

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ  
GRASIANE APARECIDA SANTOS SILVA  
MONIQUE LUSKO MENDONÇA CESAR**

**PLACA ELETRÔNICA ODONTOLÓGICA UNIVERSAL  
COM CONTROLE ATRAVÉS DA PLATAFORMA  
ARDUINO**

**Taubaté - SP  
2018**

**GRASIANE APARECIDA SANTOS SILVA  
MONIQUE LUSKO MENDONÇA CESAR**

**PLACA ELETRÔNICA ODONTOLÓGICA UNIVERSAL  
COM CONTROLE ATRAVÉS DA PLATAFORMA  
ARDUINO**

Trabalho de Graduação apresentado para  
obtenção do Certificado de Graduação do  
curso de Controle e Automação do  
Departamento de Engenharia Mecânica  
da Universidade de Taubaté.

Orientadora: Prof. Msc. Patrícia Cerávolo  
R. P. Nunes Oliveira

**Taubaté – SP  
2018**

**SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

C421p Cesar, Monique Lusko Mendonça  
Placa eletrônica odontológica universal com controle através da  
plataforma Arduino / Monique Lusko Mendonça Cesar; Grasiene Aparecida  
Santos Silva. -- 2018.  
38 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de  
Engenharia Mecânica e Elétrica, 2018.

Orientação: Profa. Ma. Patrícia Cerávolo R. P. Nunes, Departamento de  
Engenharia Mecânica.

1. Arduino. 2. Circuito integrado. 3. Microcontrolador.  
4. Microprocessador. 5. Relé. I. Título. II. Silva, Grasiene Aparecida Santos.  
III. Graduação em Engenharia de Controle e Automação.

CDD – 629.8

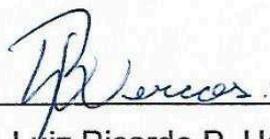
Ficha catalográfica elaborada por Shirlei Righeti – CRB-8/6995

**GRASIANE APARECIDA SANTOS SILVA  
MONIQUE LUSKO MENDONÇA CESAR**

**PLACA ELETRÔNICA ODONTOLÓGICA UNIVERSAL COM CONTROLE  
ATRAVÉS DA PLATAFORMA ARDUINO**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO APROVADO COMO PARTE  
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE "GRADUADO EM  
**ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**"

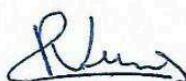
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



---

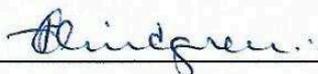
Prof. Msc. Luiz Ricardo P. Hercos  
Coordenador de Trabalho de Graduação

**BANCA EXAMINADORA:**



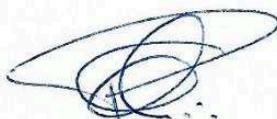
---

Prof. Msc. Patrícia Cerávolo R. P. Nunes Oliveira  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



---

Prof. Msc. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



---

Prof. Msc. Paulo Cesar Corrêa Lindgren  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradecemos a Deus, pelas nossas vidas e nossa inteligência.

Agradecemos aos nossos pais pelo apoio e paciência conosco.

A nossa orientadora, Prof. Msc. Patrícia Cerávolo R. P. Nunes pela atenção e motivação na orientação deste trabalho.

Aos Professores e Mestres Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren e Paulo Cesar Corrêa Lindgren por aceitarem compor a banca examinadora.

Ao Douglas Coelho Fermino pelas ideias de como melhorar nosso trabalho e orientações técnicas para isso.

Ao João Rubens Cesar Filho em especial, por ter nos dado a ideia do tema deste trabalho e por todo o suporte e dedicação para nos ajudar. Pela disponibilidade de tempo, de local para que pudéssemos desenvolver este trabalho, por nos ceder equipamentos que possibilitaram a execução do mesmo e, além de tudo, por nos transmitir conhecimento profissional.

## EPÍGRAFE

“ A ciência de hoje é a tecnologia de amanhã. ”

(EDWARD TELLER)

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma alternativa eficiente para os profissionais dentistas na questão da manutenção das cadeiras odontológicas, mais especificamente nas placas eletrônicas, onde são verificados problemas cujas soluções exigem conhecimento especializado e onde o custo de manutenção é alto. Foi realizado então, um estudo experimental que tem por objetivo propor a utilização de uma placa eletrônica odontológica universal que se adapta para o uso em diferentes marcas existentes no mercado. Tal placa é fabricada com componentes simples, porém que atendem exatamente a necessidade de funcionamento do equipamento na qual é instalada. A pesquisa é exploratória e foi dividida em dois módulos, o primeiro demonstrando o funcionamento da placa em si e o segundo desenvolvendo um protótipo de caráter didático e ilustrativo. Tem como ponto de partida listar os equipamentos utilizados e, em seguida, explicar o passo a passo da execução do projeto. Após todo o processo, foi possível encontrar resultados que mostraram a viabilidade de utilização da placa universal em cadeiras odontológicas. Sua instalação ou a substituição da placa original ocorreria de forma ágil e eficaz, sem a necessidade de mão de obra especializada. Além disso, o trabalho tem também o compromisso de contribuir para a redução de custos que envolvem a instalação e manutenção de placas eletrônicas odontológicas universais e fazer com que os profissionais da área não interrompam os atendimentos.

**Palavras-chave:** Arduino. Circuito integrado. Relé. Microcontrolador. Microprocessador. Manutenção corretiva.

## **ABSTRACT**

This work presents an efficient alternative for the professionals dentists in the subject of the maintenance of the dental chairs, more specifically in the electronic plates, where problems are verified whose solutions demand specialized knowledge and where the maintenance cost is high. It was accomplished then, an experimental study that has for objective to propose the use of an universal dental electronic plate that adapts for the use in different existent marks in the market. Such plate is manufactured with simple components, however that assists the need of operation of the equipment exactly in which is installed. The research is exploratory and it was divided in two modules, the first demonstrating the operation of the plate in itself and the second developing a prototype of didactic and illustrative character. It has as starting point to list the used equipments and, soon afterwards, to explain the step by step of the execution of the project. After whole the process, was possible to find results that showed the viability of use of the universal plate in dental chairs. It installation or the substitution of the original plate would happen in an agile and effective way, without the need of hand of specialized work. Besides, the work also has the commitment of to contribute for the reduction of costs that involve the installation and maintenance of universal dental electronic plate and to do with that the professionals of the area don't interrupt the services.

**KEYWORDS:** Arduino. Integrated circuit. Relay. Microcontroller. Microprocessor Corrective maintenance.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Intel 4004 foi o primeiro microprocessador da história .....	16
Figura 2 – Sistemas microcontrolados .....	18
Figura 3 – Placa arduino mega .....	19
Figura 4 – Relé eletromecânico.....	20
Figura 5 – Transformador.....	23
Figura 6 – Módulo com 3 pontes retificadoras.....	24
Figura 7 – Módulos relé.....	24
Figura 8 – Visão frontal do motor (a); Visão traseira do motor (b).....	25
Figura 9 – Servomotor (a); Servomotores aplicados no projeto (b).....	26
Figura 10 – Lâmpada .....	26
Figura 11 – Arduino mega 2560 .....	27
Figura 12 – Módulo bluetooth HC-06 .....	27
Figura 13 – Placa eletrônica odontológica universal .....	28
Figura 14 – Simulador de uma cadeira odontológica .....	29
Figura 15 – Botoeira de emergência .....	29
Figura 16 – Chaves liga/desliga .....	30
Figura 17 – Chave seletora .....	30
Figura 18 – Caixa de comando com botoeiras .....	31
Figura 19 – Esquema de ligação do protótipo da cadeira junto ao dos motores.....	32
Figura 20 – Esquema de ligação dos botões .....	33
Figura 21 – Esquema de ligação do módulo bluetooth .....	33
Figura 22 – Esquema de ligação dos módulos relé.....	34
Figura 23 – Esquema de ligação dos servomotores .....	34
Figura 24 – Projeto final .....	35

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Similaridades entre quatro microcontroladores .....	17
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C	Comum
VCA	Voltagem de Corrente Alternada
VCC	Voltagem de Corrente Contínua
CI	Circuito Integrado
CPU	Central Processing Unit (Unidade Central de Processamento)
EDVAC	Electronic Discrete Variable Automatic Computer (Computador Automático Eletrônico de Variáveis Discretas)
IDE	Integrated Development Environment (Ambiente de Desenvolvimento Integrado)
NA	Normalmente aberto
NF	Normalmente fechado

