

**UNIVERSIDADE POSITIVO  
ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO**

**APARELHO ELETROESTIMULADOR PARA TRATAMENTO  
ESTÉTICO**

**Eduardo de Mattos Schroeder**

**Monografia apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso como requisito  
parcial à conclusão do Curso de Engenharia da Computação, orientada pelo Prof.  
Amarildo Geraldo Reichel.**

**UP/NCET  
Curitiba  
2008**

# **TERMO DE APROVAÇÃO**

Eduardo de Mattos Schroeder

Aparelho Eletroestimulador para Tratamento Estético

Monografia aprovada como requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia da Computação da Universidade Positivo, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Amarildo Geraldo Reichel (Orientador)

Prof. Edson Pedro Ferlin

Prof. Alessandro Brawerman

Curitiba, 8 de Dezembro de 2008.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que me deram à oportunidade de conquistar um sonho, foi com muito esforço que esse projeto tornou-se realidade.

Meu pai Gilberto Gustavo Schroeder, minha mãe Jane Santos de Mattos Schroeder, meus irmãos Henrique e Guilherme (Xeren), Gui que já está olhando por mim lá com Deus. Foi com muita batalha que cheguei até aqui, a minha noiva e futura esposa Tatiane Cristina Marochi pela sua compreensão e apoio nas horas difíceis, ao amigo e orientador Prof. Amarildo que sempre estava nos momentos mais difíceis encontrando soluções para todas minhas dúvidas.

Agradeço aos meus familiares que de alguma forma me apoiaram e aos amigos que compartilharam as dificuldades e soluções durante o desenvolvimento deste projeto.

## **RESUMO**

Projeto é um aparelho Eletroestimulador que utiliza correntes com parâmetros de intensidade na faixa de microamperagem e de baixa frequência.

Corrente de baixa intensidade, em micro ampères.

Frequência que varia de 0,5 a 900 Hz podendo chegar a 1k Hz dependendo do tratamento indicado ao paciente. Esta estimulação ocorre em níveis que não se consegue ativar as fibras nervosas sensoriais subcutâneas e, como resultado, ao pacientes não tem nenhuma percepção da sensação de formigamento tão comumente associada com procedimentos eletroterapêuticos. Esta forma de estimulação elétrica tende a ser aplicada em nível sub-sensorial ou sensorial muito baixo, com uma corrente que opera a menos de 1.000 microamperes.

O aparelho Eletroestimulador trabalha com a menor quantidade de corrente elétrica mensurável, e que isso é compatível com o campo eletromagnético do corpo.

No projeto o aparelho possui 8 canais sendo 8 pólos positivos e 8 pólos neutros.

**Palavras chave:** eletroestimulador, tratamento, estética.

## **ABSTRACT**

Project is a device that uses current stimulated with parameters in the range of intensity and low-microamperagem often.

Current low-intensity, in micro amps.

Frequency that ranges from 0.5 to 900 Hz can reach 1kHz depending on the treatment given to the patient.

This stimulation occurs at levels that you can not activate the sensory nerve fibers disorders, and as a result, the patient has no perception of tingling sensation of so commonly associated with procedures eletroterapêuticos.

This form of electrical stimulation tends to be applied in a sub-sensory or sensory very low, with a current operating at less than 1000 microamperes.

The unit works stimulated with the least amount of measurable electrical current, and it is compatible with the Field electromagnetic body.

Under the project the unit has 8 channels of frequency generators.

**Key words:** stimulated, treatment, aesthetics

## SUMÁRIO

### LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Diagrama de blocos de Sistema de *Hardware*  
Figura 2 – Formas de ondas para tratamentos de Eletroterapia  
Figura 3 – Fluxograma de *Firmware* do microcontrolador  
Figura 4 – Memória utilizada pelo *Firmware*  
Figura 5 – Leds indicadores do funcionamento dos canais  
Figura 6 – Microcontrolador PIC16F877  
Figura 7 – Cristal  
Figura 8 – Botões  
Figura 9 – Aparelho visto de cima  
Figura 10 – Aparelho em Execução  
Figura 11 – Aparelho com 8 canais ligados

### LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Cronograma  
Tabela 2 – Custos  
Tabela 3 – Representação dos sinais digitais (Leds)  
Tabela 4 - Representação dos sinais digitais (Microcontrolador)  
Tabela 5 - Representação dos sinais digitais (Botões)

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1-Histórico .....	12
1.2-Objetivo .....	12
1.3-Divisão do trabalho .....	13
<b>CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>14</b>
2.1- Aplicação de corrente elétrica .....	14
2.1.1-Corrente Elétrica .....	14
2.1.2-Classificação da Corrente Elétrica .....	15
2.1.3-Resistência .....	15
2.1.4-Intensidade .....	15
2.1.5-Frequência.....	16

2.1.6-Eletrodos.....	16
2.1.7-Corrente Galvânica.....	17
2.1.8-Galvanização.....	18
2.1.9-Dosimetria.....	19
2.1.10-Corrente Elétrica e Corpo Humano.....	19
2.2-Cronograma.....	20
2.3-Custos.....	21
<b>CAPÍTULO 3 – ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO.....</b>	<b>22</b>
3.1-Especificação do <i>Hardware</i> .....	22
3.1.1-Eletrodo Emissor.....	22
3.1.2-Oscilador Digital.....	22
3.1.3-Fonte de Alimentação.....	25
3.1.4-Microcontrolador PIC 16F877.....	25
3.2-Especificação do <i>Firmware</i> .....	26
3.3-Plataforma de Desenvolvimento.....	28
<b>CAPÍTULO 4 – DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO.....</b>	<b>29</b>
4.1- <i>Hardware</i> .....	29
4.1.1-Leds indicadores.....	29
4.1.2-Microcontrolador.....	30
4.1.3-Cristal.....	31
4.1.4-Botões.....	32
4.1.5-Aparelho Eletroestimulador.....	33
4.2- <i>Firmware</i> .....	34
4.2.1-Módulo Display.....	34
4.2.2-Módulo Menu.....	35
4.2.3-Módulo Tratamento.....	35
<b>CAPÍTULO 5 – VALIDAÇÃO E RESULTADOS.....</b>	<b>36</b>
5.1-Protocolo de Testes.....	36
5.1.1-Módulo de <i>Hardware</i> .....	36
5.1.2-Módulo de <i>Firmware</i> .....	36
5.2-Sistema Completo.....	36
<b>CAPÍTULO 6 - CONCLUSÃO.....</b>	<b>38</b>

