28
2.1 Materiais	28
2.2 Método	29
2.2.1 Instalação do red switch	32
2.2.2 Instalações das botoeiras e ligações elétricas de comutação	33
2.3 Projeto e execução de programação	34
<b>CONCLUSÃO</b>	38
<b>REFERÊNCIAS</b>	39
<b>APÊNDICE</b>	40

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Elevador movido a vapor é instalado na fabrica têxtil na cidade de Birmingham na Inglaterra	13
Figura 2 - Dispositivo de segurança patenteado por Elisha Graves Otis	14
Figura 3 - Elevador na feira industrial em Mannheim na Alemanha	14
Figura 4 - Primeiro elevador movido a motor elétrico	15
Figura 5 - Elevador e suas principais partes que o compõem	16
Figura 6 - Diagrama em Bloco	18
Figura 7 - CLP compacto da Schneider	20
Figura 8 - Quadro com placa micro controlável	21
Figura 9 - Arduino uno, e seus principais componentes	22
Figura 10 - Entradas / Saídas Digitais	22
Figura 11 - Ligações dos resistores no circuito para leitura de teclas	23
Figura 12 - Entradas Analógicas	25
Figura 13 - Motor CC e suas partes	26
Figura 14 - Princípio de funcionamento motor CC	27
Figura 15 - Estrutura do elevador	29
Figura 16 - Rodízio giratório para o deslocamento do protótipo	30
Figura 17 - Cabina e cabo de nylon	30
Figura 18 - Fixação do moto redutor	31
Figura 19 - Esquema elétrico ponte H	31
Figura 20 - Red Switch	32
Figura 21 - Botões e display indicadores de andar	32
Figura 22 - Fixação dos Red Switch	33
Figura 23 - Fluxograma	34
Figura 24 - Declaração de variáveis	35
Figura 25 - Execução do programa em loop	36

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Preços de alguns modelos de CLP	20
Quadro 2 - Preços de alguns modelos de Arduino	22
Quadro 3 - Materiais utilizados na produção do elevador	29

## INTRODUÇÃO

Em um mundo cada vez mais moderno, onde se procura cada vez mais rapidez e qualidade aos processos industriais, o transporte vem aparecendo como uma grande oportunidade para empresas que se destacam no mercado como grandes concorrentes. Apesar de se tratar de um equipamento com mais de dois séculos de existência, muito se tem feito nos avanços tecnológicos dos elevadores, seja na locomoção de pessoas, ou de transportes de cargas.

A área mecânica e automação apresentam um desenvolvimento considerável, nas novas tecnologias cada vez mais modernas e avançadas. Trata-se de uma área do conhecimento que procura oferecer ao homem, um conjunto de soluções para os seus problemas, geralmente ligados ao bem estar e a produtividade.

Os elevadores novos no mercado, já contam com a tecnologia da eletrônica e microeletrônica, tanto para o controle lógico do sistema do elevador como para o sistema de acionamento de potência, porém, ainda existem muitos equipamentos com sistemas antigos, controlados com lógica de relés e acionamentos com dispositivos eletromagnéticos os quais necessitam sofrer modernização em seu sistema, seja para adequar à modernidade ou uma questão de sustentabilidade.

Este trabalho propõe apresentar um projeto de um protótipo de elevador de carga utilizando uma placa de sistema embarcado de baixo custo. O trabalho consiste no projeto e na execução do protótipo, formado basicamente por uma estrutura de madeira, metal e acrílico, que simula um elevador de carga. A forma de acionamento do elevador para os andares correspondentes foi desenvolvida com o auxílio de botões por andar, quando acionados possibilitam o deslocamento da cabina do elevador para o andar desejado.

A compreensão de funcionamento do sistema de elevador e a integração das disciplinas ministradas no curso que envolve automação industrial e máquinas de elevação e transporte com o protótipo pode ser uma ferramenta valiosa para os alunos, pois será possível desenvolver os trabalhos acadêmicos de várias formas conforme a compreensão de cada aluno utilizando um mesmo princípio, ou melhor, um mesmo protótipo totalmente configurável.

É dito configurável por que cada uma das partes do sistema de elevador poderá ser projetada ou parametrizada de diferentes maneiras seguindo apenas as condições básicas que contemplam este trabalho.

O arduino é um exemplo dessas novas tecnologias modernas configurável, vem sendo muito utilizado na área de automação, muitas das vezes substituindo o Controlador Lógico Programável (CLP), pelo seu baixo custo no projeto e por ser muito mais funcional na sua logica de programação, podendo se comunicar com outras novas tecnologias tipo wireless, bluettoth, aplicativos de celulares, chips, e dentre outras mais.

O protótipo do elevador contribuirá com as atividades acadêmicas de laboratório sendo utilizado na área de automação, elétrica, maquinas de elevação e transportes entre outras áreas.

Este estudo teve como objetivo realizar a construção de um protótipo de elevador de carga didático utilizando uma placa de circuito embarcado para executar a parte logica de programação do movimento de subida e decida do elevador quando solicitado nos respectivos andares. Para isso, identificamos os conceitos aplicados no sistema de elevador. Elaboramos um projeto de desenvolvimento do elevador didático, tanto a elétrica como mecânica do mesmo; e, por fim, analisamos o acionamento do equipamento e suas implicações para o ensino de máquinas de elevação e transporte.

## CAPÍTULO 1

### EQUIPAMENTOS DE ELEVAÇÃO

#### 1.1 História do Elevador

Segundo Paulo Juarez Dal Monte. (2000), os primeiros registros de deslocamentos verticais ascendentes remontam ao início de (2788 a.C) no Egito. Nesta época, o faraó Zoser determinou em Dah-chur a construção da primeira pirâmide de pedra conhecida, revestida de grés de Tura.

Em 2700 a.C., primitivos aparelhos já eram utilizados pelos sumérios na Mesopotâmia para a construção de ziggourats (torres gigantescas de andares) e templos.

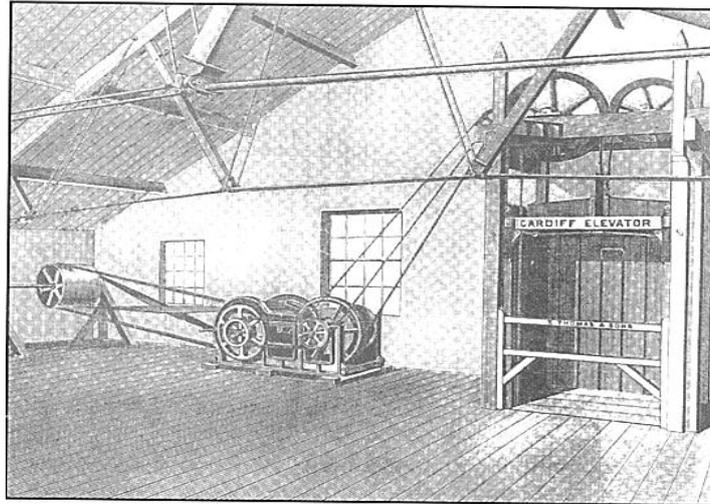
Na Roma antiga, o uso de elevadores era relativamente comum. Os imperadores em geral não dispensavam mordomia, especialmente Nero que no ano de 64 instalou um requintado elevador no palácio imperial.

O elevador tinha a cabina confeccionado em madeira de sândalo de odor. A suspensão da cabina era feita por um cabo e havia quatro guias de madeira de lei para garantir um movimento adequado. Sendo de 40m o percurso, pensou-se também em segurança contra queda. Sob a cabina foi fixada uma almofada de couro com a espessura de 1 metro. O fundo do poço tinha uma construção cuneiforme.

Na hipótese de ruptura ou soltura do cabo, gerado por acidentes ou atentado, ocorria um efeito de frenagem que permitiria a sobrevivência dos passageiros sem grandes consequências além do susto. A tração da cabina era manual, executada por escravos. O comando consistia num código por campainha. Para orientação de posição foram feitas marcas coloridas no cabo de tração de modo que a cabina parasse num determinado andar.

No início do século XIX, tendo o vapor como fonte de energia, é instalado um elevador (FIGURA 1) numa fábrica têxtil na cidade de Birmingham na Inglaterra.

Figura 1 – Elevador movido a vapor é instalado na fabrica têxtil na cidade de Birmingham na Inglaterra



Fonte: Paulo Juarez Dal Monte (2000).

Em 1830, é construído o primeiro elevador com acionamento mecânico em Derby na Inglaterra.

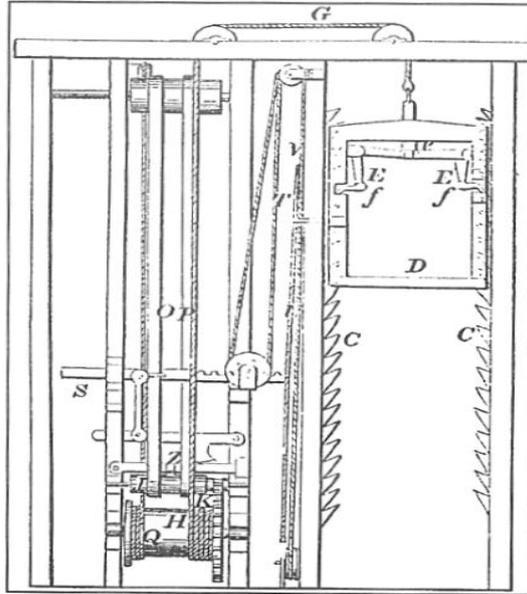
Em 1845, Sir William Thompson (1824-1907), físico inglês, desenvolveu o primeiro elevador hidráulico.

Em 1850, elevadores de carga movidos a vapor são introduzidos nos Estados Unidos. Neste mesmo ano é criado um sistema de coroa e sem fim para movimentar o tambor que enrolava a corda de tração.

O problema dos elevadores construídos até 1852 era que, na hipótese de ruptura das cordas que tracionavam as plataformas, a queda era geralmente fatal para os usuários.

Em 1853, Elisha Graves Otis cria e patenteia um dispositivo de segurança (Figura 2) que evitava a queda de plataformas. Nascia o elevador de segurança.

Figura 2 – Dispositivo de segurança patenteado por Elisha Graves Otis



Fonte: Dal Monte (2000).

Este dispositivo de segurança foi o precursor do atual freio de segurança que é acionado pelo limitador de velocidade sempre que a cabina exceder a velocidade nominal num pré-estabelecido percentual. (ELEVADORES E ESCADAS ROLANTES, 2000).

Ainda Paulo Juarez Dal Monte. (2000), em 1880 na feira de indústria na Alemanha, foi apresentado o primeiro elevador movido a motor elétrico, construído por Werner Von Siemens (Figura 3 e 4).