## LISTA DE SÍMBOLOS

KHz      Quilohertz

À      Ampere

V      Volts

$\mu f$       Microfaraday

W      Watts

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>14</b>
2.1	Circuito Integrado .....	14
2.2	Microprocessador.....	15
2.3	Microcontrolador.....	16
2.4	Arduino .....	18
2.5	Relé.....	20
2.6	Manutenção Corretiva .....	21
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>23</b>
4.1	Lista de Materiais .....	23
4.1.1	Transformador.....	23
4.1.2	Ponte Retificadora.....	23
4.1.3	Módulo Relé .....	24
4.1.4	Motor .....	25
4.1.5	Servomotor.....	25
4.1.6	Lâmpada .....	26
4.1.7	Placa Arduino .....	27
4.1.8	Módulo Bluetooth .....	27
4.1.9	Placa Eletrônica Odontológica Universal .....	28
4.1.10	Protótipo da Cadeira Odontológica .....	28
4.1.11	Botoeira de Segurança.....	29
4.2	Sequência Lógica e Funcionamento .....	30
4.2.1	Módulo 1.....	31
4.2.2	Módulo 2.....	32
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>36</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>37</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia dos equipamentos odontológicos atuais se dá pela busca contínua do aperfeiçoamento dos mesmos, mas nem sempre os avanços são ideais para estender sua vida útil ou facilitar seu reparo. Nessa área, os profissionais dependem diretamente da agilidade na manutenção destes equipamentos para evitar ao máximo a interrupção dos atendimentos. Tomando como base essa questão do tempo de manutenção e parada dos consultórios, o estudo destacou a cadeira odontológica, que é um dos equipamentos do local de trabalho de um dentista cuja produção e funcionalidade tem importância fundamental no método e na maneira de se trabalhar. Notada a importância desse equipamento no dia-a-dia de um consultório odontológico, o mau funcionamento ou parada do mesmo acarretaria prejuízos ao dentista como o cancelamento da agenda durante o período de conserto. Para o presente trabalho, foram analisadas as placas eletrônicas das cadeiras odontológicas, onde são comuns de acontecer problemas em qualquer um de seus componentes. Essas placas são responsáveis pela parte de comando das funções básicas da cadeira. Tais comandos são provenientes do microcontrolador que contém um programa elaborado pelo fabricante (por exemplo linguagem C++) e são executados através do microprocessador presente na placa. Visto que o programa pode falhar por sobrecarga ou baixa tensão e necessitar de reparos específicos nas linhas de comando do programa, nota-se que um microcontrolador não é o melhor componente a ser utilizado. Com a finalidade de otimizar o tempo de manutenção corretiva da placa original da cadeira, sendo essa uma solução emergencial ou até mesmo a substituição da mesma, o estudo apresenta uma placa eletrônica universal. Denomina-se como placa universal, devido à sua simplicidade de composição para exercer as funções básicas das cadeiras odontológicas e utilidade para vários modelos existentes no mercado. Paralelamente, o trabalho apresenta também um protótipo que simula o funcionamento de uma cadeira, para melhor visualização e entendimento da execução dos comandos e do funcionamento da placa eletrônica com o objetivo de demonstrar como é possível a utilização de equipamentos e materiais simples, porém funcionais, para a automatização.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse tópico serão apresentados os conceitos iniciais de circuito integrado, microprocessador, microcontrolador, arduino, relé e manutenção corretiva que embasarão o presente trabalho.

### 2.1 Circuito Integrado

O chamado circuito integrado (CI) é um dispositivo eletrônico composto por diversos componentes e executa tarefas complexas que não seriam possíveis com apenas um único componente. Pode fazer parte da composição de circuitos maiores, exercendo comandos específicos.

Os principais componentes de um CI são os capacitores, os transistores e os resistores. Os capacitores são peças com dois terminais que armazenam energia. Os transistores são dispositivos semicondutores com três terminais capazes de alternar e amplificar um sinal eletrônico. Os resistores são componentes de dois terminais que adicionam resistência à corrente, limitando seu fluxo.

Nos circuitos integrados atuais não se veem todos os componentes na placa, pois dependendo dos que forem utilizados, o CI seria enorme ao final. Para compactar tudo o que é necessário no CI, as empresas fabricantes embutem todos os componentes no chamado *Wafer* (placa para circuito impresso) e depois colocam um dissipador e a carcaça por cima de tudo.

Para projetar e integrar um circuito é fundamental definir primeiramente a função do CI. Em seguida, faz-se um desenho do circuito impresso, passa-o para um *Wafer* de silício através da fotolitografia. Os circuitos são inseridos no *Wafer* e as partes não utilizadas do mesmo são eliminadas. Na sequência, os terminais são soldados à placa e a carcaça plástica é adicionada em volta do CI.

Segundo Woodford (2018) a idéia básica era fazer um circuito completo, com todos os seus muitos componentes e as conexões entre eles e recriar tudo em forma microscópica na superfície de um pedaço de silício. Foi uma ideia incrivelmente inteligente e tornou possível todos os tipos de dispositivos "microeletrônicos" que temos agora.

## 2.2 Microprocessador

O processador também é conhecido como CPU (*Central Processing Unit*) e é um componente fundamental na constituição dos computadores, pois é responsável por carregar e realizar as operações lógicas e aritméticas que eles utilizam, interpretando e executando instruções.

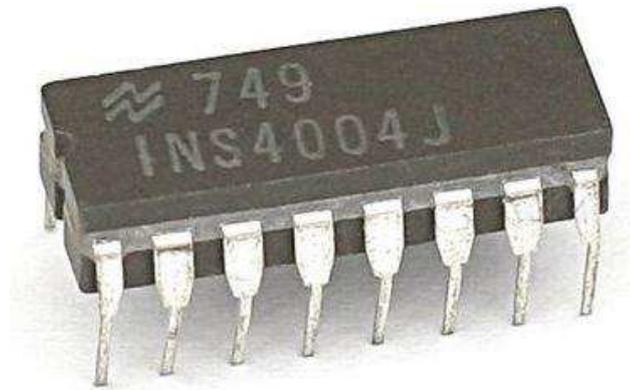
Antes dos anos 50, os computadores não eram capazes de armazenar programas. A partir de 1945, iniciou-se um projeto de computador com uma unidade central de processamento capaz de executar diversas tarefas, o EDVAC (*Electronic Discrete Variable Automatic Computer*). Finalizado em 1949, deu origem a um dos modelos mais primários de processadores no formato que conhecemos hoje. A partir de então, os processadores foram ganhando funcionalidades básicas e novas abordagens. Somente na década de 70 foram criados os processadores totalmente desenvolvidos em circuito integrado e em um único chip.

O Intel 4004 foi o primeiro microprocessador a ser lançado, em 1971. Sendo desenvolvido para uso em calculadoras, mas que logo encontrou função em outros equipamentos. Essa CPU operava com o *clock* máximo de 740 KHz de potência e podia calcular até 92 mil instruções por segundo.

Ted Hoff e o time da Intel desenvolveram esse chip com apenas 2.300 transistores em uma área de apenas 3 x 4 milímetros. Com um CPU de 4-bit, registro de comando, decodificador, controle de decodificação, controle de monitoramento de comandos de máquina e registro de intervalo, o 4004 foi uma grande invenção. (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ, 1996).

Inicialmente o 4004 foi o responsável por estimular a tendência da evolução dos microprocessadores, onde comprar e personalizá-lo com o *software* para executar diferentes funções em diversos dispositivos eletrônicos poderia ser feito por qualquer engenheiro.

**Figura 1 – Intel 4004 foi o primeiro microprocessador da história**



**Fonte: Escreveassim.com (2011)**

Com o grande sucesso desse microprocessador, gerou-se na época, a tendência de desenvolver novos e mais capazes microprocessadores, o que levou ao surgimento das grandes empresas atuais do ramo.

O que diferencia um microprocessador de outro é a quantidade de instruções, o tamanho da palavra interpretada, barramento de dados (conjunto de trilhas condutoras impressas na placa mãe) e velocidade de operação. Comumente, o tamanho da palavra indica o tamanho do endereçamento de memória, ou seja, a quantidade de bits interpretados a cada ciclo pelo microprocessador. Esse endereçamento caminha pelo conjunto de trilhas condutoras, entre os periféricos e memórias levando instruções e dados. Quanto maior o endereçamento e o barramento de dados, maior será a desempenho do computador.

### **2.3 Microcontrolador**

“Um microcontrolador é um sistema microprocessado com várias funcionalidades (periféricos) disponíveis em um únicos chip.” (LIMA; VILAÇA, 2012). Seus terminais permitem a conexão de circuito eletrônicos de modo que os mesmos controlem o comportamento desse circuito.