<b>CAPÍTULO 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>39</b>
1-Livro .....	39
2- Internet.....	39
<b>ANEXO I - CIRCUITO.....</b>	<b>40</b>
<b>ANEXO II – CÓDIGO FONTE.....</b>	<b>42</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de blocos de Sistema de <i>Hardware</i> .....	22
Figura 2 – Formas de ondas para tratamentos de Eletroterapia .....	24
Figura 3 – Fluxograma de <i>Firmware</i> do microcontrolador .....	26
Figura 4 – Memória utilizada pelo <i>Firmware</i> .....	27
Figura 5 – Leds indicadores do funcionamento dos canais .....	29
Figura 6 – Microcontrolador PIC16F877 .....	30
Figura 7 – Cristal .....	31
Figura 8 – Botões .....	32
Figura 9 – Aparelho visto de cima .....	33
Figura 10 – Aparelho em Execução .....	33
Figura 11 – Aparelho com 8 canais ligados .....	34

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Cronograma .....	20
Tabela 2 - Custos.....	21
Tabela 3 - Representação dos sinais digitais (Leds).....	29
Tabela 4 - Representação dos sinais digitais (Microcontrolador).....	30
Tabela 5 - Representação dos sinais digitais (Botões). .....	32

## **LISTA DE SIGLAS**

**NCET**- Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas

**UP** – Universidade Positivo

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\Omega$  - ohm

**A** – Ampère

**V** – Tensão

**J** – Joule

**DDP** – Diferencia de Potencial

**W** - Watts (1 Joule/s)

**Hz** – Herz

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

### 1.1-Histórico

A busca pela beleza se tornou um dos principais objetivos das pessoas. Essas pessoas estão cada vez mais presentes em clínicas de estética e beleza, seja fazendo tratamentos básicos ou até mesmo corrigindo aquelas imperfeições que tanto incomodam. Este fato aqueceu significativamente o mercado de estética no país, com a proliferação de espaços dedicados para este tipo de atividade.

Outro ponto importante que contribui para essa nova realidade do mercado da estética é chegada de novas tecnologias. O espaço de tempo entre a entrada de um novo tratamento e outro é mínimo. A indústria está desenvolvendo produtos cada vez mais avançados que podem resolver problemas estéticos e com dois importantes diferenciais: menor custo e tempo de recuperação.

Os pacientes estão procurando cada vez mais tratamentos menos invasivos que tenham menor tempo de recuperação.

### 1.2-Objetivo

O projeto consiste no desenvolvimento de um aparelho eletroestimulador que gere ondas pulsadas e uma corrente contínua com parâmetros de intensidade na faixa de microamperagem de baixa frequência. Esta estimulação ocorre em níveis que não se consegue ativar as fibras nervosas sensoriais subcutâneas e, como resultado, ao pacientes não tem nenhuma percepção da sensação de formigamento tão comumente associada com procedimentos eletroterapêuticos. Esta forma de estimulação elétrica tende a ser aplicada em nível sub-sensorial ou sensorial muito baixo, com uma corrente que opera a menos de 1000 microamperes.

O aparelho eletroestimulador trabalha com a menor quantidade de corrente elétrica mensurável, e que isso é compatível com o campo eletromagnético do corpo. No projeto o aparelho possui 8 canais sendo 8 pólos positivos e 8 pólos neutros aumentando os locais que podem ser tratados ao mesmo tempo.

### 1.3-Divisão do trabalho

No capítulo 2, sessão 2.1, inicia-se um estudo teórico a respeito da aplicação de corrente elétrica em estética. No capítulo 3, é mostrado a especificação do *hardware* e a especificação do *firmware*. No capítulo 4 apresenta-se o projeto e o funcionamento dos módulos. O capítulo 5 os testes de validação, resultados e no capítulo 6 a conclusão do projeto, as considerações a respeito de possíveis melhorias no projeto e sugestões de trabalhos futuros.

## CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1- Aplicação de corrente elétrica em Estética

Tales de Mileto, no século VII A.C., conhecia a propriedade apresentada pelo âmbar amarelo (resina fóssil de cor amarela empregada em joalheria e ornamentação), de atrair corpos leves quando atritado por um pano (lã). Daí a palavra eletricidade, pois em grego, *elektron* significa âmbar.

- Eletricidade - parte da física que estuda as manifestações elétricas;
- Eletrostática - parte da eletricidade que estuda os corpos elétricos em repouso;
- Eletrodinâmica - parte da física que estuda os corpos elétricos em movimento;

O corpo humano é formado por pequenas partículas chamadas átomos que são a menor partícula da matéria e tem cargas elétricas, encontrando-se subdivididos em:

- Prótons - são as cargas positivas;
- Elétrons - são as cargas negativas;
- Nêutrons - não possuem carga elétrica;

#### 2.1.1-Corrente Elétrica

O movimento gerado entre o núcleo atômico e os elétrons livres de cada material é realizado de forma aleatória e caótica, isto é, sem que haja uma direção definida. É o fluxo ordenado de elétrons que produz DDP (diferença de potencial) entre os extremos de um condutor.

DDP é a força eletromotriz disponível para produzir o movimento de uma corrente elétrica, ou seja, a força que faz com que os elétrons sejam movidos.

Quando devido a um processo externo gera-se uma força elétrica que os obriga a executarem um movimento em direção ordenada que se sobreponha ao caótico, denominamos corrente elétrica a esse fluxo ordenado de elétrons livres.

Corrente elétrica em um condutor é definida como a quantidade de carga que atravessa o fio em um intervalo de tempo. Sua unidade no sistema internacional é o ampère (A) e, por convenção, o sentido da corrente é o oposto ao movimento de elétrons livres.

### 2.1.2-Classificação da Corrente Elétrica

Corrente Contínua: acontece quando a fonte que alimenta um condutor tem a polaridade de seus terminais fixa, a força elétrica tem direção e sentido constantes. Isso obriga o fluxo de elétrons livres também ter direção e sentidos fixos caracterizando o que chamamos de corrente contínua, ou seja, a corrente contínua é unidirecional, constante, possui efeitos polares e seu gráfico possui uma só fase positiva ou negativa.