Figura 3 – Elevador na feira industrial em Mannheim na Alemanha



Fonte: Dal Monte (2000).

Figura 4 – Primeiro elevador movido a motor elétrico



Fonte: Dal Monte (2000).

A norma NBR 5666/1977, define elevador como sendo “Aparelho estacionário provido de cabina que se move aproximadamente na vertical entre guias, servindo a níveis distintos e destinados ao transporte de pessoas e carga”.

Segundo a Associação de Elevadores do Mercosul (2000), elevador pode ser definido como: Equipamento de levantamento permanente que serve níveis de pavimento definidos, compreendendo um carro, cujas dimensões e meios de construção claramente permitem o acesso de pessoas, viajando, pelo menos parcialmente, entre guias verticais rígidas ou guias cuja inclinação com a vertical é inferior a 15°.

Surgimento das primeiras empresas fabricantes de elevadores

Empresa: (ano de fundação / país de origem)

- Otis: 1853 / Estados Unidos
- Schindler: 1874 / Suíça
- Kone: 1910 / Finlândia
- Atlas (Villares): 1918 / Brasil (SP) – adquirida pela Schindler em 24/05/1999
- Sôr: 1945 / Brasil (RS) – adquirida pela Thyssen (Alemanha) em 10/09/1999

Segundo Paulo Juarez Dal Monte. (2000). A Otis pertence desde 1975 ao grupo United Technologies Corporation e a Schindler permanece uma empresa familiar. A palavra Kone significa máquina em finlandês. A conservadora de elevadores PIRIE-VILLARES criada em 1918 gerou o Grupo Villares, sendo que na Divisão de elevadores o nome Atlas foi escolhido

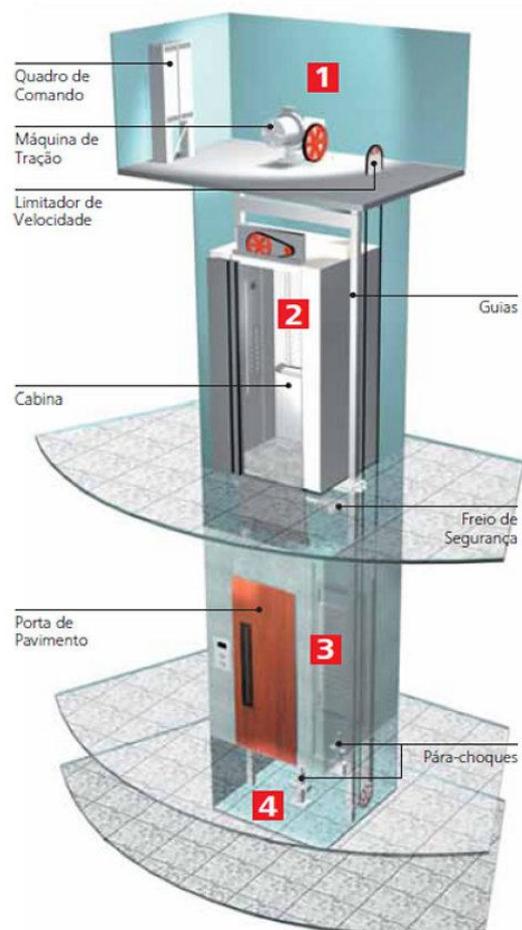
para transmitir a imagem de um equipamento forte. No final da Segunda Guerra Mundial, os produtos com nomes estrangeiros tinham boa aceitação no mercado, por isso a palavra Sûr (em francês significa segurança, certeza) foi escolhida. Em 1973 a Sûr associou-se ao grupo japonês FUJITEC, houve uma transferência de tecnologia e foi adquirida pela Thyssen em 1999. Em 28/12/1995 Elevadores Atlas S.A. é criada e passa a operar como empresa controlada da Villares. Foi adquirida pela Schindler em 1999.

(A) Os componentes de um elevador estão relacionados à figura 5.

Figura 5 – Elevador e suas principais partes que o compõem

Componentes:

- 1- Armário comando/seletor
- 2- Conjunto motor/gerador
- 3- Máquina de tração
- 4- Limitador de velocidade
- 5- Polia de desvio
- 6- Limites
- 7- Cabos de tração
- 8- Corrediças flexíveis
- 9- Operador de porta
- 10- Sinalização (ILH-LG)
- 11- Trinco (TC)
- 12- Porta de cabina
- 13- Garfo
- 14- Porta de pavimento
- 15- Cabina
- 16- Longarinas (armação)
- 17- Dip. Mecânico de segurança
- 18- Contrapeso
- 19- Intermediários do contrapeso
- 20- Cabos de compensação
- 21- Para-choque a óleo
- 22- Polia de compensação
- 23- Polia esticadora do limitador de velocidade



Fonte: <http://condoemfoco.com.br/2016/06/01/manutencao-de-elevadores-em-condomínios/>.

## 1.2 Tipos de comando

Em função do sistema de acionamento do elevador, temos vários tipos de comando. O mais conhecido dos usuários é o COMANDO AUTOMÁTICO. Neste sistema, o comando é feito por botões colocados nos carros ou nos pavimentos, de modo que acionado um botão, se processa a partida do carro e a parada automática no pavimento correspondente. (Dal Monte, 2000 página 85).

Segundo Dal Monte, (2000) descreve três tipos de comando automáticos:

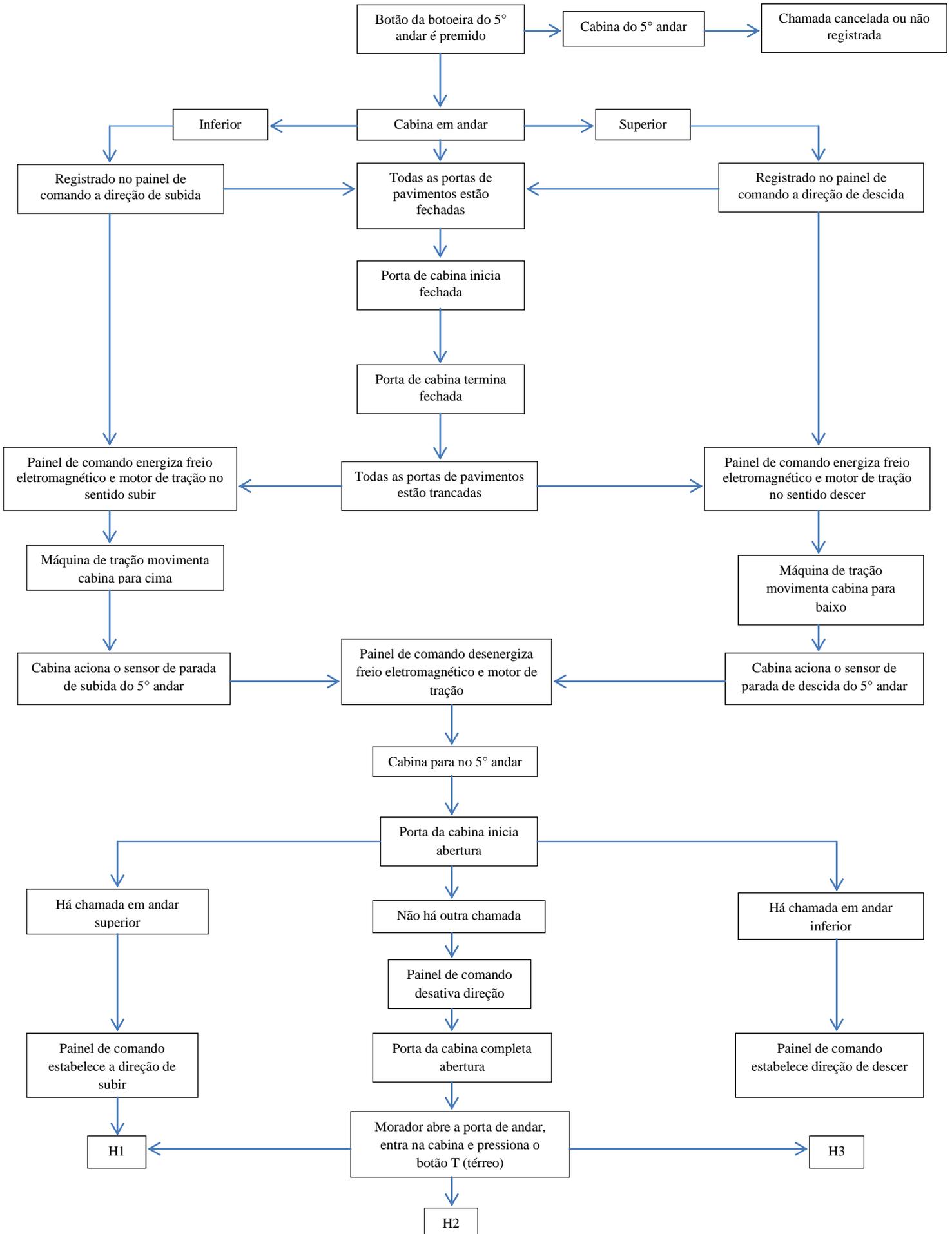
- Comando Automático Coletivo (C.A.C): é o comando no qual existe um botão para cada pavimento, instalados nos pavimentos e/ou na cabina de modo que todas as chamadas fiquem registradas até que o carro efetue a parada, na ordem em que os pavimentos forem atingidos. O sentido inicial do carro prossegue até atingir a chamada extrema registrada.
- Comando Automático Seletivo (C.A.S): é o comando na qual existem botões “subir” e “descer” nos andares intermediários e um botão nos pavimentos extremos. Neste sistema são atendidas primeiramente todas as chamadas em um dos sentidos para depois serem atendidas as do sentido oposto. É normalmente utilizado em elevadores de prédios comerciais, aeroportos, hospitais, hotéis, órgãos públicos e shopping-centers.
- Comando Automático Coletivo Seletivo na Descida (C.A.C.S.D.): é o comando no qual as chamadas da cabina são atendidas até que o carro alcance o pavimento externo superior para o qual foi feita a chamada. As chamadas externas serão atendidas na descida depois de atendida a chamada superior. É normalmente utilizado nos edifícios residenciais.

Sequência primária do funcionamento de um elevador

Seja um elevador de velocidade única, comando automático coletivo seletivo na descida, portas de pavimento tipo eixo vertical, porta de cabina tipo corrediça horizontal e com circuitos de segurança sem irregularidades.