De acordo com Ordonez, Penteadó e Silva (2006) não é válido afirmar que todos são iguais, entretanto é possível evidenciar a similaridades entre eles. Um conjunto-padrão de periféricos que opera funções semelhantes é notável em todos, inclusive nos de sua concorrência.

O quadro a seguir, proposto por Penteado (2004), permite observar a similaridade entre os terminais de quatro microcontroladores conhecidos no mercado:

**Quadro 1 – Similaridades entre quatro microcontroladores**

Periférico	Microcontrolador			
	PIC	Motorola	COP8	Atmel
Watchdog	1	1	1	1
Oscilador interno	1	1	1	0
Brown-out	1	1	1	0
Captura de Sinais /Largura de Pulso	1	2	1	1
Timers	3	2	3	3
PWM	1	2	1	1
USART	1	1	1	1
Modo Baixo Consumo	SIM	SIM	SIM	SIM
Prioridade de Interrupções	NÃO	SIM	SIM	SIM
Detector de Condições Ilegais	NÃO	SIM	SIM	NÃO
Outras características				
Número de instruções	35	92	56	89
Número de Interrupções	10	24	11	9
Memória RAM on chip	224 bytes	256 bytes	256 bytes	256 bytes
Memória FLASH on chip	2K	8K	8K	8K
Memória EEPROM	128 bytes	-	-	2K
Conversão Analógico / Digital	4 canais	13 canais	16 canais	-
Resolução	-	8 bits	10 bits	-
Número de Portas de E/S	15	26	37	32

**Fonte: Microcontroladores e FPGAs: aplicações em automação (2005)**

Segundo Lima e Vilaça (2012), hoje em dia os microcontroladores estão presentes na maioria dos dispositivos eletrônicos controlados digitalmente, os quais podem ser empregados em diferentes segmentos do mercado, desde simples equipamentos domésticos até mesmo em sistemas industriais complexos.

**Figura 2 – Sistemas microcontrolados**



Fonte: Professorpetry.com.br (2012)

## 2.4 Arduino

Segundo a fonte Arduino.cc (2017) a princípio, o arduino foi elaborado para auxiliar os estudantes que possuíam limitado conhecimento em eletrônica e programação e, posteriormente, ao atingir um vasto público de estudantes - criadores, amadores, profissionais e especialistas, a placa passou a ser ajustada para atender as necessidades e desafios de novos projetos e a prototipagens dos mesmos.

De acordo com Monk (2017), a plataforma dispõe de um conjunto de pinos de conexão, os quais possibilitam a ligação de dispositivos eletrônicos superficiais. Esses pinos, que são denominados portas de entradas/saídas, podem reconhecer sinais digitais (ligado ou desligado, alto ou baixo) e analógicos (quantidade de tensão em uma porta) e inclusive são responsáveis por unir os componentes do circuito ao microcontrolador.

“Placas especializadas chamadas *shields* podem expandir a funcionalidade básica do arduino; elas podem ser empilhadas uma sobre as outras para adicionar ainda mais funcionalidade” (EVANS; NOBLE; HOCHENBAM, 2013).

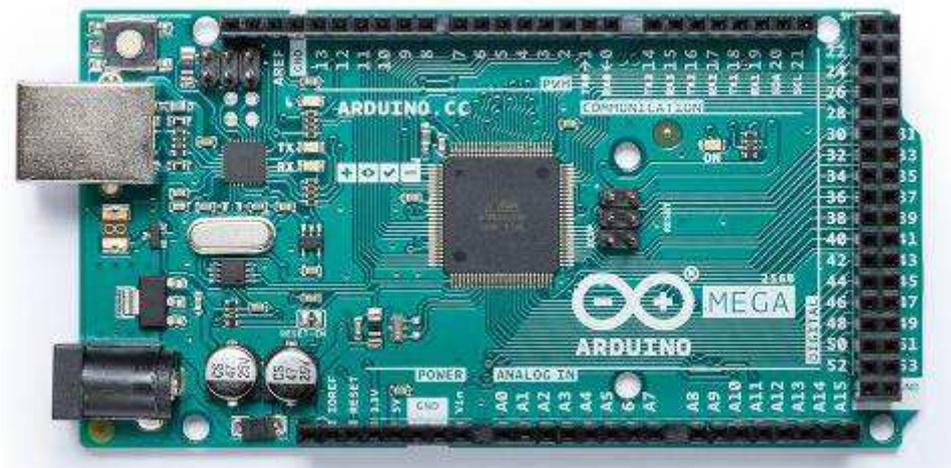
“O coração do arduino é um microcontrolador. A maior parte dos demais componentes da placa está envolvida com o fornecimento de energia elétrica e a comunicação entre a placa e o computador.” (MONK, 2017).

Para Arduino.cc (2017), a plataforma porta de código aberto (*open source*) fundado em *hardware* e *software* acessível de se empregar, tornando-se descomplicada sua utilização. Para que a placa execute as funções desejadas basta enviar um aglomerado de dados, sistematizado na linguagem de programação do arduino, para o seu microcontrolador.

Para tanto, de acordo com Evans, Noble e Hochenbaum (2013), faz-se necessário o *software* para implementação dessa linguagem. No IDE (*Integrated Development Environment* / Ambiente de desenvolvimento integrado) do arduino encontra-se o fundamental para sua programação, bem como uma variedade de modelo de programas ou *sketchs* que exibem como realizar a conexão e comunicar com alguns dispositivos.

No Arduino.cc (2017) situa-se todas as categorias de placas que o arduino detém, cada qual com suas características e aplicações. A placa na figura 3 subsequente é a Arduino Mega, que será utilizada no presente trabalho.

**Figura 3 – Placa arduino mega**



**Fonte: Arduino.cc (2018)**

“O Arduino Mega é o carro de alta performance das placas Arduino. Ele oferece uma grande quantidade de pinos de entrada e saída [...]” (MONK, 2017)

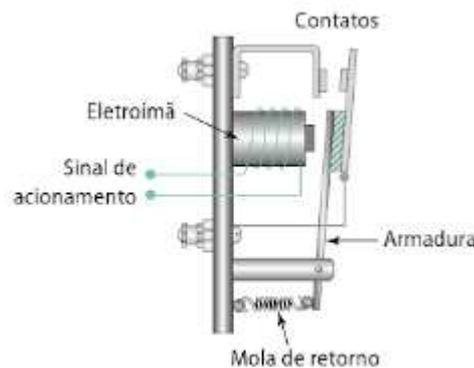
Monk (2017) ressalta que apesar de disponibilizar uma numerosa quantia de pinos extras, sendo no total 54 pinos, os mesmos estão acomodados em um dos lados da placa de maneira que continue harmonizado com os Arduinos Uno e Leonardo e, conseqüentemente, com todos os *shields*.

## 2.5 Relé

“Um relé eletromecânico é um tipo de atuador que comuta mecanicamente circuitos elétricos. Os relés desempenham um papel importante em muitos sistemas de acionamento de motores” (PETRUZELLA, 2013).

Segundo Petruzella (2013), o relé de acionamento eletromecânico compõe-se de uma bobina enrolada em núcleo de ferro, também conhecida como eletroímã e, uma vez que esta bobina é alimentada por um sinal de acionamento, a mesma cria um campo magnético neste núcleo que atrai o braço de ferro da armadura. Com isso, os contatos da armadura se fecham. Quando ocorre a interrupção do fluxo de corrente na bobina, a armadura volta para sua posição normal, não energizada, e por ação da mola de desarme os contatos da armadura se abrem novamente.

**Figura 4 – Relé eletromecânico**



**Fonte: Motores elétricos e acionamentos (2013)**

Cozzo (2009) afirma que os relés eletromecânicos são tipicamente usados com o objetivo de:

- Isolar galvanicamente dois circuitos quaisquer;
- Adequar os níveis de tensão entre dois pontos;
- Adequar os níveis de potência a serem chaveadas entre dois pontos;
- Multiplicar contatos.

Segundo Carneiro (2016), uma importante característica do relé é a capacidade de ser energizado por correntes muito pequenas, quando relacionadas a corrente necessária para funcionar um circuito controlado. Dispositivos eletrônicos como os transistores, que fornecem uma corrente na ordem de 0,1 A (Amperes), não são capazes de atuar no funcionamento de lâmpadas ou motores, porém esta corrente consegue ativar um relé para que, através deste, possa controlar a carga

que possui maior potência. Assim, por meio do relé, pode-se controlar circuitos de altas correntes utilizando dispositivos que disponibilizam correntes relativamente baixas.