Corrente Alternada: existem fontes que alternam constantemente sua polaridade. Conseqüentemente o sentido da força elétrica que surge no condutor, de um aparelho que esteja ligada à tomada de 110V ou 220V, também se alterna. Assim, o movimento de elétrons livres será ora para um lado ora para o outro lado, dando origem ao que chamamos de corrente alternada, ou seja, bidirecional, não tem efeito polar e seu gráfico apresenta das fases uma positiva e outra negativa.

### 2.1.3-Resistência

É uma dificuldade oferecida pelo condutor à passagem de corrente elétrica. O elétron que se desloca por um condutor colide-se com o átomo do material do próprio condutor transferindo energia para este, causando então o aquecimento, e a mensuração desta energia é Joule (J).

Resistor é um dispositivo elétrico capaz de oferecer resistência pré-determinada a passagem de corrente elétrica. Sua mensuração é em Watts (1 Joule/s).

### 2.1.4-Intensidade

Quantidade de fluxo de elétrons que passa através de um condutor. Sua unidade de medida é Coulomb por segundo (1 Ampère).

$$1 \text{ A} = 1 \text{ C/S}$$



### 2.1.5-Frequência

Esta é a frequência com que os elétrons passam na corrente. A unidade de medida de frequência é Herz (Hz).

Baixa Frequência = 1 Hz a 1.000 Hz

Média Frequência = 1.000 Hz a 100.000 Hz

Alta Frequência = 100.000 Hz em diante.

Diferentes frequências interferem no limiar sensitivo de cada pessoa, pois frequências maiores ocasionam percepções menores, pois alta frequência apresenta resistência menor da pele à passagem da corrente a passagem da corrente.

As formas de pulso podem ser monofásicas no qual tem a fase positiva ou negativa separadamente, e possui efeito polar e as bifásicas no qual tem a fase positiva e negativa, portanto não possui efeito polar. As correntes bifásicas podem ser com um pulso ou contínuas.

### 2.1.6-Eletrodos

Território de ninguém é chamado o espaço entre o aparelho e o cliente, e esta ligação entre o aparelho e o cliente se fazem por meio de eletrodos. Pouca literatura se tem a respeito disso, no entanto é um ponto muito importante.

A dimensão, constituição e colocação dos eletrodos são, em grande parte, responsável pelo êxito do tratamento, bem como causadores de desconforto e queimaduras, se não forem aplicados devidamente.

Sua função é a transmissão de fluxo de corrente ao paciente.

Tipos de eletrodos:

- Em placas, flexível e maleável; usados geralmente em áreas planas de fácil acesso.
- Em luvas;
- Em rolos;
- Puntiformes ou em forma de canetas;
- Ganchos;

### 2.1.7-Corrente Galvânica

É uma corrente elétrica unidirecional, contínua, e constante (a intensidade não varia em relação ao tempo). O fluxo dessa corrente se dá do pólo positivo para o negativo.

Efeitos Fisiológicos:

- Produção de calor: o transporte de corrente elétrica através de íons produz calor e sua intensidade tem relação direta com a resistência específica do meio em que é aplicado este tipo de corrente.
- Eletrólise: é o fenômeno pelo qual as moléculas se dividem em seus diferentes componentes químicos, pelo fato de cada um deles leva consigo uma carga elétrica diferente, e estaremos aplicando uma corrente que se desencadeiam efeitos polares por ter fases distintas em seu gráfico.
- Fenômeno do Eletrotonus: é a alteração que a corrente produz na excitabilidade e condutibilidade do tecido. O Aneletrotonus ocorre no pólo positivo e causa a depressão da excitabilidade facilitando as atividades específicas do tecido nervoso.
- Vasodilatação: se dá devido à ação da corrente galvânica sobre os nervos vasomotores, provocando uma hiperemia ativa, que chega a atingir os tecidos mais profundos por ação reflexa. Com isso há um aumento da irrigação sanguínea, acarretando maior nutrição tecidual profunda.

O pH da pele abaixo do cátodo torna-se gradualmente alcalino à medida que íons positivos são atraídos em sua direção enquanto a pele debaixo do ânodo sofre a reação oposta. E estas alterações químicas induzem a uma vasodilatação reflexa, presumivelmente com a finalidade de manter um pH homeostático.

- Aumento do metabolismo: decorrente da vasodilatação e conseqüente aumento da oxigenação e substâncias nutritivas na região a ser tratada.
- Aumento da ação de defesa: pela vasodilatação eleva os elementos fagocitários e anticorpos.
- Endosmose: as partículas fluidas também se deslocam, seu deslocamento se dá do pólo positivo para o negativo. Esses fenômenos são basicamente em duas situações.

Cataforese; (pólo +) para amolecer cicatrizes e quelóides. Anaforese (pólo -) na facilitação da derivação de fluidos no edema.

<b>Pólo Positivo (Ânodo)</b>	<b>Pólo Negativo (Cátodo)</b>
Repele íons positivos	Repele íons negativos
Atrai íons negativos	Atrai íons positivos
Analgésico	Estimulante
Sedante	Irritante
Vasoconstritor	Vasodilatador
Menor hiperemia (isquemia)	Maior hiperemia
Ácido	Alcalino
Detém o sangramento	Causa sangramento
Coagulação	Liquefação
A membrana fica menos permeável	A membrana fica mais permeável
Corrói metais por oxidação	Não corrói metais

FONTE: ZARAGOZA (1995)

### 2.1.8-Galvanização

Administração de corrente galvânica, utilizando no material intermediário uma solução eletrolítica comum como água. E o mecanismo terapêutico baseia-se nos efeitos resultante de própria ação da corrente.

Eletrodos:

- De borracha ou silicone.
- Placas metálicas (chumbo, cobre, latão, alumínio, ou estanho) retangulares protegidas por esponjas.
- Tipo de caneta.
- Cuba com água para banho galvânica.
- Auto-adesivos.
- Rolos lisos ou recartilhados.

Técnica de Aplicação:

- Quanto menor for a área do eletrodo maior será a concentração de energia.
- O paciente deve sentir um formigamento ou ardência agradável.
- Não instalar o aparelho de corrente galvânica na mesma rede de aparelho de ondas curtas.
- O tempo de aplicação normalmente varia de 15 a 30 minutos.
- Os eletrodos devem estar bem protegidos por material intermediário como gel condutor ou algodão embebido em água.
- É importante a identificação dos pólos.

#### 2.1.9-Dosimetria

A dosagem ideal é a de 0,5 a 1,0 mA por  $\text{cm}^2$  de área do eletrodo (Leitão & Leitão, 1995).