Descreveremos as operações sequencialmente, através de diagramas em blocos, quando um morador do 5° andar sai do apartamento para o trabalho e considerando a hipótese de novas chamadas quando a cabina chegar ao 5° andar e a porta da cabina se abre. Seguindo as hipóteses  $h_1$ , onde a cabina atenderá a chamada no andar superior e após irá ao térreo,  $h_2$  sendo que a cabina irá direto ao térreo e  $h_3$  onde a cabina descera atendendo a chamada do andar inferior e após, irá ao térreo.

Figura 6 – Diagrama em Bloco



Fonte: Dal Monte (2000).

Pela legislação, elevadores de carga não devem transportar passageiros, apesar de disporem de recursos de segurança para o transporte de pessoas. São utilizados para transportes de cargas ou materiais, como alimentos, remédios, roupas utensílios e objetos.

### 1.2.1 Principais diferenças entre elevadores para passageiros e elevadores para cargas

A fabricação e uso de elevadores de passageiros e elevadores de carga seguem normas distintas. Aqui vamos tratar das principais diferenças, que interferem na decisão do modelo de elevador.

Os elevadores de carga não são homologados para transporte de passageiros e não devem ser instalados em locais com acesso ao público. Obrigatoriamente deve ficar isolados em áreas de produção e/ou, com acesso exclusivo de pessoal treinado.

No elevador para passageiros é obrigatório o uso de portas automáticas deslizantes na horizontal, tanto na cabine, quanto nos pavimentos. São as portas que já estamos acostumados, onde as folhas deslizam para o lado.

Os elevadores de carga não são homologados para o transporte de passageiros, mas possuem todos os dispositivos de segurança para o transporte de pessoas. Pelas normas são permitidos no elevador um ascensorista e quantas pessoas forem necessárias para acompanhar a carga que está sendo transportada, desde que o total, carga + pessoas, não ultrapasse a capacidade de carga do elevador.

Nos elevadores para passageiros, o número de pessoas e a capacidade de carga são definidos por uma tabela, que tem como referência a área do piso do elevador. Um elevador de 1,10 x 1,40 m tem 1,54 m<sup>2</sup> de área e obrigatoriamente deve ser homologado para 8 pessoas e 600 Kg. Neste exemplo, a capacidade de carga exigida no elevador de passageiros seria de aproximadamente 390 Kg/m<sup>2</sup>.

Os elevadores para cargas não precisam seguir esta tabela. Eles são divididos em três classes. Cada classe deve atender a uma carga mínima.

Os elevadores de carga se apresentam nas seguintes classes:

- Classe A - Carga comum, para esse tipo de carregamento a carga nominal mínima deve ser calculada com base de 250 Kg/m<sup>2</sup> da área útil da cabina.

- Classe B - Carga automotiva, em que o elevador é usado para transporte de veículos utilitários, até a carga nominal do elevador. Para esse tipo de carregamento, a carga nominal deve ser calculada com a base de 150 Kg/m<sup>2</sup> da área útil da cabina.
- Classe C - Quando o carregamento é feito por empilhadeira motorizada, transportada ou não pelo elevador, e outros carregamentos com grandes concentrações de carga, na qual a empilhadeira motorizada não é utilizada. Durante o carregamento, a carga na plataforma não deve exceder 150 % da carga nominal e em nenhum caso o peso da empilhadeira motorizada deve exceder 50% da carga nominal do elevador. Para esse tipo de carregamento a carga nominal deve ser calculada a base de 250 Kg/m<sup>2</sup> da área útil da cabina. Durante a viagem, o peso da empilhadeira motorizada somada a carga não podem exceder a carga nominal do elevador.

### 1.3 Automação

A automação teve início nas linhas de montagem na década de 1920. A partir dessa época os avanços nesta área cresceram o que proporcionou um aumento na qualidade e quantidade de produção e redução de mão de obra e custo.

Segundo Silveira (2010), o avanço da automação está ligado à microeletrônica, à pneumática e à hidráulica, onde surgiram os arduino e controladores lógicos programáveis, que substituíram dispositivos mecânicos e contadores diminuindo o consumo de energia, facilitando sua manutenção e instalação nos painéis de comando.

A automação ocorre quando, um conceito e um conjunto de técnicas são unidas e constroem sistemas ativos capazes de atuar com eficiência ótima em determinados processos. Nestes processos, as informações provenientes do próprio sistema servem como parâmetros para efetuar o controle.

A automação com CLP, na indústria é bem comum devido a sua praticidade, porém ainda continua sendo um equipamento de alto custo, conforme o quadro abaixo nos mostra.

Quadro 1 – Preços de alguns modelos de CLP

Controlador lógico programável	PREÇO
CLP Weg	810,00
CLP Siemens	507,00
CLP Schneider	2.990,00
CLP Tholz	910,00

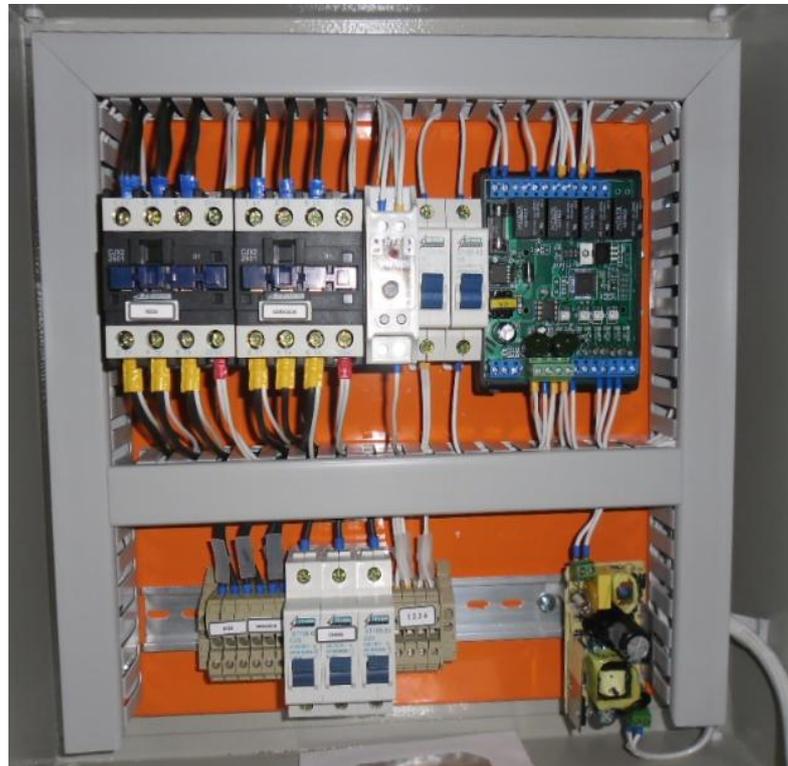
Fonte: autor, 2017

Figura 7 – CLP compacto da Schneider



Fonte: <http://www.altomac.com.br/?pg=produtosItemForm&id=4>

Figura 8 – Quadro com placa micro controlável



Fonte: [https://fotos.habitissimo.com.br/foto/quadro-de-comando\\_36101](https://fotos.habitissimo.com.br/foto/quadro-de-comando_36101)

#### 1.4. Arduino

O Arduino é uma plataforma microcontroladora de desenvolvimento associada com uma linguagem de programação intuitiva que você desenvolve utilizando o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE). Ao equipar o Arduino com sensores, atuadores, luzes, alto-falantes, módulos adicionais (chamados de Shields), e outros circuitos integrados, você pode transformar o Arduino em um “cérebro” programável para praticamente qualquer sistema de controle (Blum Jeremy, 2016, pagina. 24).

É impossível cobrir tudo de que o Arduino é capaz, porque as possibilidades são limitadas apenas por sua imaginação, além de ser um dispositivo de baixo custo conforme o quadro abaixo.

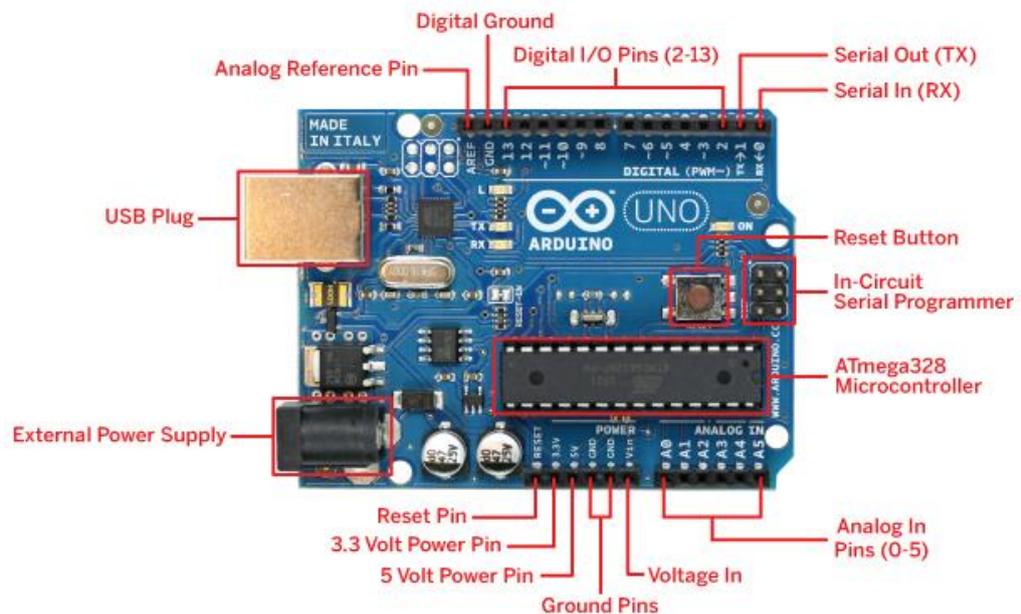
Quadro 2 – Preços de alguns modelos de Arduino

Arduino	Preço
Arduino Mega	127,00
Arduino Uno	32,00
Arduino Tian	509,00

Fonte: autor, 2017

Como o Arduino é um hardware open source, todos os arquivos de projetos, diagramas esquemáticos, e códigos-fontes estão disponíveis gratuitamente para todos. Isso não só significa que você pode facilmente hackear o Arduino para servir a uma função muito particular, mas também que pode até mesmo integrar a plataforma arduino em seus projetos, fazer e vender clones Arduino, e usar as bibliotecas de software do arduino em outros projetos (Blum Jeremy, 2016, pagina. 25).