## **2.6 Manutenção Corretiva**

Manutenção é o termo utilizado na definição dos cuidados técnicos que se deve ter para o bom funcionamento de equipamentos que garanta a qualidade do produto ou serviço.

“Garantir a confiabilidade e a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados.” (KARDEC; NASCIF, 2009, p. 23).

A manutenção corretiva é a forma mais antiga de manutenção conhecida e é definida como um conjunto de procedimentos que são aplicados em um equipamento que apresenta baixo rendimento, mau funcionamento ou passa a ficar inoperante.

“Esta abordagem significa deixar as instalações continuarem a operar até que quebrem. O trabalho de manutenção é realizado somente após a falha ter ocorrido.” (SLACK et al., 2006).

Segundo Kardec e Nascif (2009) a manutenção corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor do que o esperado. Tem por objetivo fazê-los voltar ao trabalho no menor espaço de tempo e custo possível.

Esse tipo de manutenção é dividido em duas classes: a planejada e a não planejada. A manutenção corretiva planejada é a correção em função de uma inspeção antecipada, onde tudo é planejado. Acaba sendo sempre mais barato, mais seguro e mais rápido. Já a manutenção corretiva não planejada é a correção da falha de maneira aleatória, ou seja, a correção após a ocorrência do fato. Isso implica em altos custos, pois causa um tempo de parada maior para o conserto e até mesmo a perda de componentes. É também conhecida como manutenção corretiva emergencial.

### **3 METODOLOGIA**

Para o desenvolvimento, no que se refere aos procedimentos técnicos utilizados, o trabalho se enquadra como sendo uma pesquisa exploratória e descritiva voltada à melhoria de controle dos equipamentos eletrônicos na área odontológica.

Segundo Gil (2002) pesquisas exploratórias têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses.

Além disso, gerar conhecimentos de aplicação prática direcionados à solução de problemas específicos. Ao longo do trabalho são feitas as descrições das etapas a serem cumpridas para a evolução e execução do projeto.

## 4 DESENVOLVIMENTO

### 4.1 Lista de Materiais

Nesse capítulo serão listados os materiais utilizados no experimento e suas respectivas funções no mesmo.

#### 4.1.1 Transformador

Entrada primária bivolt (110V/220V) e saída secundária *center type* (várias bobinas com diferentes valores de tensão). Ambas com tensão alternada (VCA).

Figura 5 – Transformador

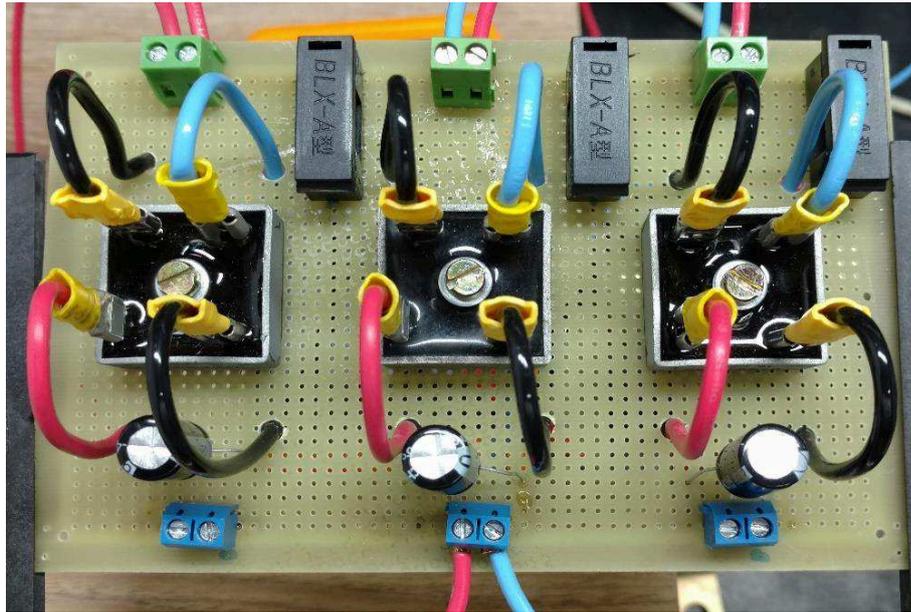


Fonte: Autoria própria

#### 4.1.2 Ponte Retificadora

Entrada com tensão alternada, passando pelo fusível (proteção em caso de curto-circuito ou falha do transformador), seguindo pela ponte retificadora (25A) que transforma a tensão em contínua, que é filtrada por um capacitor eletrolítico (capacitância de  $470\mu f$ , 50VCC) e torna o sinal da tensão mais estável.

**Figura 6 – Módulo com 3 pontes retificadoras**

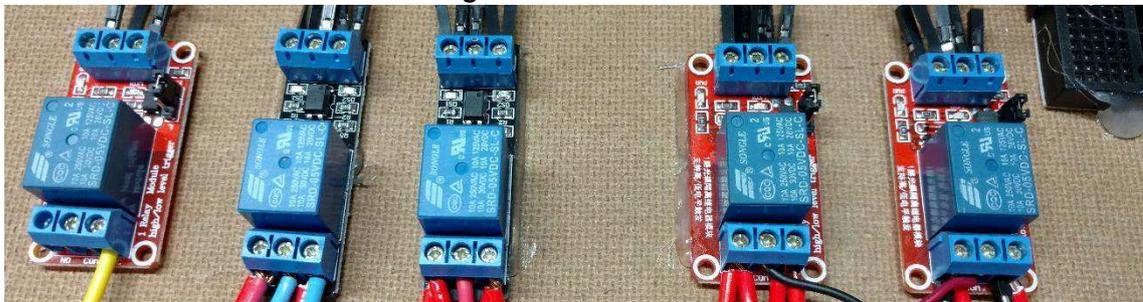


Fonte: Autoria própria

#### 4.1.3 Módulo Relé

Ele funciona como uma chave (interruptor). No borne há 3 conexões: NA (Normalmente Aberto), C (Comum) e NF (Normalmente Fechado). Quando o módulo relé estiver desligado, C estará conectado à NF. Quando estiver ligado, C estará conectado à NA. No borne superior, de acordo com a figura 4, é a entrada dos comandos do arduino e no borne inferior, a saída para acionamento dos motores e da lâmpada do refletor. São utilizados cinco módulos relé (10A): quatro para o acionamento dos motores e um para a lâmpada do refletor.

**Figura 7 – Módulos relé**

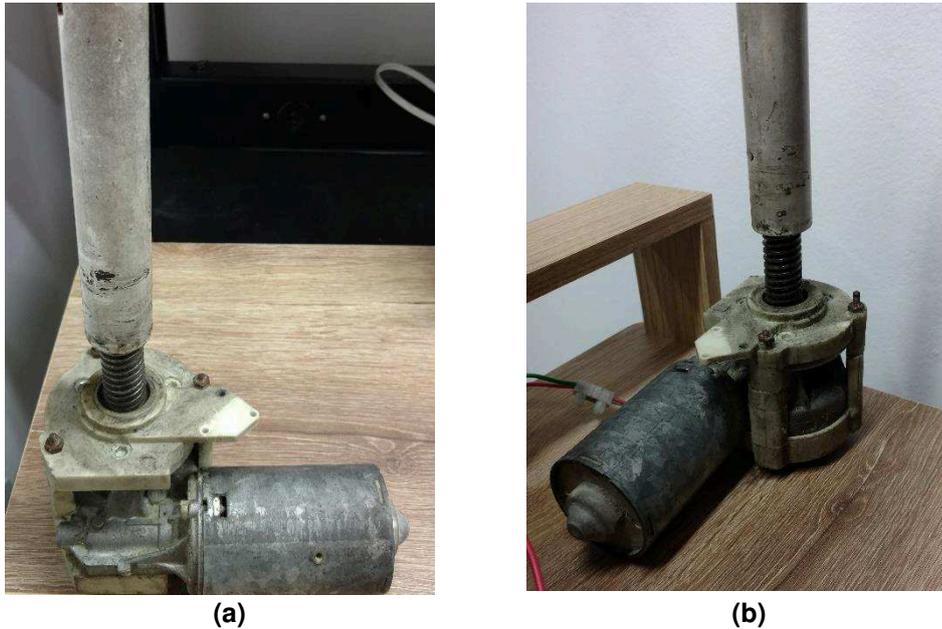


Fonte: Autoria própria

#### 4.1.4 Motor

Modelo Bosch com tensão de 24V contínua e corrente de 5Å. São utilizados dois deles no projeto com a finalidade de apresentar, junto à placa eletrônica, o funcionamento real de uma cadeira odontológica.