Deve usar 0,1 mA por  $\text{cm}^2$  de área de eletrodo ativo (Guirro & Guirro, 1996).

Não se deve ultrapassar nunca a intensidade de 0,05 mA/cm<sup>2</sup> (Ex.: se o eletrodo possui 200  $\text{cm}^2$ , a intensidade máxima tolerável será de 10 mA (200 x 0,05 = 10) (Soriano et AL, 2000).

#### 2.1.10-Corrente Elétrica e Corpo Humano

A Corrente elétrica que passa pelo corpo em um determinado nível é chamada de choque elétrico, o pior choque é aquele que passa pelo tórax, pois pode afetar o coração ou a respiração (Titoli, 2004). O valor mínimo de corrente perceptível por uma pessoa, é de 1mA. Com o valor de 10mA, a pessoa perde o controle dos músculos, e entre 10mA à 3ª é um valor mortal. A resistência elétrica da pele é grande quando a pele está seca. Porém com a pele úmida, a resistência cai e pode-se levar um choque considerável. A frequência em que o corpo humano, é de 60Hz, e a medida que frequência aumenta são menos sentidas pelo corpo humano.

A resistência elétrica do corpo varia de pessoa para pessoa, e quando o corpo humano é intercalado em um circuito elétrico, passa a ser percorrido por corrente elétrica de intensidade de acordo com a lei de ohm (Dalcantara, 2005).

## 2.2-Cronograma

O cronograma do projeto está definido conforme a Tabela 1, onde mostra de forma abreviada, todas as etapas do processo para a conclusão do projeto.

Tabela 1 - Cronograma

Mês	Fevereiro				Março				Abril				Maio				Junho				Julho			
Semana	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Proposta																								
Especificação Técnica																								
Projeto																								
Hardware (Protboard)																								
Firmware																								
50% do Projeto																								
Testes e Correções																								
Implementação Parcial																								
Qualificação																								
Consolidação dos Módulos																								
100% do Projeto																								
Toda Documentação I																								
Defesa Final																								
Entrega da Documentação																								

Mês	Agosto				Setembro				Outubro				Novembro				Dezembro				Janeiro			
Semana	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Proposta																								
Especificação																								
Projeto																								
Hardware (Protboard)																								
Firmware																								
50% do Projeto																								
Testes e Correções																								
Implementação Parcial																								
Qualificação																								
Consolidação dos Módulos																								
100% do Projeto																								
Toda Documentação I																								
Defesa Final																								
Entrega da Documentação																								

	1º Fase
	2º Fase
	Entrega de documentos

### 2.3-Custos

A apresentação dos custos é calculada de forma que tenha um valor aproximado do projeto, do equipamento onde os valores de custo de hora, de mão de obra sejam especificados de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 - Custos

<b>Descrição</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo em Reais (R\$)</b>
LED	8	5,00
PIC16F877	1	25,00
RESITOR	14	1,00
CAPACITOR	7	5,00
MAX232	1	6,00
LCD	1	50,00
CABO DE REDE	2 metros	3,00
CABO DE PROVA	10 metros	30,00
ELETRODO	16	20,00
CONECTOR	Trilha com 50 pontos	3,00
PUSH BUTTON	5	15,00
GARRA JACARÉ	16	32,00
HORAS TRABALHADAS	500h	6.000,00
CAIXA	1	35,00
CIRCUITO (PLACA IMPRESSA)	1	Fornecida pela Universidade
CRISTAL	1	5,00
COLA PLÁSTICA	2 tubos	5,00
<b>TOTAL</b>	<b>-</b>	<b>6.240,00</b>

## CAPÍTULO 3 – ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO

### 3.1-Especificação do *Hardware*

O *Hardware* é apresentado em módulos para melhor entendimento, onde mostra os componentes básicos para o desenvolvimento do projeto.

#### 3.1.1-Eletrodo Emissor

São utilizados eletrodos no qual são os transdutores utilizados para a conversão de íons em elétrons e são a interface do corpo humano e a máquina, podem ser os dois tipos, os invasivos (de agulha) e não invasivos (de superfície) (Webster, 1998).

O eletrodo utilizado é o descartável, não invasivo, sua principal função é fazer a inserção do sinal no corpo humano transformar corrente elétrica em corrente iônica, para que o sinal passe pelos tecidos internos e sofra uma atenuação.

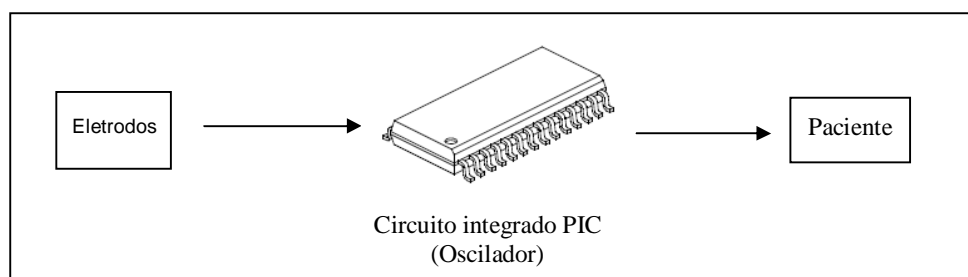


Figura 1 - Diagrama de blocos do sistema de *hardware*.

#### 3.1.2-Oscilador Digital

A corrente que percorre o corpo humano é de baixa intensidade, um dos tratamentos gerado pelo Oscilador Digital segue os parâmetros da Corrente Ultra Excitante, que gera ondas quadradas de igual intensidade com forma de pulso polarizado.

Esse tratamento gerado pelo oscilador digital gera os pulsos com tempo de duração (D) com 2 milissegundos e com tempo de repouso do pulso (R) de 5 milissegundos tendo como frequência de 140 Hz Figura 2. Essa forma de tratamento da ação da corrente Ultra Excitante produz efeito analgésico e excitomotriz. Esse efeito pode ser utilizado para os tratamentos Estéticos como no tratamento de Acne, Involução cutânea, Pós-operatório de cirurgia plástica, Estrias, Cansaço muscular facial, Celulite, Pós peeling, Cicatrizes, Rupturas miotendinosas, Tendinites, Tenossinovites, Outros tipos de pós-operatórios imediatos, Ulceras de decúbito, Síndromes dolorosas, Síndromes, linfáticas e Recuperação de queimaduras.