Figura 9 – Arduino uno, e seus principais componentes



Fonte: <http://www.bosontreinamentos.com.br/electronica/arduino/arduino-pinagem-e-anatomia-de-um-sketch-projeto/>

### (A) Entradas e saídas digitais do arduino

A placa Arduino UNO possui 14 pinos que podem ser configurados como entrada ou saídas digitais conforme a necessidade de seu projeto. Estes pinos são numerados de 0 a 13, conforme destacado na figura a seguir:

Figura 10 – Entradas / Saídas Digitais

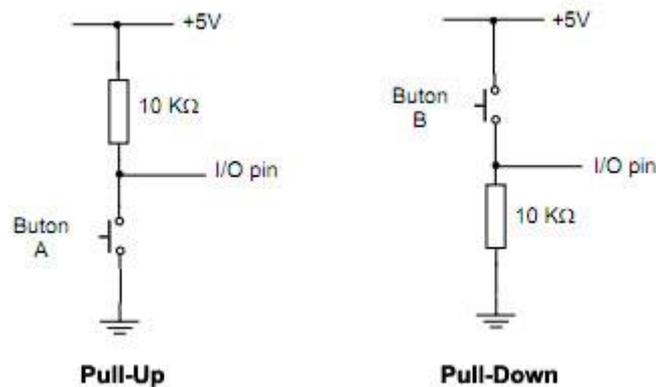


Fonte: <https://www.embarcados.com.br/arduino-entradasaidas-digitais/>

Antes de utilizar cada um desses pinos em sua aplicação, você deve configurá-lo como entrada ou saída digital, conforme a necessidade. Por exemplo, para acionar um LED você deve configurar o pino como saída e para ler uma tecla você deve configurar o pino como entrada.

Por padrão os pinos no Arduino estão configurados como entradas digitais, porém, para ficar mais explícito na programação, deve-se configurar o pino como entrada. Dessa forma o pino é colocado em um estado de alta impedância, equivalente a um resistor de 100 Meg ohms em série com o circuito a ser monitorado, de forma que o pino absorve uma corrente muito baixa do circuito que está monitorando. Devido a essa característica de alta impedância, quando um pino colocado com entrada digital encontrasse flutuando (sem ligação definida), o nível de tensão presente nesse pino fica variando não podendo ser determinado um valor estável devido a ruído elétrico e até mesmo capacitância de entrada do pino. Para resolver esse problema é necessário colocar um resistor de pull-up (ligado a +5V) ou um resistor de pull-down (ligado a GND) conforme a necessidade. Esses resistores garantem nível lógico estável quando por exemplo uma tecla não está pressionada. Geralmente utiliza-se um resistor de 10K para esse propósito. A seguir é exibida a ligação desses resistores no circuito para leitura de tecla:

Figura 11 – Ligações dos resistores no circuito para leitura de teclas



Fonte: <https://www.embarcados.com.br/arduino-entradasaidas-digitais/>

O microcontrolador ATmega 328, da placa Arduino UNO, possui resistores de pull-up internos ( 20K ohms) que facilitam a ligação de teclas, sensores sem a necessidade de conectar externamente um resistor de pull-up. A habilitação desses resistores é feita de maneira simples via software.

Quando um pino é configurado com saída, ele se encontra em estado de baixa impedância. Dessa forma, o pino pode fornecer ou drenar corrente para um circuito externo. A corrente máxima que um pino pode fornecer ou drenar é de 40 mA, porém a soma das correntes não pode ultrapassar 200 mA. Deve-se ficar atento a correntes maiores que este limite e a curto-circuito que podem danificar o transistor de saída danificando o pino e até mesmo queimar o microcontrolador. Essa é uma característica perigosa para a placa Arduino e seria interessante se tivessem resistores ou algum tipo de proteção em todos os pinos utilizados como saída para limitar a corrente em uma situação anormal.

## (B) Entradas Analógicas

As entradas digitais só podem assumir dois estados, HIGH e LOW, ou seja, 0 V ou 5 V. Dessa forma só é possível ler apenas dois estados. Por exemplo, verificar se uma porta está aberta ou fechada, identificar se um botão está pressionado ou solto, etc. Com as entradas digitais você aplica em lógica discreta para controle de seus projetos, porém em muitas situações a variação das grandezas envolvidas acontece de forma analógica. Ou seja, variam continuamente em relação ao tempo e podem assumir infinitos valores dentro de uma faixa. Como exemplo a temperatura, pressão e umidade são grandezas que variam dessa forma.

O microcontrolador da Arduino trabalha internamente com dados digitais, portanto é necessário traduzir um sinal analógico para um valor digital. A técnica utilizada para leitura de um sinal analógico pelo Arduino é a conversão analógica digital. Essa técnica consiste em converter o sinal analógico para um valor digital, dessa forma se pode quantificar o sinal presente no pino. Esse processo é feito pelo conversor Analógico digital, ADC ou conversor A/D.

Um conversor A/D quantifica o valor analógico conforme a quantidade de bits da sua resolução. A resolução de um conversor A/D é dada pela seguinte equação:

$$\text{Resolução} = V_{\text{ref}}/2^n$$

Onde:

- Vref: tensão de referência do conversor A/D;
- n: número de bits do conversor.

O conversor A/D do microcontrolador ATmega328 possui 10 bits de resolução, a sua tensão de entrada pode variar de 0 V até o valor de VCC e possui referência interna selecionável de 1,1 V.

Dessa forma quando está trabalhando com a referência em VCC o menor valor que pode ser lido será:

$$\text{Resolução} = 5\text{v}/1024 = 4,88 \text{ mV}$$

Esse é o valor de degrau para uma conversão em 10 bits com referência em 5 V.

Caso trabalhe com a referência interna de 1,1V a resolução será:

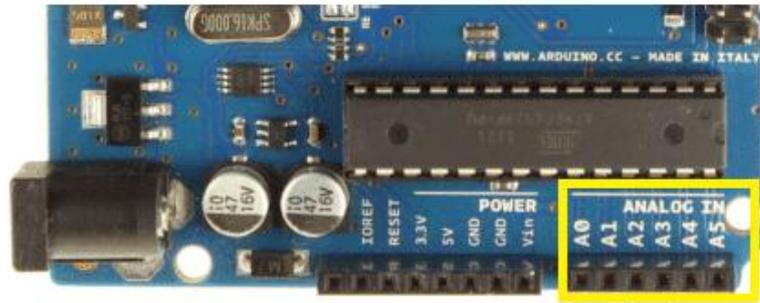
$$\text{Resolução} = 1,1/1024 = 1,7 \text{ mV}$$

Nota-se que o passo é bem menor para esse valor de referência.

Se a referência externa for selecionada, a resolução dependerá do valor de tensão aplicada ao pino AREF.

A placa Arduino UNO possui 6 canais de conversor analógico digital. Essas entradas são nomeadas de A0 a A5 e são exibidas na figura a seguir:

Figura 12 – Entradas Analógicas



Fonte: <https://www.embarcados.com.br/arduino-entradasaidas-digitais/>

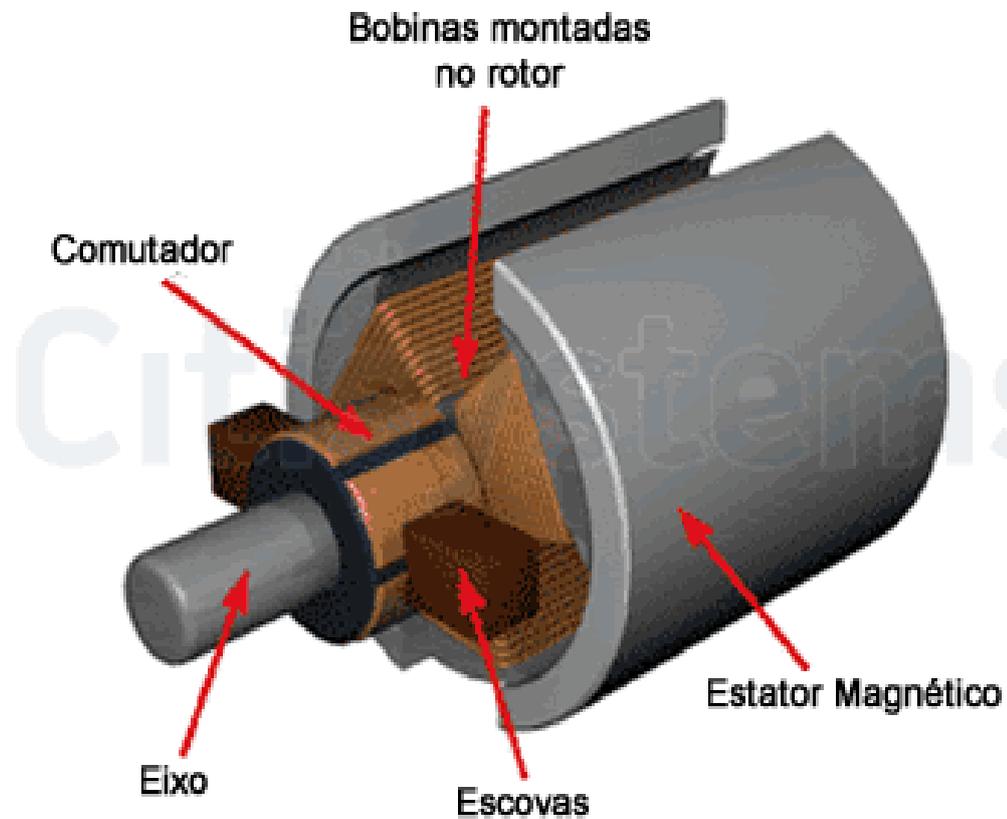
### 1.5. Motores de indução

O motor elétrico é definido por Franchi, C. M. (1977), como um dispositivo responsável por transformar energia elétrica em energia mecânica, mais especificamente, em energia cinética. A presença de corrente elétrica em um motor, contínua ou alternada, garante movimento em um eixo, que é aproveitado de diversas formas, dependendo da aplicação do motor.

Um motor cc é um motor elétrico que é alimentado por corrente contínua, sendo que esta alimentação pode ser proveniente de uma bateria ou qualquer outra de alimentação CC. A sua velocidade pode ser controlada apenas variando a sua tensão, diferentemente de um motor elétrico de corrente alternada cuja a velocidade é variada pela frequência.

Como explicado, os motores elétricos CA necessitam de uma mudança na frequência caso houver a necessidade de variar sua velocidade, envolvendo assim um controle de velocidade mais complexo e dispendioso, Por outro lado, como o motor cc ao variar a velocidade precisa apenas de mudança no nível de tensão, ele torna-se mais adequado para equipamentos que se alimentam de 12 Vcc como os automóveis, ou aplicações industriais que exigem um controle fino de velocidade

Figura 13 – Motor CC e suas partes.