**Figura 8 – Visão frontal do motor (a); Visão traseira do motor (b)**



Fonte: Autoria própria

#### 4.1.5 Servomotor

Microservo 9g modelo Tower Pro. São utilizadas duas unidades no protótipo do experimento, ou seja, na simulação do funcionamento de uma cadeira odontológica.

Figura 9 – Servomotor (a); Servomotores aplicados no projeto (b)



(a)



(b)

Fonte: Autoria própria

#### 4.1.6 Lâmpada

Modelo H3. Com 12V de tensão e 55W de potência. É comumente utilizada nos refletores de consultórios odontológicos.

Figura 10 – Lâmpada

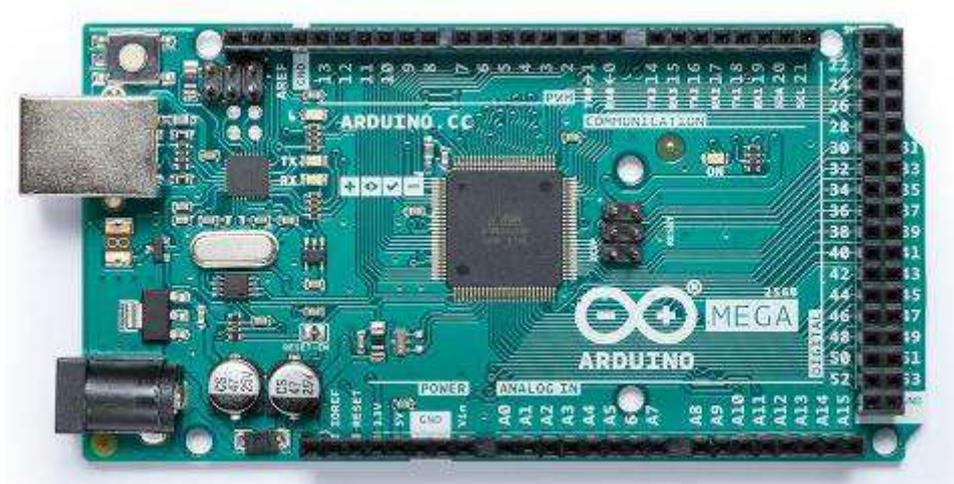


Fonte: Autoria própria

#### 4.1.7 Placa Arduino

Placa arduino Mega faz o controle do projeto. Ela foi escolhida pois são necessárias mais portas digitais do que o arduino Uno oferece.

Figura 11 – Arduino mega 2560

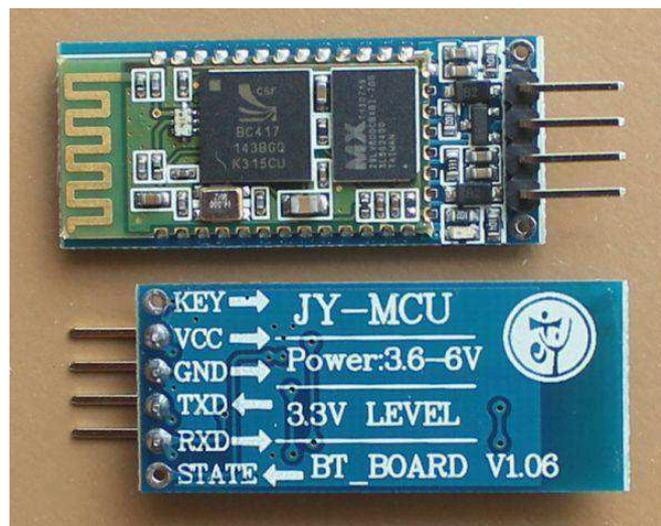


Fonte: Arduino.cc (2018)

#### 4.1.8 Módulo Bluetooth

Modelo HC-06. Faz a comunicação entre o celular e o arduino. Envia os comandos selecionados no aplicativo que são recebidos pelo arduino e executados posteriormente.

Figura 12 – Módulo bluetooth HC-06

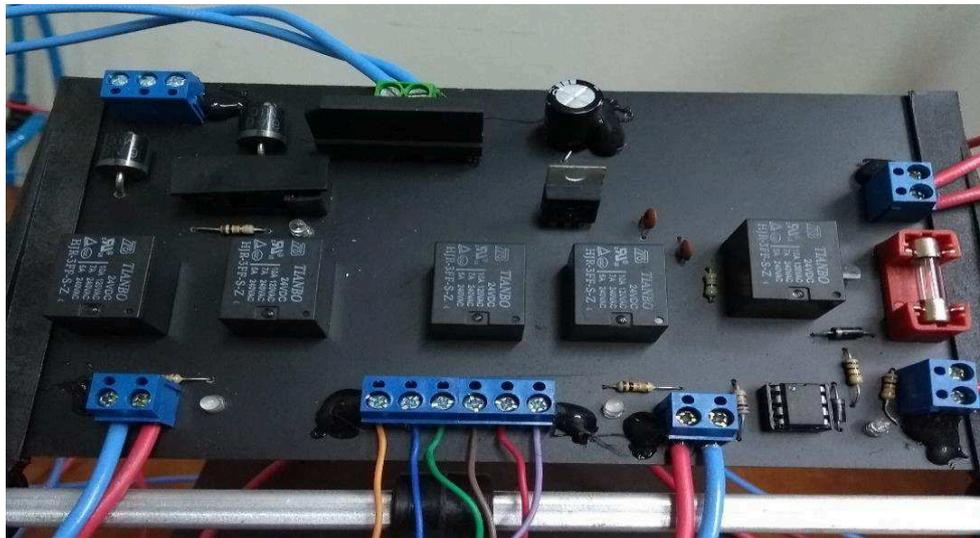


Fonte: arduinovacao.blogspot.com (2016)

#### 4.1.9 Placa Eletrônica Odontológica Universal

Essa placa utilizada no projeto funciona para três tipos diferentes de cadeiras odontológicas. Originalmente, a placa eletrônica de cada fabricante tem um tipo de conexão e alimentação. Neste caso, é um modelo universal devido à sua composição simples (cinco relés eletromecânicos) para a funcionalidade proposta (não tem microprocessador embutido) e, dependendo das conexões de entradas, ativa a ligação de uma marca específica.

Figura 13 – Placa eletrônica odontológica universal

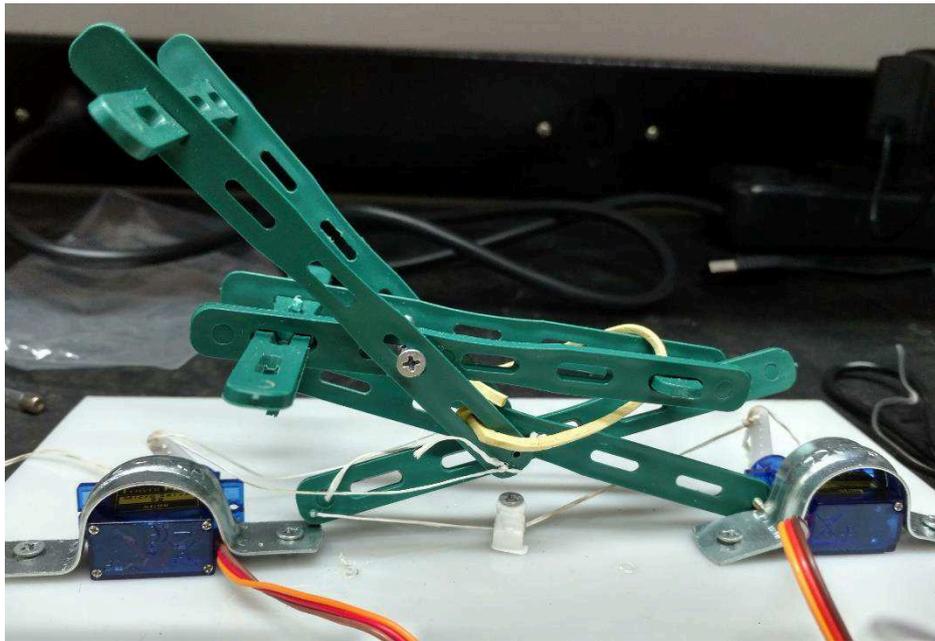


Fonte: Autoria própria

#### 4.1.10 Protótipo da Cadeira Odontológica

O funcionamento de dois servomotores simulam os movimentos da cadeira, que é montada com palitos de plástico (figura 14).