Outro tratamento gerado pelo Oscilador Digital é o da terapia de Iontoforese que é uma aplicação especial de correntes contínuas. A terapia consiste num tratamento médico com produtos que se introduzem no corpo em forma de partículas carregadas – íons – mediante uma corrente contínua quase sempre são utilizadas soluções aquosas e, em alguns casos, um gel.

Os efeitos fisiológicos gerados pela corrente contínua são analgesia, hiperemia, antiinflamatório, tonificação muscular e ação bactericida.



## ELETROTERRAPIA

NOME	TRANSMISSÃO	PERÍODO (T)		FREQ.	FORMA	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA
	↓ EFEITO	DUR.	REP.			
DC GALVÂNICA	Analgésico Convencional ↓ Iônico	00	0	nula	Polarizada	
FARÁDICA	Tren de pulso ↓ Excitomotriz	0,1 à 1ms	20 ms	50Hz	Polarizada ou Monofásica	
ULTRA EXCITANTE	Tren de pulso ↓ Excitomotriz Convencional ↓ Analgésico	2 ms	5 ms	140 Hz	Polarizada ou Monofásica.	
EXPONEN CIAL	Tren de pulso ↓ Excitomotriz. denervação.	varia	varia	Tetânica 20 a 80 Hz	Polarizada ou Monofásica.	
DIFÁSICA	Convencional ↓ Analgésico	10 ms	0 ms	100 Hz	Polarizada ou. Monofásica	
MONO FÁSICA	Convencional ↓ Reflexo	10 ms	10 ms	50 Hz	Polarizada ou Monofásica	
CURTO PERÍODO	V.F ↓ Vascular	10 ms	0 ou 10 ms	100 e 50 Hz	Polarizada ou Monofásica	
LONGO PERÍODO	V.I.F ↓ Vascular	10 ms	0 ou 10 ms	100 e 50 Hz	Polarizada ou Monofásica	

Figura 2 – Formas de ondas para tratamentos de Eletroterapia.

### 3.1.3-Fonte de Alimentação

O aparelho é alimentado por uma fonte externa com tensão de 6V de entrada e com corrente 800 mA. Como o circuito trabalha com tensão de 5V foi utilizado um Diodo zener para manter a tensão correta para o funcionamento do aparelho.

### 3.1.4-Microcontrolador PIC 16F877

Para o desenvolvimento deste sistema, a escolha do PIC16F877 para o projeto se deu em virtude deste ser um dos componentes da família PIC com maior potencialidade, evitando-se assim, maiores limitações de desenvolvimento. Assim, a partir das especificações de utilização descritas neste trabalho, o projeto poderá ser produzido em mercado com outro componente mais simples e de menor custo.

Dentre as características principais do PIC16F877, destacam-se:

- Memória flash de programa endereçado pelo contador de programa (PC, 14 bits) podendo endereçar 8K de instruções;
- Memória de dados EEPROM com capacidade 256 bytes;
- 5 Portas de comunicação:
  - Porta A: 6 bits (Digital I/O e Entrada A/D);
  - Porta B: 8 bits (Digital I/O + Timer 0 + Interrupção Externa);
  - Porta C: 8 bits (Digital I/O + Timer 1 + Interrupção Externa);
  - Porta D: 8 bits (Digital I/O + Interface com Periféricos);
  - Porta E: 3 bits (Digital I/O + Controle de Interface com Periféricos).
- 8 canais analógicos de entrada (A/D);
- Conjunto total de 35 instruções;
- Comunicação Serial USART;
- 14 fontes de interrupção;
- Dois módulos de PWM ou modulação por largura de pulso;
- 3 timers;
- Frequência de operação de DC a 20 MHz.

Cabe salientar a vantagem da tecnologia flash que permite a gravação de uma rotina diversas vezes, e de sua ampla faixa de frequência de operação.

### 3.2-Especificação do *Firmware*

Nesta seção será abordado o módulo que o *firmware* contém sendo descrito todas as funcionalidades individualmente.

O fluxograma do *firmware* é demonstrado na figura 3.

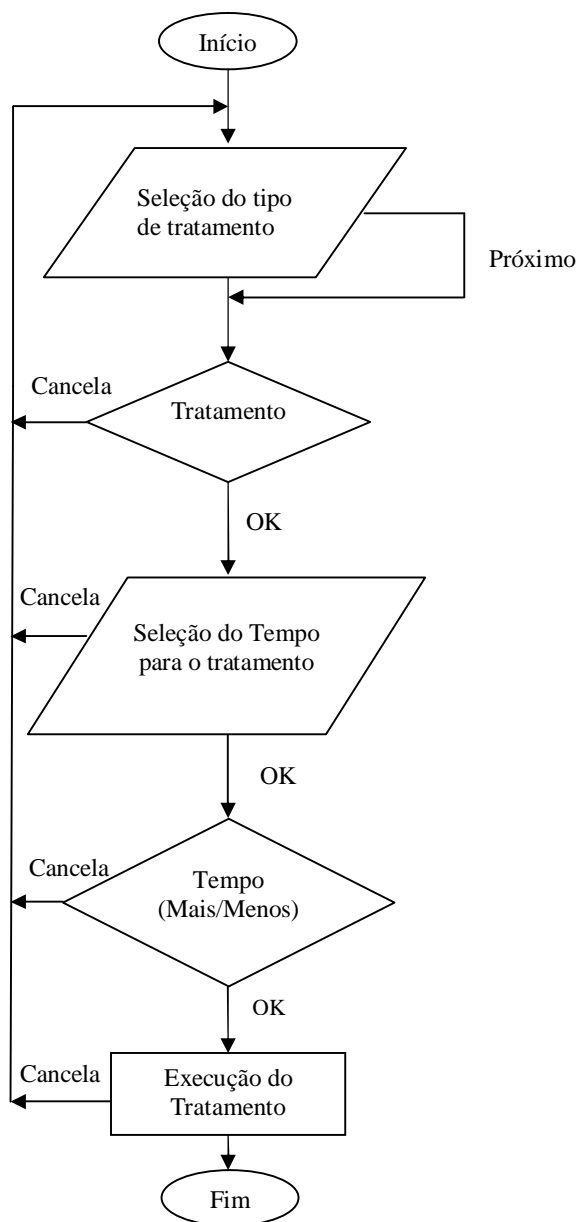


Figura 3 – Fluxograma do *Firmware* do microcontrolador.

O *software* é o responsável em controlar o Menu com os tratamentos, seleção do tempo da execução e a execução das formas de pulsos.