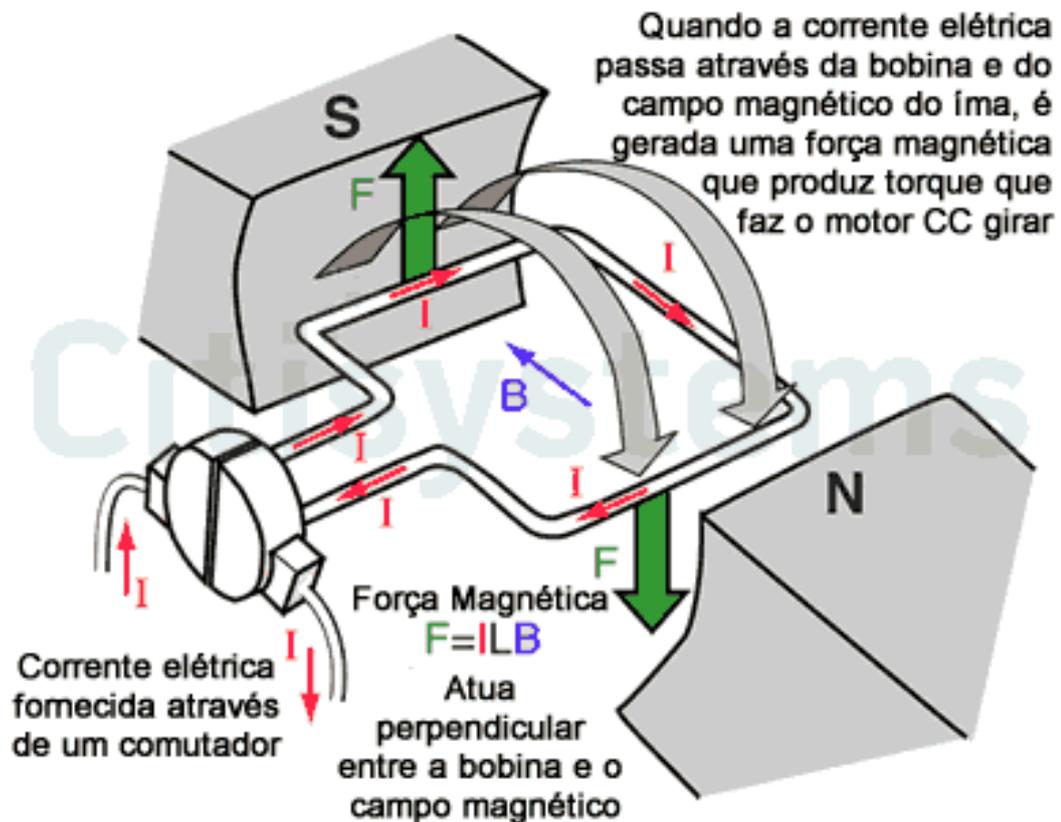


Fonte: <https://www.citisystems.com.br/motor-cc/>

Um motor CC é composto por um eixo acoplado ao rotor que é a parte girante do motor. Na figura 13, o estator é composto por um ímã e o comutador tem a função de transferir a energia da fonte de alimentação ao rotor. Ainda na figura 13 é também possível observar as partes que compõem um motor CC.

Na figura 14, o estator é constituído pelos ímãs (norte e sul) e o rotor é representado por uma bobina que é alimentada pelo comutador em que circula uma corrente  $I$ .

Figura 14 – Princípio de funcionamento motor CC



Fonte: <https://www.citissystems.com.br/motor-cc/>

O princípio básico de funcionamento do motor CC é o seguinte: “Sempre que um condutor conduzindo uma corrente elétrica (em vermelho) é colocada em um campo magnético (em azul), este condutor experimenta uma força mecânica (em verde)” gerando o torque e o giro do eixo do motor.

## CAPÍTULO 2

### PRODUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE ELEVADOR

#### 2.1 Materiais

Para a construção e montagem do protótipo foram utilizados os materiais demonstrados na Quadro 1.

Quadro 3 - Materiais utilizados na produção do elevador

Quantidade	Descrição	Dimensões
1	<b>Compensado</b>	2,44 X 1,22 m
1	Cantoneira	¾" x 2,65 mm
27	Parafusos com rosca soberba	1"
1	Barra chata	½" x2,50
1	Fio elétrico	1,5 mm
3	Tampa cega	4 x2 mm
3	<b>Botões de acionamento</b>	
3	Reed switch	
1	Fonte	12v
1	Fonte	5v
1	Arduindo Uno	Adimensional
1	Placa shield	Adimensional
1	Motor cc	24v
1	Carretel	Adimensional
1	Ponte H	
1	Transistor	
7	Resistores	
2	Rolamento	
2	Rodas dentadas	
4	Rodízios	11 x 2 x 15 mm
3	Display 7 segmento	

Fonte: autor, 2017

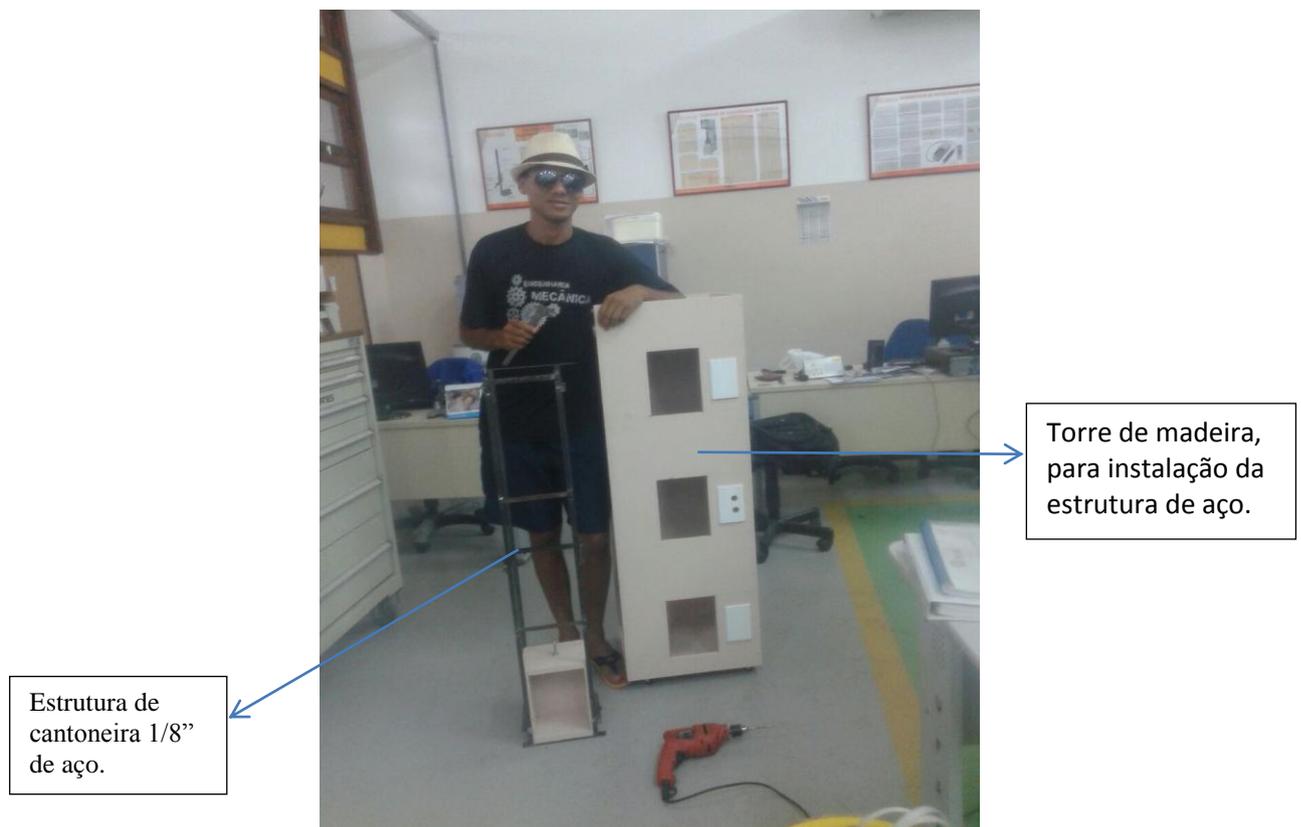
## 2.2 Confeção do protótipo do elevador

Nesta seção será descrito ou relatado o passo a passo dos métodos de trabalhos, utilizados na confecção do protótipo do elevador.

### I. Projeto e execução mecânica

O protótipo do elevador de carga é um modelo em escala reduzida de um elevador de carga industrial. O elevador possui três andares, conforme ilustrado na figura 15. Possui estrutura com dimensões de 1,09m de altura por 0.16m de largura e 0.19m de comprimento. “Suas laterais foram feitas com cantoneira de 1/8””, para a fixação das cantoneiras foi utilizado o processo de soldagem elétrica por eletrodo revestido.

Figura 15 – Estrutura do elevador



Fonte: Autor, 2017

Para que o protótipo tivesse melhor deslocamento dentro do laboratório, foram colocados quatro rodízios giratórios conforme ilustrado na figura 16.

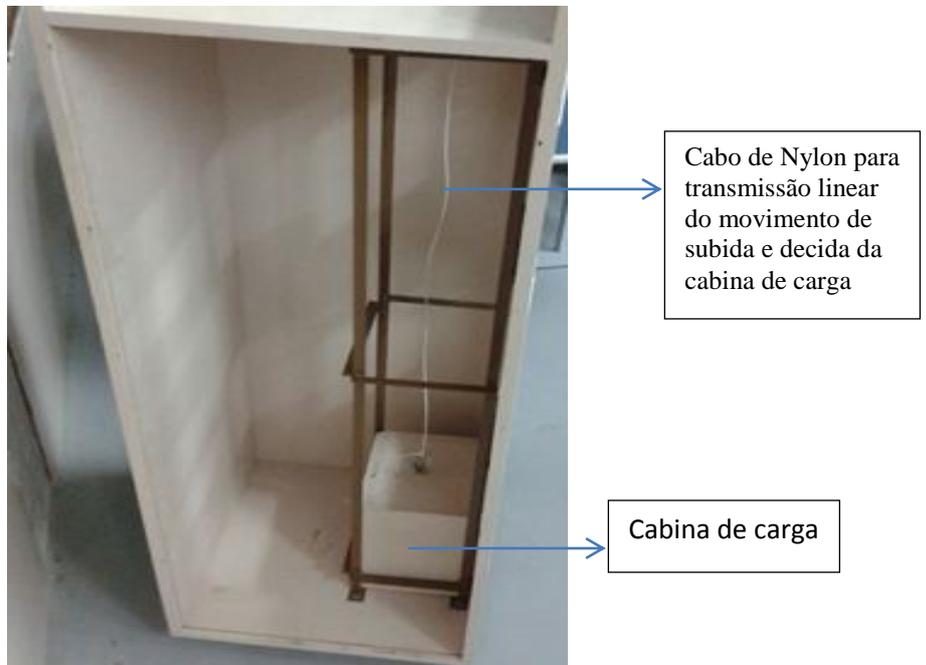
Figura 16 – Rodízio giratório para o deslocamento do protótipo



Fonte: Autor, 2017

O transporte da carga é feito pela cabina montada por placas de acrílico de espessura de 7mm, com 0.18m de comprimento, 0.15m de largura e 0.22 de altura. Para seu deslocamento foi instalado em seu centro um cabo de nylon de massa desprezível, que serve para transmitir o movimento linear de transmissão do motor conforme ilustrado na figura 17.