**Figura 14 – Simulador de uma cadeira odontológica**



Fonte: Autoria própria

#### **4.1.11 Botoeira de Segurança**

Bloqueia o circuito se houver alguma anomalia no sistema em funcionamento. A lâmpada do lado esquerdo na figura 15 fica acesa todo o tempo, demonstrando a execução correta do circuito. Ao acionar a botoeira de emergência, a lâmpada se apaga e o sistema para.

**Figura 15 – Botoeira de emergência**



Fonte: Autoria própria

## 4.2 Sequência Lógica e Funcionamento

O passo a passo apresentado a seguir segue a sequência lógica de execução e funcionamento do experimento.

A princípio os transformadores são energizados e a partir deles o projeto caminha para duas execuções diferentes: a da demonstração do funcionamento da placa eletrônica odontológica universal, que chamaremos de módulo 1 e a da execução do protótipo simulador de uma cadeira odontológica, que chamaremos de módulo 2. Lembrando que as duas etapas não funcionam simultaneamente. Chaves liga/desliga (figura 16) são utilizadas para determinar qual módulo entrará em funcionamento e chave seletora (figura 17) é utilizada para que não haja conflito de tensão entre os módulos, já que os motores são conectados e participam do funcionamento de ambos.

**Figura 16 – Chaves liga/desliga**



Fonte: Autoria própria

**Figura 17 – Chave seletora**



Fonte: Autoria própria

#### 4.2.1 Módulo 1

O transformador alimenta a placa eletrônica universal e a chave seletora é colocada na posição correspondente ao módulo 1. O acionamento dos motores e da lâmpada, nessa etapa, se dá através de botões (figura 18).

**Figura 18 – Caixa de comando com botoeiras**



**Fonte: Autoria própria**

Segue abaixo a sequência de acionamento:

- Botões verdes: subida e descida do encosto;
- Botões vermelhos: subida e descida do assento;
- Botão amarelo: liga/desliga a lâmpada do refletor.

Ao acionar o botão verde da esquerda, é preciso mantê-lo pressionado para dar sequência à execução. O relé conectado a esse comando aciona o motor que entra em funcionamento no sentido de subida do encosto e só é interrompido quando o botão for solto ou quando atingir o sensor fim de curso. Ao acionar o botão verde da direita, outro relé, responsável por esse comando, aciona o motor que passa a funcionar no sentido de descida e no caso de interrupção, segue o mesmo processo já descrito anteriormente, ou seja, só para quando o botão for solto ou quando atingir o sensor fim de curso.

Os botões vermelhos estão relacionados ao motor do assento, que

originalmente segue o mesmo padrão de funcionamento descrito acima, porém, nesse experimento, não está fixado e apenas rotaciona nos sentidos horário e anti-horário para representação do movimento de subida e descida.

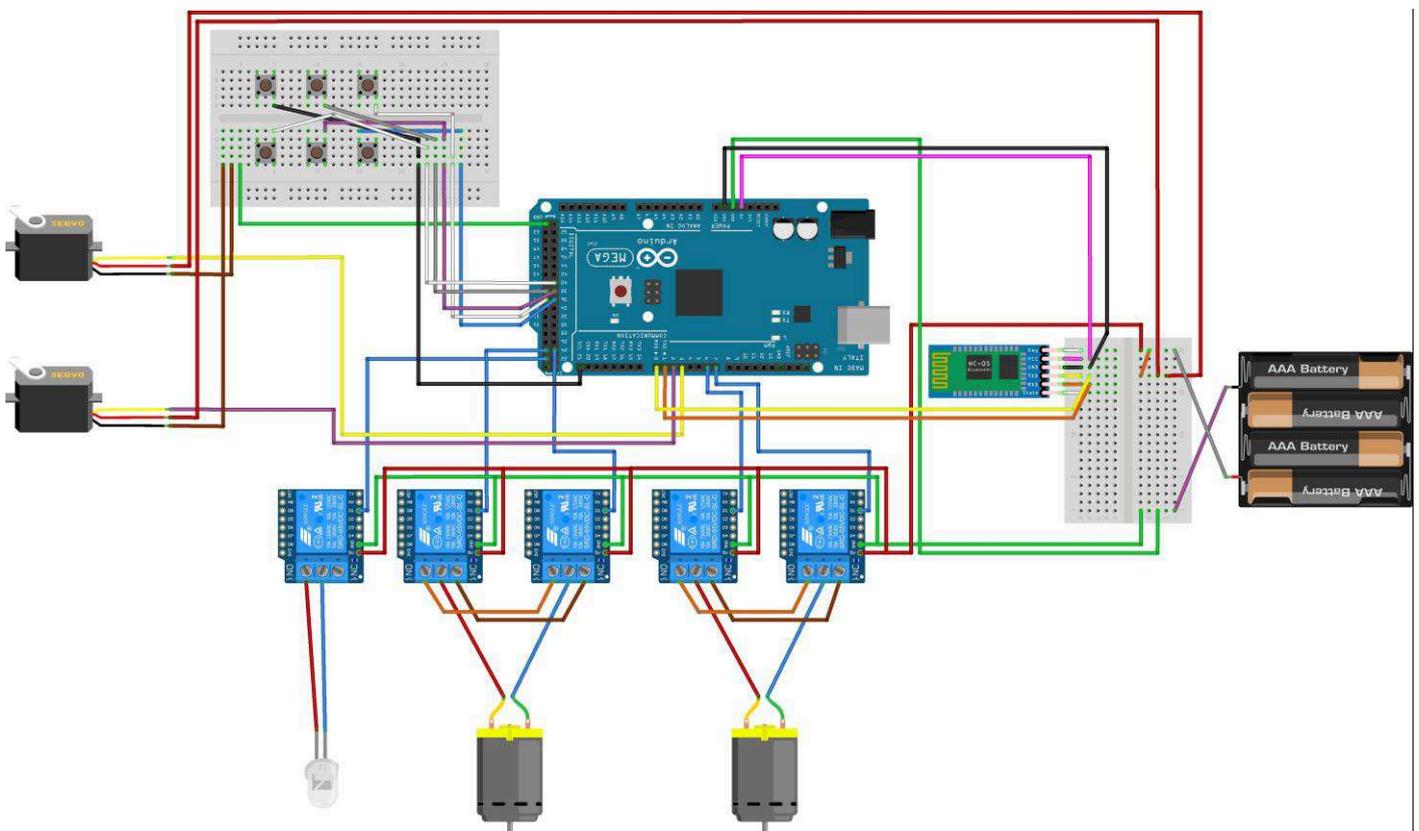
Por fim, pressionado o botão amarelo o relé é acionado e, por consequência, a lâmpada do refletor. Ao apertar novamente o botão, a lâmpada apaga.

#### 4.2.2 Módulo 2

A chave seletora é colocada na posição correspondente ao módulo 2. O transformador alimenta as três entradas das pontes retificadoras com tensão alternada. As duas primeiras são destinadas ao funcionamento dos motores e a última à lâmpada. Ao entrar pelas pontes, a tensão é retificada e passa a ser contínua nas saídas das mesmas. Assim vai para os contatos dos relés. Desse modo é possível o acionamento dos motores.

Essa etapa permite o acionamento via bluetooth e botões. A figura 19 mostra o esquema de ligação para o funcionamento do protótipo da cadeira junto ao funcionamento dos motores.