Para a seleção dos tratamentos são utilizados 5 botões de seleções no aparelho eletroestimulador:

- Próximo: Passa para o próximo tratamento do aparelho;
- OK - Passa para o próximo estágio, inicia o tratamento;
- Cancela – Cancela, pára o funcionamento do tratamento e inicia o Menu a qualquer momento do estágio;
- ( + ) - Adiciona em 1 minuto o tempo do funcionamento do aparelho;
- ( - ) - Diminui em 1 minuto o tempo do funcionamento do aparelho;

Para o início do tratamento deve selecionar o tratamento pressionado o botão Próximo até encontrar o tratamento desejado, pressionar o botão OK para passar para o próximo menu, que é a seleção do tempo de execução do aparelho, utiliza o botão (+) para aumentar e o botão (-) para diminuir o tempo em minutos do tratamento e por último pressionar o botão OK para dar início ao funcionamento do Tratamento.

O *Firmware* é um *software* feito em linguagem C que controla o microcontrolador, este *software* é responsável em controlar a seleção do tipo de tratamento que será aplicado ao paciente, seleção do tempo que o aparelho irá fazer o tratamento no Anexo I tem o código fonte desenvolvido. A memória utilizada pelo *firmware* é demonstrada na Figura 4 que foi de ROM = 37% e RAM = 5% - 10%.

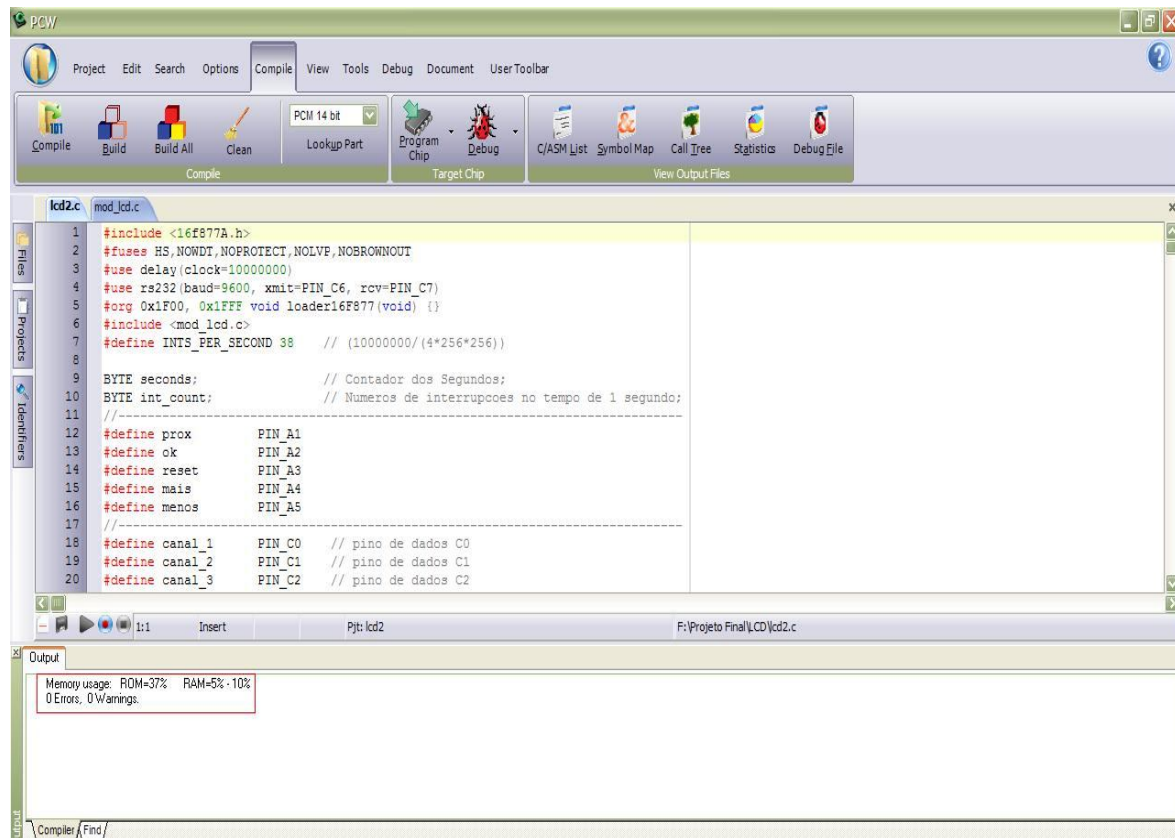


Figura 4 – Memória utilizada pelo *firmware*.

### 3.3-Plataforma de Desenvolvimento

São apresentadas as ferramentas utilizadas no desenvolvimento deste projeto, lembrando que alguns dos softwares e hardwares foram escolhidos pela familiaridade do desenvolvedor com as ferramentas, principalmente devido à utilização durante o período de graduação. Neste caso, estas podem não ser as melhores ferramentas disponíveis no mercado, entretanto atendem as necessidades para realização deste projeto.

O ambiente de desenvolvimento é constituído basicamente por:

- OrCAD – Desenvolvimento do Circuito *Hardware*;
- Pic C Compiler – Desenvolvimento do *Firmware*;
- WinPic800 – Compilação e gravação no PIC;

Apesar de não estar explícito acima, foram utilizados diversos outros equipamentos para análise e auxílio, como osciloscópio, multímetros entre outros.

## CAPÍTULO 4 – DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO

Neste capítulo, o desenvolvimento do sistema proposto é discutido passo a passo de acordo com cada módulo projetado, as ferramentas e cálculos utilizados são descritos conforme o desenvolvimento do projeto, a separação dos módulos é feita para facilitar o projeto e, também, no seu entendimento.

### 4.1-Hardware

O projeto consiste de um gerador de pulsos na forma de ondas quadradas e de um controle para organizar as etapas através de um display controlado por um microcontrolador.

A forma de onda escolhida segue as especificações do projeto no qual deve gerar pulsos com frequência de 140Hz com pulsos de 2ms e intervalo de 5ms para isso foi projetado o *hardware* com 8 canais de saídas no qual tem 8 leds indicadores para demonstrar que os canais estão funcionando.