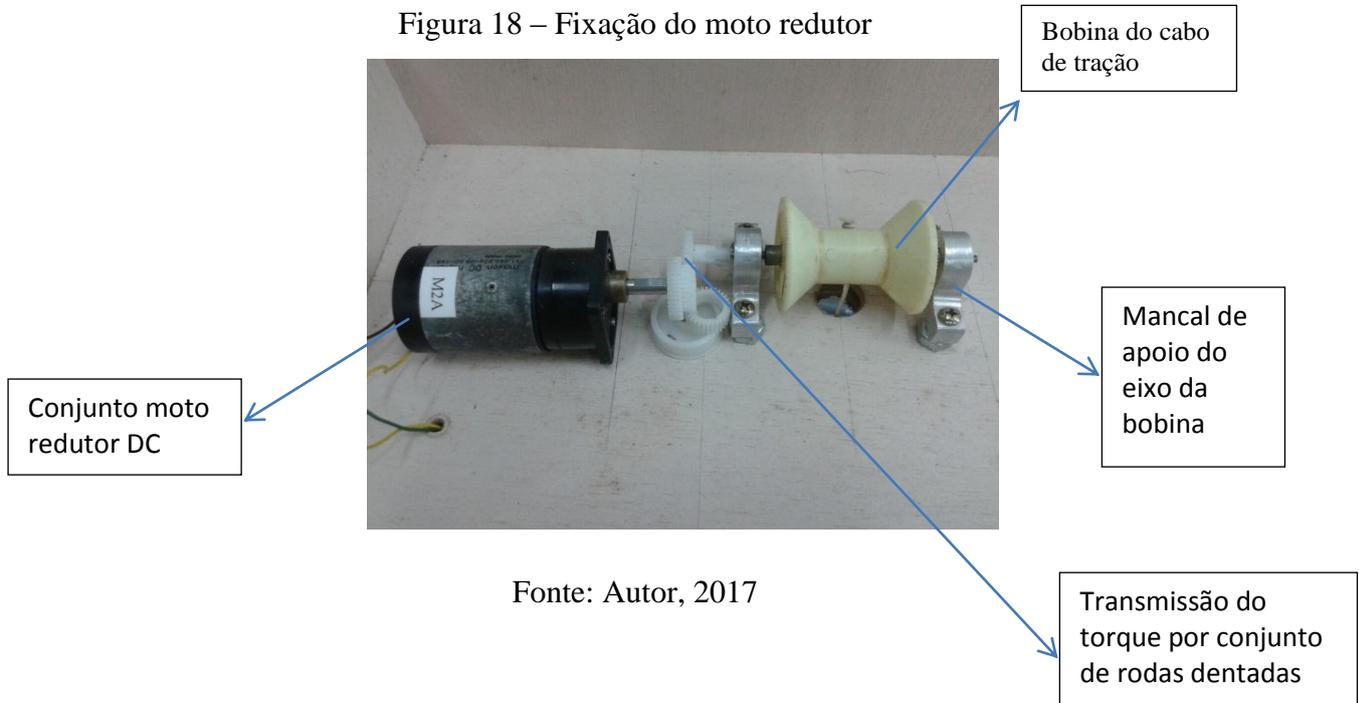
Figura 17 – Cabina e cabo de nylon



Fonte: Autor, 2017

Ao concluir a montagem da estrutura, iniciou-se a fixação do moto redutor, dos mancais de apoio do eixo da bobina e o trem de rodas dentadas formando um conjunto de engrenagens de transmissão do torque conforme mostra a figura 18.

Figura 18 – Fixação do moto redutor



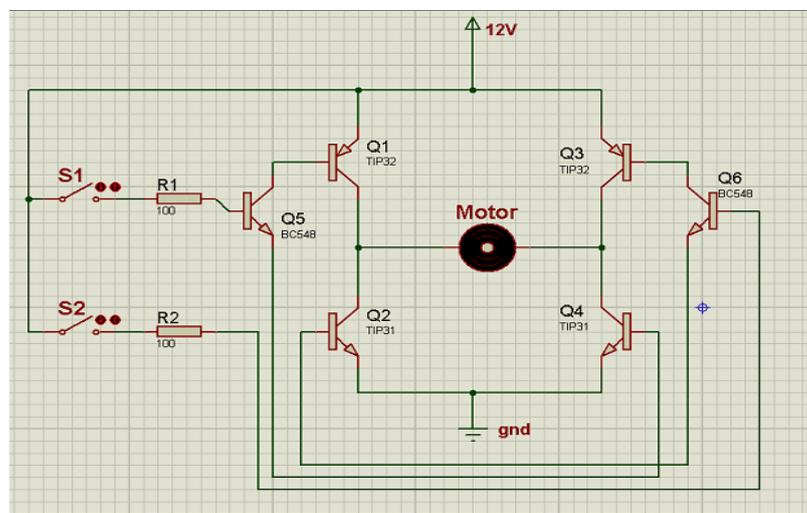
Fonte: Autor, 2017

Foi realizado o alinhamento das rodas dentadas com o eixo de tração. Junto ao eixo, foi fixado uma bobina ou carretel para que fosse possível fazer o enrolamento do cabo de nylon utilizado para tracionar a cabina.

## II. Projeto e execução Elétrica

O esquema de ligação elétrica do motor utilizando a ponte h está representado na figura 19.

Figura 19 – Esquema elétrico ponte H

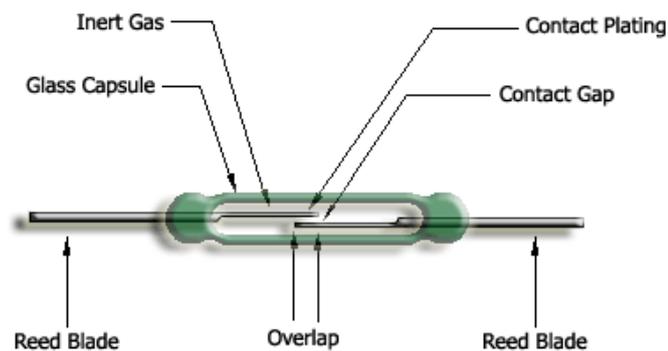


Fonte: [http://www.robotizando.com.br/artigo\\_ponte\\_h\\_pg1.ph](http://www.robotizando.com.br/artigo_ponte_h_pg1.ph)

### 2.2.1 Instalação dos Red Switch

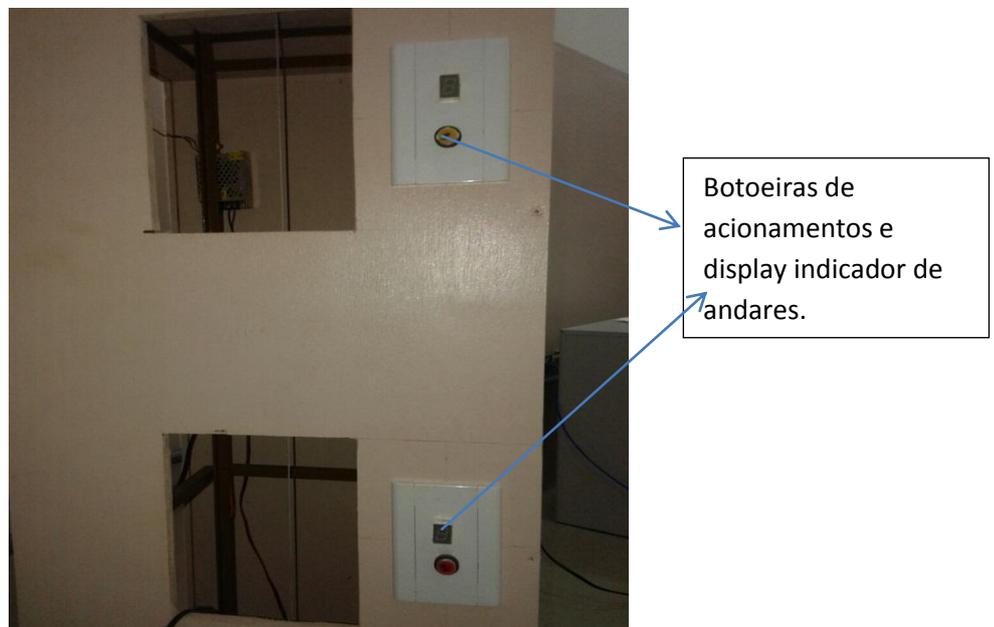
Os botões de acionamento e os red switch (figura 20), foram instalados conforme mostra a figura 21 e 22. Os red switch foram fixados na estrutura metálica com fita crepom. Desta forma o red switch pode ser acionado com forme a cabina se desloca com um ímã colocado na parede do lado esquerdo da cabine, para que se feche o contato dos sensores.