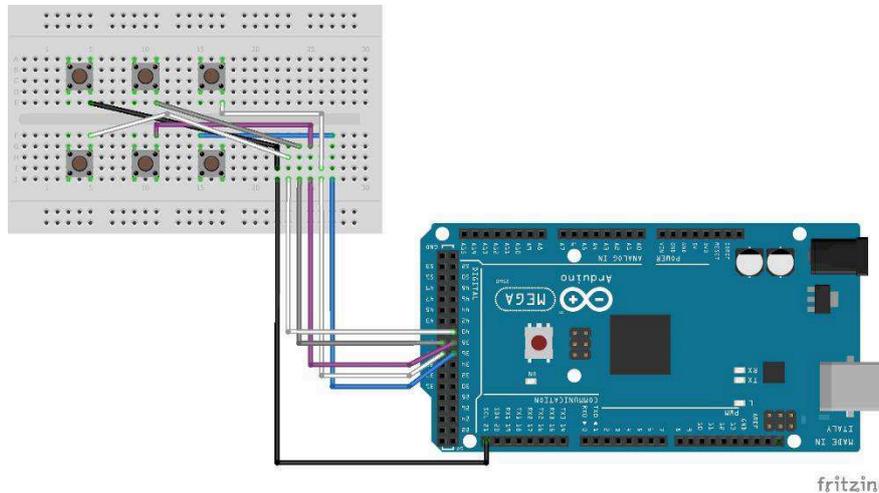
**Figura 19 – Esquema de ligação do protótipo da cadeira junto ao dos motores**



Fonte: Aatoria própria

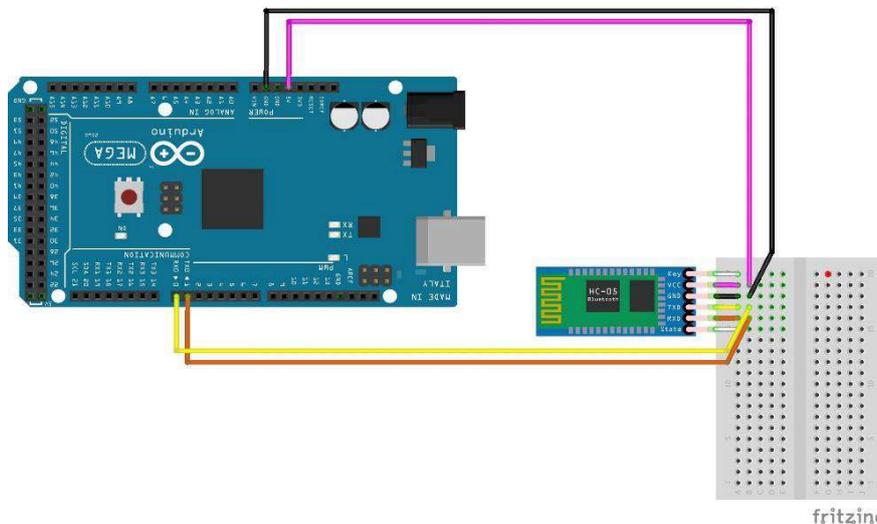
Na placa arduino estão conectados botões para o acionamento dos comandos (figura 20) e módulo bluetooth para acionamento via celular (figura 21).

**Figura 20 – Esquema de ligação dos botões**



Fonte: Autoria própria

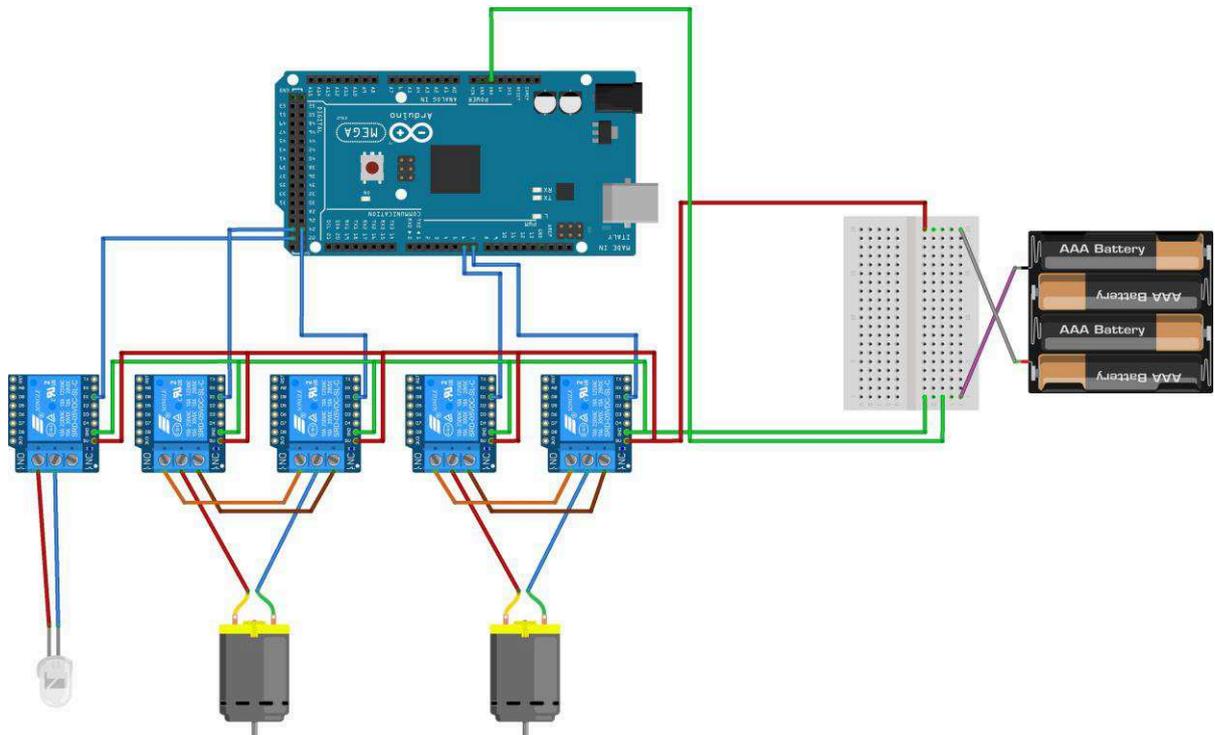
**Figura 21 – Esquema de ligação do módulo bluetooth**



Fonte: Autoria própria

Após o acionamento (por botão ou celular), o arduino controla a saída para a execução do comando desejado. No caso do acionamento do motor, sempre será executado, simultaneamente, o funcionamento de um módulo relé (figura 22) e um servomotor (figura 23), exceto ao acionar a lâmpada, que utiliza somente um módulo relé.

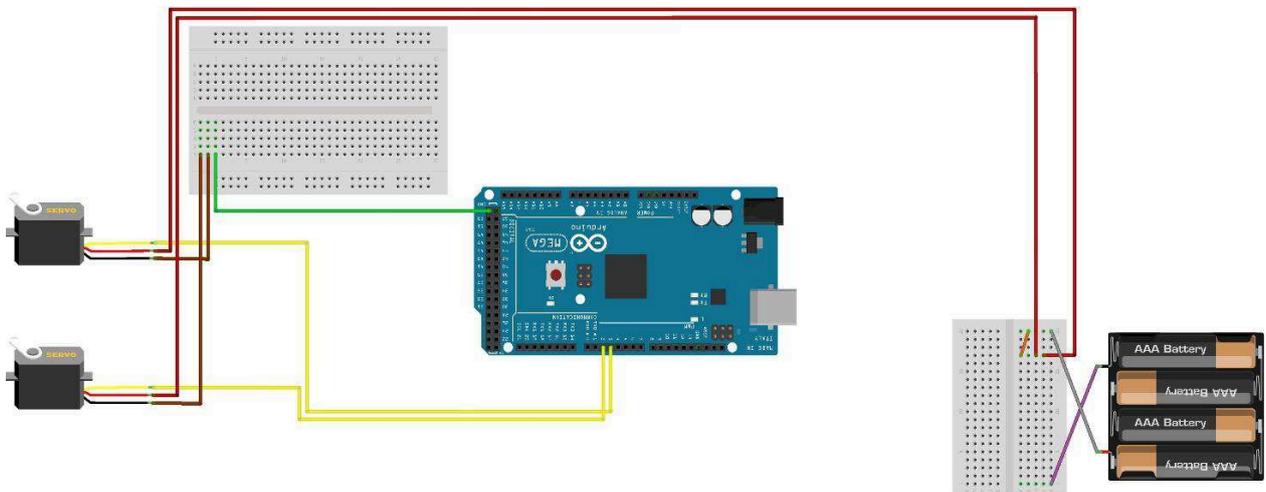
**Figura 22 – Esquema de ligação dos módulos relé**



Fonte: Autoria própria

fritzing

**Figura 23 – Esquema de ligação dos servomotores**



Fonte: Autoria própria

fritzing

Da forma descrita é possível exemplificar: Foi executado o comando de acionamento do motor para subida do assento. Ao passo que o motor real se movimenta (através do módulo relé), o servomotor também é acionado e se movimenta, simulando o funcionamento da subida do assento de uma cadeira odontológica. Assim acontecem os acionamentos de subida e descida do encosto e do assento. Esse protótipo foi proposto e construído para melhorar a visualização do projeto.