#### 4.1.1-Leds indicadores

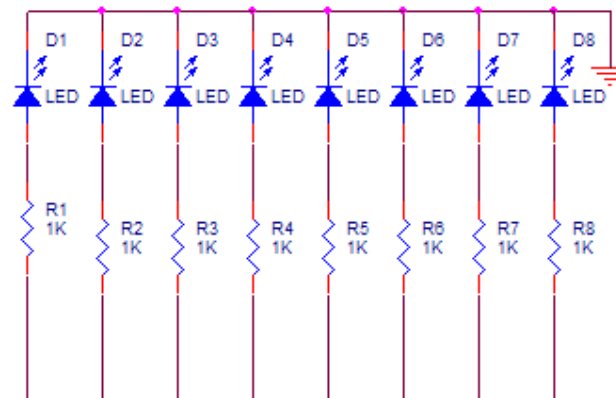


Figura 5 – Leds indicadores do funcionamento dos canais.

Tabela 3 – Representação dos sinais digitais (Leds).

Rótulo	Lógica de Operação	Função
D1	0/1	Indicar canal 1 ligado/desligado.
D2	0/1	Indicar canal 2 ligado/desligado.
D3	0/1	Indicar canal 3 ligado/desligado.
D4	0/1	Indicar canal 4 ligado/desligado.
D5	0/1	Indicar canal 5 ligado/desligado.

D6	0/1	Indicar canal 6 ligado/desligado.
D7	0/1	Indicar canal 7 ligado/desligado.
D8	0/1	Indicar canal 8 ligado/desligado.

#### 4.1.2-Microcontrolador

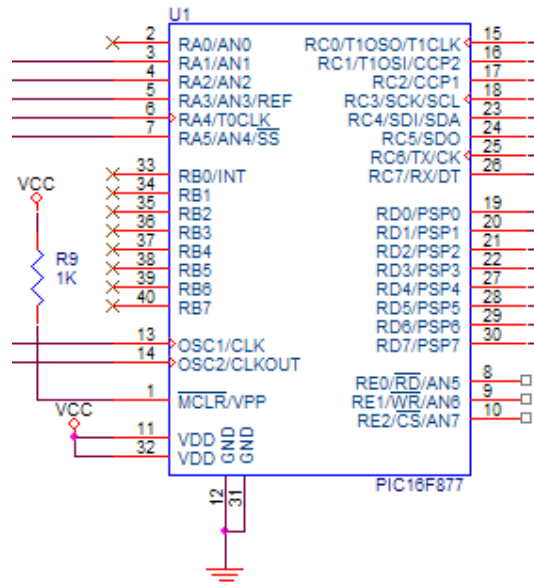


Figura 6 – Microcontrolador PIC16F877.

Tabela 4 – Representação dos sinais digitais (Microcontrolador).

Rótulo	Lógica de Operação	Função
1	1	Indicar canal 1 ligado/desligado
2	X	Não utilizado
3	0/1	Botão Próximo
4	0/1	Botão OK
5	0/1	Botão Cancela
6	0/1	Botão ( + )
7	0/1	Botão ( - )
8	X	Indicar canal 8 ligado/desligado
9	X	Não utilizado
10	X	Não utilizado
11	5V	Alimentação
12	0V	Terra

13	Cristal	Oscilador
14	Cristal	Oscilador
15-18	0/1	Canal 1 ao canal 4
19-20	0/1	Canal 7 e canal 8
21	0/1	Display
22	0/1	Display
23-24	0/1	Canal 5 e canal 6
25-26	0/1	Serial
27-30	0/1	Bit de dados do Display
31	0V	Terra
32	5V	Alimentação
33-40	X	Não utilizado

#### 4.1.3-Cristal

O cristal é o responsável em fazer o funcionamento dos ciclos do microcontrolador, foi utilizado para isso o Cristal de 10MHz.

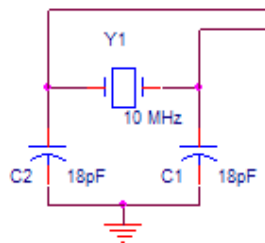


Figura 7 – Cristal.



#### 4.1.4-Botões

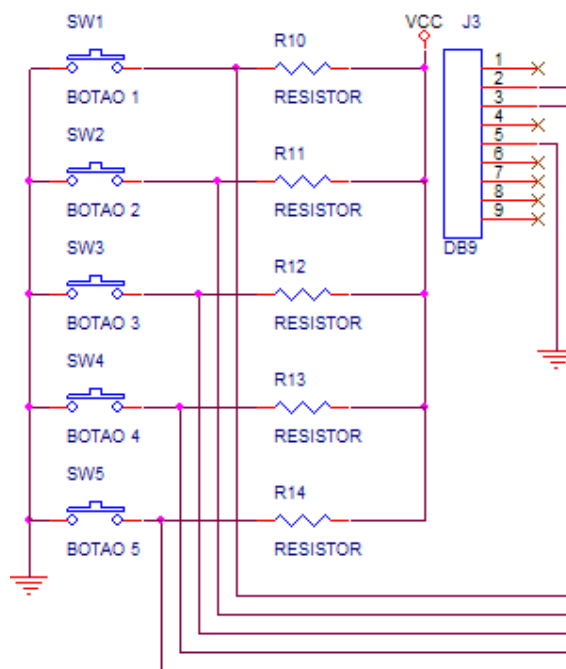


Figura 8 – Botões.

Tabela 5 – Representação dos sinais digitais (Botões).

Rótulo	Lógica de Operação	Função
SW1	0/1	Botão Próximo.
SW2	0/1	Botão OK.
SW3	0/1	Botão Cancela.
SW4	0/1	Botão (+).
SW5	0/1	Botão (-).

Os botões são ligados à terra, quando pressionados o sinal passa para terra no Microcontrolador fazendo indicar para o *Firmware* o seu pressionamento, quando o botão não está pressionado o sinal sempre fica em alto (5V) indicando que está em aberto.

#### 4.1.5-Aparelho Eletroestimulador



Figura 9 – Aparelho visto de cima.



Figura 10 – Aparelho em execução.



Figura 11 – Aparelho com 8 canais ligados.

## 4.2-Firmware

O *Firmware* é responsável em controlar o Menu que é exibido no display, a escolha do tratamento através dos botões pressionados e a geração dos pulsos por um determinado tempo estabelecido pelo operador.

Para melhor entendimento do *Firmware*, foi dividido esta sessão em módulos.

### 4.2.1-Módulo Display

```
1. #ifndef lcd_enable
2. #define lcd_enable    pin_d3 // pino enable do LCD
3. #define lcd_rs       pin_d2 // pino rs do LCD
4. #define lcd_d4       pin_d4 // pino de dados d4 do LCD
5. #define lcd_d5       pin_d5 // pino de dados d5 do LCD
6. #define lcd_d6       pin_d6 // pino de dados d6 do LCD
7. #define lcd_d7       pin_d7 // pino de dados d7 do LCD
8. #endif
```

São definidos os pinos utilizados pelo display, no qual os pinos de dados são D4 até D7.