Figura 20 – Red Switch



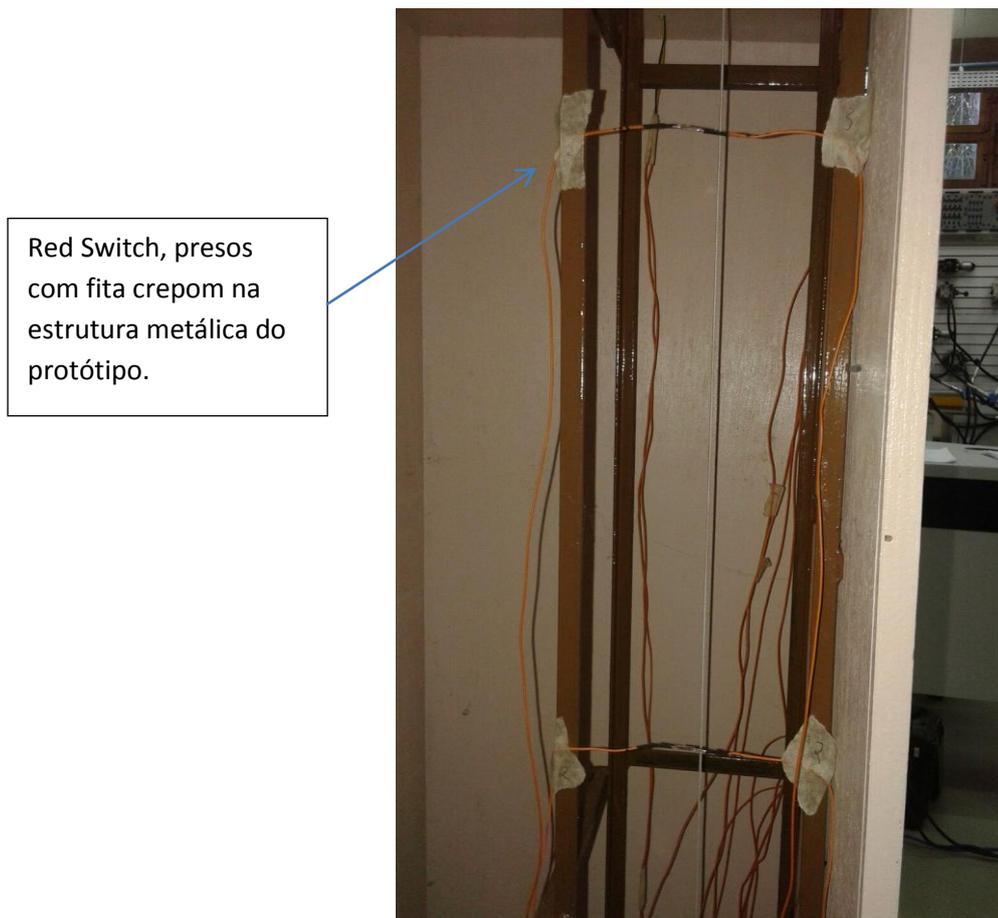
Fonte: <http://www.whatimade.today/esp-8266-mailbox-notifier-using-deepsleep-and-blynk/>

Figura 21 – Botões e display indicadores de andar



Fonte: Autor, 2017

Figura 22 – Fixação dos Red Switch



Fonte: Autor, 2017

Os red switch de identificação dos andares foram instalados na parte posterior da estrutura do elevador. A instalação destes foi realizada seguindo alguns critérios listados a seguir, para cada andar, um red switch foi colocado na estrutura sempre do lado esquerdo coincidindo com a posição em que foi colocado um ímã. Para garantir a montagem do circuito e instalação física dos red switch e do ímã foram efetuados testes de forma a garantir que houvesse distância suficiente para manter a integridade dos red switch e ao mesmo tempo em que estes fossem devidamente atuados pelo ímã preso na parte inferior da cabine.

### 2.2.2 Instalações das botoeiras e ligações elétricas de comutação

Os botões de acionamento do elevador, utilizados para chamar o elevador a fim de deslocá-lo de um andar para outro, foram instalados na parte frontal de cada andar (figura 20) e são do tipo push-button.

Existem três botões por andar, onde o sistema de comutação “contato normalmente aberto das botoeiras é operado em 24 Vcc, evitando assim, o risco de choque elétrico”.

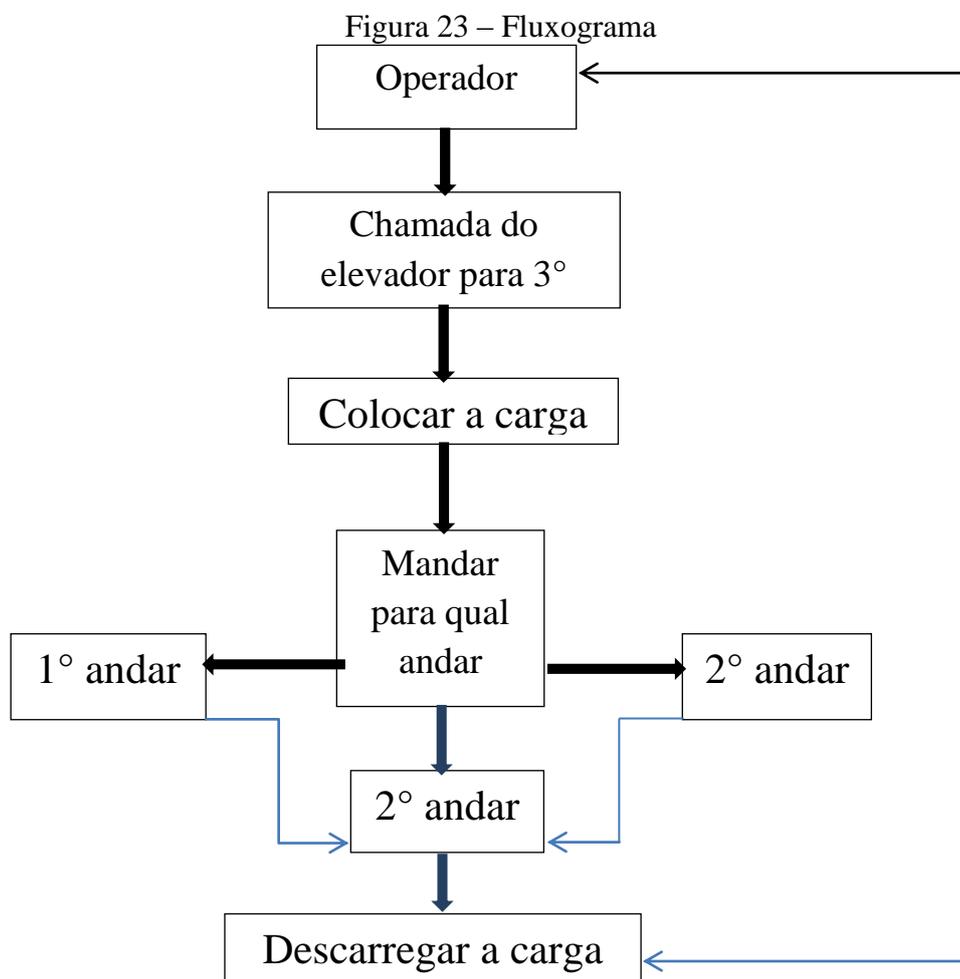
As ligações foram feitas com fio 0.30 mm<sup>2</sup>, e conectadas ao arduino, botoeiras, display indicador de andar, fonte de 24 Vcc, cada extremidade do fio elétrico foi estanhado com solda.

### 2.3. Projeto e execução de programação

O arduino escolhido para realização da programação do elevador foi o arduino uno. A escolha desse arduino foi para atender o que foi proposto no título do trabalho “placa de circuito embarcado de baixo custo”.

O arduino foi instalado junto ao protótipo para facilitar o deslocamento do protótipo e o transporte do mesmo para onde quer ele vá. Desta maneira quando o aluno realizar a programação, o arduino e o protótipo poderão ser deslocados para próximos de qualquer bancada de teste do laboratório.

Para entendermos a lógica de operação de chamada do elevador de carga, foi criado um fluxograma que pode ser observado na figura 23.



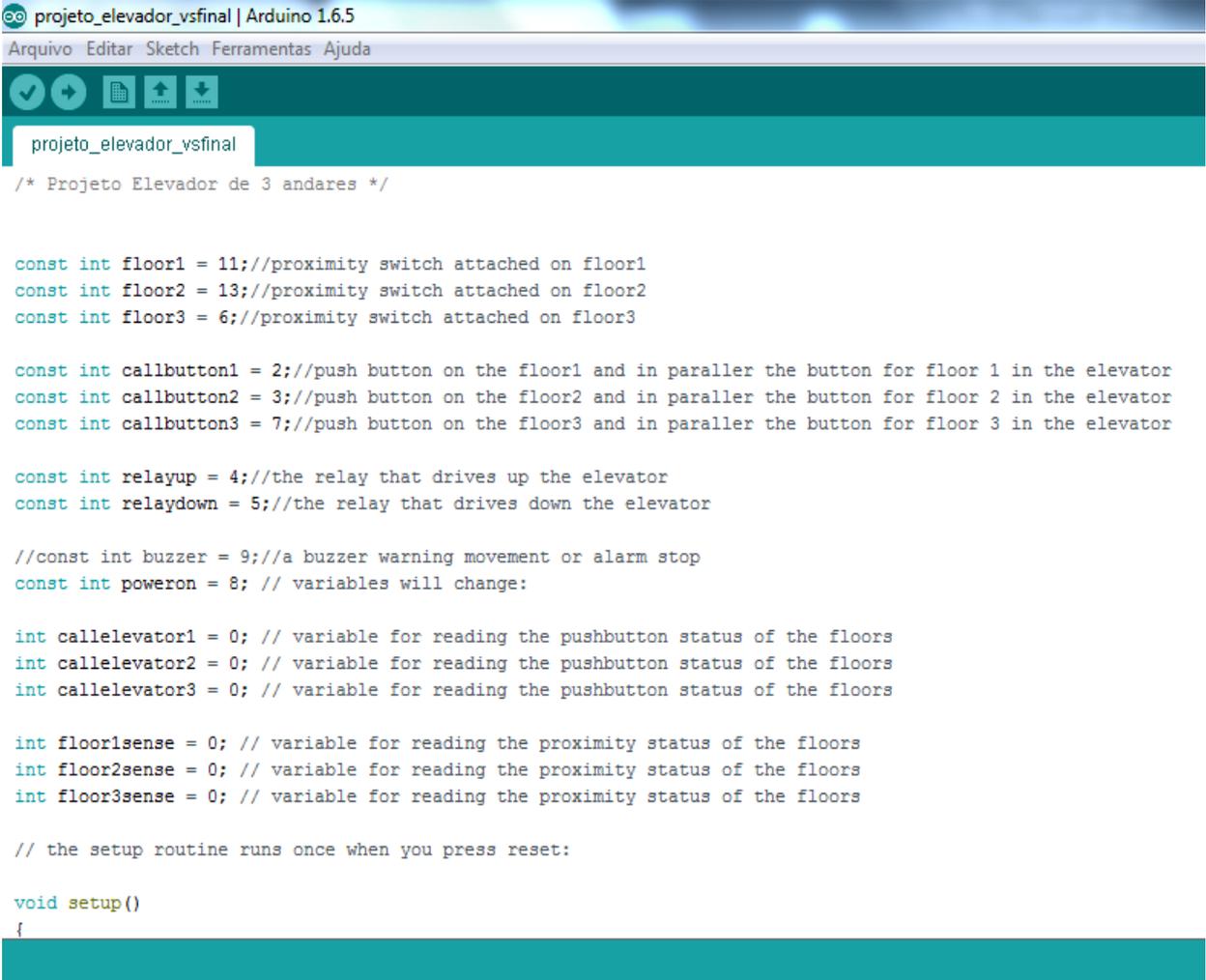
Fonte: Autor, 2017

Quanto ao funcionamento do elevador, em um primeiro momento, considerando o elevador parado em um dos andares, sua posição é informada ao arduino através dos red switch de posicionamento. Para que o elevador possa executar os descolamentos, basta acionar algum dos botões de chamada.