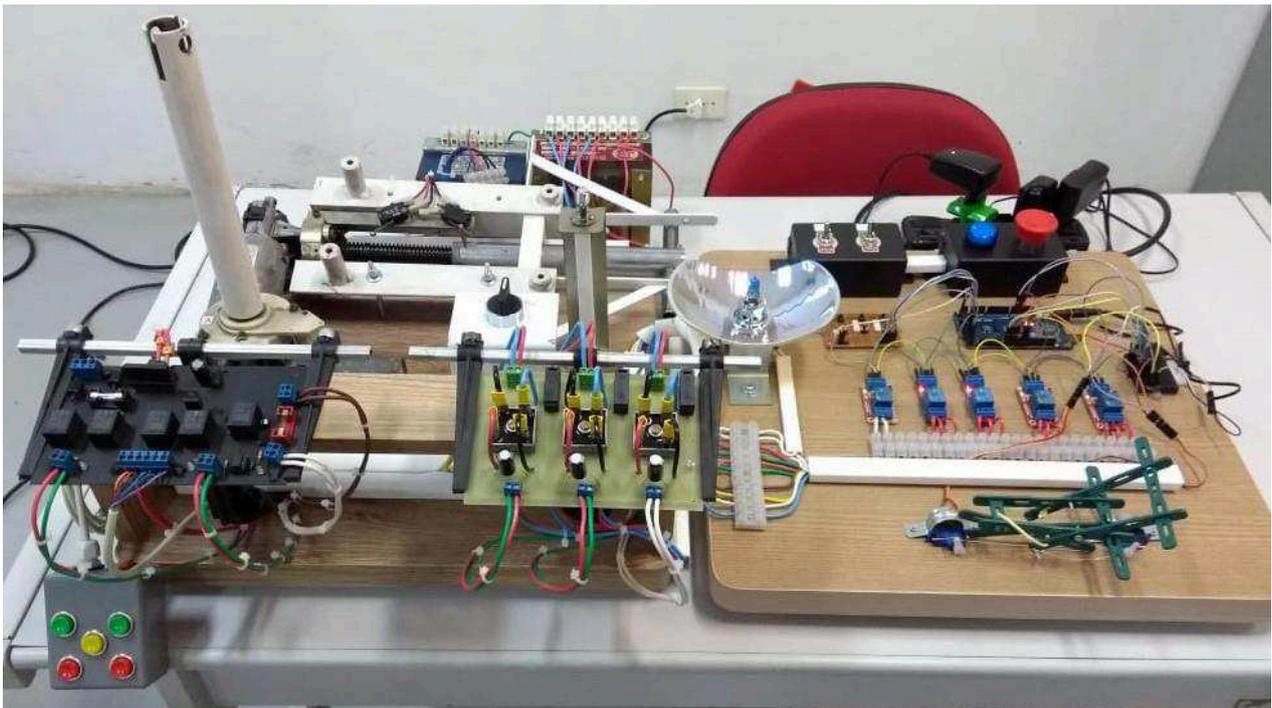
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste experimento foi utilizado o arduino controlando os comandos da placa eletrônica odontológica universal e realizou-se uma simulação com equipamentos reais e viáveis de serem aplicados à realidade. Vale ressaltar que os custos envolvidos para que uma pessoa adapte a placa eletrônica universal em um consultório odontológico são diluídos, e se tornam bem menores se comparados ao lucro que se pode obter pelo serviço.

Nesta oportunidade, após testes, optou-se por uma divisão modular, apresentado como Módulo 1 e Módulo 2. No Módulo 1, é demonstrado o funcionamento da placa em sua forma básica e, no Módulo 2, é demonstrado o escopo de um projeto para um protótipo do funcionamento de uma cadeira odontológica controlado pelo arduino. Permitiu-se, dessa forma, um melhor entendimento do tema do trabalho e uma visualização mais interativa. Lembrando que a parte funcional do protótipo é totalmente didática, porém é baseada em situações reais.

Ao final (figura 24), obtiveram-se resultados práticos coerentes com o que se era esperado, atingindo os objetivos do trabalho embasados nas ferramentas mecânicas aliadas aos dispositivos eletrônicos que controlam a simulação.

**Figura 24 – Projeto finalizado**



Fonte: Autoria própria

## 6 CONCLUSÃO

De acordo com os objetivos deste trabalho, pode-se concluir que o projeto experimental de uma placa eletrônica odontológica universal baseado em uma problemática real pode render a fabricação de mais unidades como esta devido a eficiência comprovada, ser de fácil instalação e ágil manutenção.

Do ponto de vista econômico, os custos envolvidos na própria montagem da placa juntamente com os periféricos (caso haja necessidade) para que seja feita uma instalação ou substituição da placa original são muito menores, o que torna essa nova alternativa economicamente mais viável.

A importância desse experimento é caracterizada pela utilização de equipamentos comumente empregados na área odontológica, o que traz de fato uma proximidade de seu real funcionamento. A automação é aplicada da forma mais simples para a melhoria do dia a dia do profissional, fazendo com que diminuam os seus gastos, porém, com o mesmo desempenho em seus equipamentos.

## REFERÊNCIAS

ALVES, F. **Hardware: O que é microprocessador?** Disponível em: <https://www.guiadatecnologia.com/2012/02/hardware-o-que-e-microprocessador.html>. Acesso em 22 abr. 2018 16h 30min.

ARDUINO C.C, **Arduino**. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/guide/introduction#>. Acesso em 12 abr. 2018 13h.

ARRUDA, F. **A história dos processadores**. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/historia/2157-a-historia-dos-processadores.htm>. Acesso em 22 abr. 2018 18h.

CARNEIRO, F. **Fundamentos do relé: tipos, constituição, contatos, física e mais!** Disponível em: <http://eletronicaqui.com/2016/11/rele/>. Acessado em 08 de out. 2018 17h.

COZZO, R. **Relés eletromecânicos e de estado sólido**. Disponível em: <https://www.osetoreletrico.com.br/reles-eletromecanicos-e-de-estado-solido/>. Acessado em: 08 de out. 2018 17h 40min.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 . Ed. São Paulo: Atlas S/A, 2002. 176 p.

JORDÃO, F. **Como funciona um circuito integrado?** Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/eletronica/45954-como-funciona-um-circuito-integrado-ilustracao-.htm>. Acesso em 22 abr. 2018 19h.

KARDEC, A.; XAVIER, J.N. **Manutenção: Função estratégica**. 3 . ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009. 384 p.

LIMA, C.B.; VILLAÇA, M.V.M. **AVR e Arduino: Técnicas de projeto**. 2 . ed. Florianópolis: Ed. dos autores, 2012. 112 p.

MONK, S. **Programação com Arduino: Começando com sketches**. 2 . ed. Porto Alegre: Bookman, 2017. 148 p.

MONK, S. **Projetos com Arduino e Android**. Porto Alegre: Bookman, 2013. 212 p.

ORDONEZ, E.D.M.; SILVA, A.C.R.; PENTEADO, C.G. **Microcontroladores e Fpgas – Aplicações em automação**. São Paulo: Novatec, 2005. 384 p.

PETRUZELLA, F. D. **Motores Elétricos e Acionamentos: Série Tekne.** Porto Alegre: Editora Bookman, 2013. 366 p.

Petry, C.A. **Introdução ao Arduino.** Disponível em:  
[http://professorpetry.com.br/Ensino/Repositorio/Docencia\\_CEFET/Eletronica\\_Potencia/2012\\_1/Apresentacao\\_Aula\\_13.pdf](http://professorpetry.com.br/Ensino/Repositorio/Docencia_CEFET/Eletronica_Potencia/2012_1/Apresentacao_Aula_13.pdf). Acesso em 22 abr. 2018 20h 30min.

RUSSO, R. **Intel 4004 – O primeiro microprocessador do mundo faz 40 anos.** Disponível em: <http://escreveassim.com/2011/11/18/intel-4004-primeiro-microprocessador-faz-40-anos/>. Acesso em 22 abr. 2018 17h 45min.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** São Paulo: Atlas, 2006.

TAIT, T.F.C. **História do Processador.** Disponível em:  
[http://www.din.uem.br/museu/hist\\_processo.htm](http://www.din.uem.br/museu/hist_processo.htm). Acesso em 22 abr. 2018 17h 30min.

WOODFORD, C. **Integrated circuits.** Disponível em:  
<http://www.explainthatstuff.com/integratedcircuits.html>. Acesso em 22 abr. 2018 18h 45 min.

XAVIER, J.N. **Manutenção: Tipos e tendências.** Disponível em:  
<http://www.tecem.com.br/wp-content/uploads/2015/02/GP003-MANUTEN%C3%87%C3%83O-TIPOS-E-TEND%C3%84NCIAS-Julio-Nascif.pdf>. Acesso em 22 abr. 2018 17h.