#### 4.2.2-Módulo Menu

Foi criada uma função chamada **Menu()** que está no Anexo II na linha 130 até a linha 490 onde é feita a chamada da função de inicialização do display e o controle da ordem do fluxo do menu, no qual tem todo o controle de tempo, qual tratamento será selecionado e o início do tratamento.

#### 4.2.3-Módulo Tratamento

```
1. void Tratamento(BYTE bHigh, BYTE bLow)
2. { delay_ms(bHigh);
3.   output_high(canal_1);
4.   output_high(canal_2);
5.   output_high(canal_3);
6.   output_high(canal_4);
7.   output_high(canal_5);
8.   output_high(canal_6);
9.   output_high(canal_7);
10.  output_high(canal_8);
11.  delay_ms(bLow);
12.  output_low(canal_1);
13.  output_low(canal_2);
14.  output_low(canal_3);
15.  output_low(canal_4);
16.  output_low(canal_5);
17.  output_low(canal_6);
18.  output_low(canal_7);
19.  output_low(canal_8);
20. }
```

No módulo de Tratamento são definidos os canais utilizados e o controle dos tempos na geração dos pulsos através de passagem de parâmetros.

## CAPÍTULO 5 – VALIDAÇÃO E RESULTADOS

### 5.1-Protocolo de Testes

O protocolo de testes e validação define as regras a serem seguidas para garantir a validação do funcionamento do sistema definido anteriormente.

A validação será feita em cada um dos módulos parcialmente, e em seguida, no sistema completo. O projeto está separado em módulos no qual devem ser validados, que serão o Módulo de *Hardware* e Módulo *Firmware*.

#### 5.1.1-Módulo de *Hardware*

O teste consiste em verificar se o aparelho controla corretamente o funcionamento do Menu através da simulação das seleções dos tratamentos, controle do tempo de execução, as mensagens no display, o botão de cancelamento se cancela o funcionamento à qualquer momento do estágio das seleções e o funcionamento dos pulsos se estão sendo geradas como especificado anteriormente.

Os Leds devem ficar todos acessos quando os botões dos canais estiverem em posição de Ligado e o tratamento selecionado for de corrente contínua e estarem piscando quando o tratamento selecionado para geração de ondas pulsadas.

O display deve informar os nomes dos tratamentos e quando em execução deve exibir o tempo e estará regredindo até chegar à zero finalizando o tratamento, desligando os leds e parando de transmitir o sinal para os canais.

#### 5.1.2-Módulo de *Firmware*

Como Módulo de *Firmware* é compreendido pelo Módulo de *Hardware* este é considerado funcionando se seguir corretamente os testes da sessão 5.1.1.

### 5.2-Sistema Completo

No teste completo devem-se utilizar pacientes para um teste real, devido à dificuldade de encontrar voluntários de certa amostra para tratamentos de estrias, acnes e cicatrizes pois estes tratamentos são muitos demorados sendo necessário no mínimo 10 à 15 sessões com duração de

no mínimo de 15 e no máximo 45 minutos sendo 1 por dia e recomendado 3 vezes por semana foi utilizado para o teste completo as especificações do projeto para o aparelho.

Foi utilizado um osciloscópio para a verificação das ondas geradas, as ondas que o aparelho gerou na hora da execução do tratamento foram formadas com os valores especificados, um segundo teste foi feito com os eletrodos e as ondas não apresentaram alterações, sendo assim consideradas válidas para o teste.

## CAPÍTULO 6 - CONCLUSÃO

Conclui-se que cada vez mais os pacientes estão procurando tratamentos com aparelhos menos invasivos e o projeto procura desenvolver um aparelho que fosse o menos invasivo ao paciente e de fácil manuseio.

Com o desenvolvimento do projeto pode-se perceber que o estudo em uma área diferente que não pertence à Engenharia, ajudou a entender um pouco mais de outras áreas e que elas podem servir para implementar qualquer projeto.

Uma dificuldade enfrentada foi no teste completo, no qual foi um problema encontrar pacientes que poderiam participar de todas as sessões do tratamento, onde para se ter um resultado satisfatório teria que ser feitos no mínimo 15 sessões do tratamento e dependendo do tipo de tratamento necessários mais do que 15 sessões.

Outro problema encontrado foi no início do projeto que era o funcionamento correto do display, no qual apresentava caracteres estranhos e inválidos.

Para que o equipamento se torne comercial, deve-se levar em consideração melhorias, como redução da placa utilizando componentes SMD, onde o aparelho se tornaria mais portátil e fazer o maior número de testes em pacientes.

Para melhorias em continuidade do projeto seria no *Firmware*, onde pode ser implementados mais tratamentos, apenas modificando algumas funções do *software* já existente.

Os testes foram satisfatórios para o que foi proposto que era de gerar os tratamentos de eletroterapia de corrente contínua e a ultra excitante, onde o aparelho gera todo o ciclo de um tratamento fazendo as seleções necessárias e geração dos pulsos por tempo determinado.

O principal objetivos é de abranger os testes para determinadas amostras a um número máximo de pacientes e de implementar o máximo de tratamentos em um único aparelho.

## CAPÍTULO 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### 1-Livro

GUIRRO, & GUIRRO, **Fisioterapia em Estética - Fundamentos, Recursos e Patologias** - Ed Manorle - 2ª Ed., 1996

SORIANO, F.D. et al. Milk, **Production and composition, rumen fermentation parameters, and grazing behavior of dairy cows supplemented with different forms and amounts of corn grain**. Journal of Dairy Science, v.83, p.1520-1529, 2000.

WEBSTER, John G. (Ed), **Medical Instrumentation Application and Design**, Third Edition, New York: John Wiley & Sons, 1998.

ZARAGOZA, *Efectos cuánticos en teorías Gauge en 2+1 dimensiones*, Gloria Luzón (supervisor: M. Asorey y F. Falceto), Universidad de Zaragoza, 1995.

### 2- Internet

Dalcantara, Vilabol.uol.com.br, <http://dalcantara.vilabol.uol.com.br/index4.html>, 2005

Titoli, Geocities.com, <http://www.geocities.com/titoli2003/fisica.htm>, 2004