A programação foi desenvolvida através da linguagem da IDE. As figuras 24 e 25 mostra parte do programa desenvolvido utilizado para o controle do elevador.

Uma vez que a programação foi concluída, a mesma foi transferida para o arduino através de um cabo USB.

Figura 24 – Declaração de variáveis



```
projeto_elevador_vsfinal | Arduino 1.6.5
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
projeto_elevador_vsfinal
/* Projeto Elevador de 3 andares */

const int floor1 = 11;//proximity switch attached on floor1
const int floor2 = 13;//proximity switch attached on floor2
const int floor3 = 6;//proximity switch attached on floor3

const int callbutton1 = 2;//push button on the floor1 and in parallel the button for floor 1 in the elevator
const int callbutton2 = 3;//push button on the floor2 and in parallel the button for floor 2 in the elevator
const int callbutton3 = 7;//push button on the floor3 and in parallel the button for floor 3 in the elevator

const int relayup = 4;//the relay that drives up the elevator
const int relaydown = 5;//the relay that drives down the elevator

//const int buzzer = 9;//a buzzer warning movement or alarm stop
const int poweron = 8; // variables will change:

int callelevator1 = 0; // variable for reading the pushbutton status of the floors
int callelevator2 = 0; // variable for reading the pushbutton status of the floors
int callelevator3 = 0; // variable for reading the pushbutton status of the floors

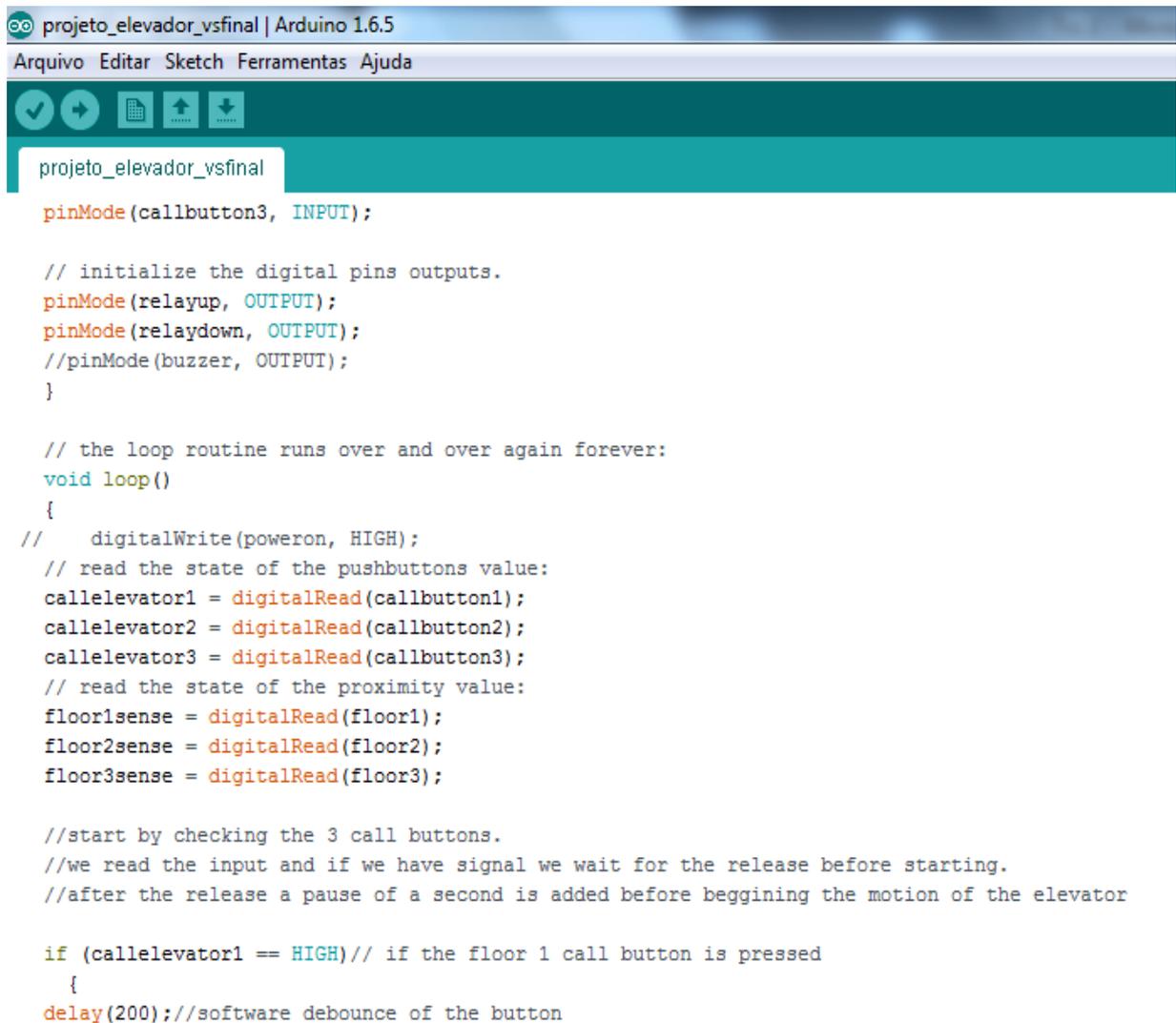
int floor1sense = 0; // variable for reading the proximity status of the floors
int floor2sense = 0; // variable for reading the proximity status of the floors
int floor3sense = 0; // variable for reading the proximity status of the floors

// the setup routine runs once when you press reset:

void setup()
{
```

Fonte: Autor, 2017

Figura 25 – Execução do programa em loop



```

projeto_elevador_vsfinal | Arduino 1.6.5
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

projeto_elevador_vsfinal
pinMode(callbutton3, INPUT);

// initialize the digital pins outputs.
pinMode(relayup, OUTPUT);
pinMode(relaydown, OUTPUT);
//pinMode(buzzer, OUTPUT);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop()
{
//   digitalWrite(poweron, HIGH);
// read the state of the pushbuttons value:
callelevator1 = digitalRead(callbutton1);
callelevator2 = digitalRead(callbutton2);
callelevator3 = digitalRead(callbutton3);
// read the state of the proximity value:
floor1sense = digitalRead(floor1);
floor2sense = digitalRead(floor2);
floor3sense = digitalRead(floor3);

//start by checking the 3 call buttons.
//we read the input and if we have signal we wait for the release before starting.
//after the release a pause of a second is added before beginning the motion of the elevator

if (callelevator1 == HIGH) // if the floor 1 call button is pressed
{
delay(200); //software debounce of the button

```

Fonte: Autor, 2017

Após o término da programação para os experimentos, foram elaboradas condições hipotéticas por meio das quais poderão ser realizados testes e modificações na programação para simulações para ensino prático de programação da IDE em laboratório. Com base em algumas situações imaginadas para os testes, foram elaborados exemplos/condições de simulações, para que futuros alunos do curso de Engenharia Mecânica possam desenvolver em sala de aula. Estes poderão ser vistos no Apêndice A.

## CONCLUSÃO

Ao concluir este trabalho é possível identificar pontos positivos, como o aprendizado acadêmico obtido de diversas disciplinas ao longo de todo o curso de graduação, podemos aqui também falar do alcance dos objetivos propostos e as aplicações futuras para os conceitos e experimentos aqui apresentados.

Os testes planejados e a realizados neste trabalho apontando para uma grande possibilidade de condições que podem ser propostas em uma aula prática de programação de arduino e utilizações de sensores.

Considera-se, portanto que a proposta de modelagem de um elevador de carga, usando um sistema embarcado de baixo custo, foi em sua totalidade alcançada. A partir de testes realizados, nota-se facilidade na compreensão do funcionamento assim como no seu manuseio e aplicação.

Este modelo apresenta uma excelente demonstração de um elevador de carga e pode ser aproveitado tanto para demonstrações em sala de aula quanto para auxiliar no desenvolvimento de elevadores de carga industrial.

Também se pode considerar os benefícios esperados com a construção do protótipo ao se oferecer opções para o ensino de programação na IDE arduino, possibilitando a outros acadêmicos criar novas lógicas de programação, incluindo a proposta do Apêndice A, considerando-se as variáveis existentes para o sistema. Para isto preocupou-se em disponibilizar acessos facilitados aos terminais de entrada e saída, tornando mais funcional o uso deste equipamento de ensino no laboratório.

Visando da continuidade ao trabalho de pesquisa, a proposta é continuar a metodologia para outros tipos de equipamento e tecnologias.

Pode-se ainda utilizar outros controles como, por exemplo, um sistema supervisório para integrar o sistema como uma IHM (interface homem-maquina).

A logica de controle pode ser alterada para poder aumentar a quantidade de pavimentos, ou utilizar outros módulos de controle programável, conforme a necessidade do projeto.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5666. **Elevadores elétricos de passageiros**. Rio de Janeiro: ABNT-BR, 1977.

ATLAS SCHINDLER ELEVADORES. **Manual de transporte vertical**, 2008.

BLUM, Jeremy. **Explorando o Arduino**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2016.

BONACORSO, Nelso Gauze. **Automação Eletropneumática**. 11. Ed. São Paulo: Érica, 2004.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da. **Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

FRANCHI, Claiton Moro. **Acionamentos Elétricos**. São Paulo: Érica, 2008.

MIRAVETE, Antônio. **Princípios e Inovações**. São Paulo: Reverte, 2009.

NETALE, Ferdinando. **Automação Industrial**. 3. ed. São Paulo: Érica, 1998.

SILVEIRA, Paulo R. da; Santos, Winderson E. **Automação e Controle Discreto**. São Paulo: Érica, 2010.

TUDO SOBRE IMOVEIS. **A HISTÓRIA DO ELEVADOR**. Disponível em: <http://www.tudosobreimoveis.com.br/conteudo.asp?t=1&id=501&sid=9&subid>

## APÊNDICE A – Proposta de melhoria do projeto e novas lógicas de programação

Desenvolver as programações sugeridas:

1. Linguagem de programação na IDE;  
Utilizando quatro andares:  
Os botões de chamada de chamada devem ser individuais para cada andar num total de quatro botões;
2. Elabore um programa em linguagem IDE seguindo os passos do exercício (1), porém quando o arduino for desligado o programa deve fazer com que o elevador retorne sempre para o primeiro andar.
3. Faça um sistema supervisor de todo o projeto.