

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial

---

**DISSERTAÇÃO**

apresentada à UTFPR  
para obtenção do título de

**MESTRE EM CIÊNCIAS**

por

**CRISTIANE REGINA GRUBER**

---

**PROGRAMA DE VERIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE TERAPIA POR  
ONDAS CURTAS BASEADO EM NORMAS**

---

**Banca Examinadora:**

**Orientador:**

Prof. Dr. PEDRO MIGUEL GEWEHR UTFPR

**Examinadores:**

Profa. Dra. VERA LÚCIA ISRAEL PUCPR

Prof. Dr. JOAQUIM MIGUEL MAIA UTFPR

Prof. Dr. ALVARO LUIZ STELLE UTFPR

Curitiba, outubro de 2005.

**CRISTIANE REGINA GRUBER**

**PROGRAMA DE VERIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE TERAPIA POR ONDAS  
CURTAS BASEADO EM NORMAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial do Centro de Educação Tecnológica do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de “Mestre em Ciências” – Área de Concentração: Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Miguel Gewehr

Curitiba  
2005

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da UTFPR – Campus Curitiba

G885p Gruber, Cristiane Regina  
Programa de verificação de equipamentos de terapia por ondas curtas baseado em normas / Cristiane Regina Gruber. – Curitiba : [s.n.], 2005.  
xvi, 100 p. : il. ; 30 cm

Orientador : Prof. Dr. Pedro Miguel Gewehr  
Dissertação (Mestrado) – UTFPR. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial. Curitiba, 2005.  
Bibliografia : p. 95-100

1. Fisioterapia – Equipamento e acessórios – Avaliação. 2. Terapia por ondas curtas. 3. Instrumentos e aparelhos médicos – Manutenção e reparos. 4. Manutenção preventiva. 5. Controle de qualidade. 6. Engenharia biomédica. I. Gewehr, Pedro Miguel, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e informática Industrial. III. Título.

CDD : 615.83  
CDU : 615.849

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço o apoio e dedicação prestados pelo professor Dr Pedro Miguel Gewehr.

Aos meus pais e ao meu noivo pela paciência e apoio dedicados no período que se processou a execução da pesquisa científica.

Agradeço às clínicas e instituições que cederam seus equipamentos e espaço para a realização da pesquisa; à CAPES pelo apoio financeiro, ao professor Dr. Percy Nohama por ter disponibilizado o equipamento de teste, ao Marcos por ter disponibilizado parte de seu tempo para auxiliar na execução prática da pesquisa e aos meus colegas de turma e laboratório que de alguma forma sempre estavam dispostos a auxiliar.



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xi
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	xiii
<b>RESUMO</b> .....	xv
<b>ABSTRACT</b> .....	xvi
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 JUSTIFICATIVA.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 Objetivo Geral .....	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 ESTRUTURA .....	3
<b>CAPÍTULO II</b> .....	5
<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	5
2.1 CALOR E CARACTERÍSTICAS TECIDUAIS .....	5
2.1.1 Histórico .....	5
2.1.2 Calor .....	6
2.1.2.1 Modalidades de calor .....	6
2.1.2.2 Termo-regulação .....	7
2.1.2.3 Termo-receptores cutâneos .....	7
2.1.3 Efeitos da Mudança de Temperatura.....	7
2.1.4 Características Teciduais.....	9
2.1.4.1 Tecido epitelial .....	9
2.1.4.2 Tecido conjuntivo.....	9
2.1.4.3 Tecido adiposo .....	10
2.1.4.4 Tecido muscular .....	10
2.1.4.5 Tecido ósseo .....	11
2.1.4.6 Tecido nervoso .....	11
2.1.5 Fases da Cicatrização Tecidual .....	12
2.1.5.1 Lesão inicial .....	12
2.1.5.2 Inflamação .....	12

2.1.5.3 Fase proliferativa.....	13
2.1.5.4 Fase de remodelamento.....	14
2.2 DIATERMIA POR ONDAS CURTAS .....	14
2.2.1 Componentes.....	15
2.2.2 Características Físicas .....	16
<b>2.2.2.1 PRODUÇÃO DA CORRENTE DE ONDAS CURTAS .....</b>	<b>17</b>
2.2.3 Diatermia por Ondas Curtas Pulsada (DOCP).....	18
2.2.4 Princípios de Aplicação.....	19
2.2.4.1 Método capacitivo.....	19
2.2.4.2 Método indutivo .....	21
2.2.5 Dosagem.....	22
2.2.5.1 DOC contínua.....	23
2.2.5.2 DOCP .....	24
2.2.6 Efeitos Terapêuticos .....	24
2.2.6.1 Modo contínuo .....	25
2.2.6.2 Modo pulsado.....	25
2.2.7 <i>Contra-Indicações e Efeitos Adversos</i> .....	26
2.2.7.1 <i>DOC contínuo</i> .....	27
2.2.7.2 <i>DOCP</i> .....	27
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>29</b>
<b>PROGRAMA DE VERIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE DIATERMIA POR ONDAS CURTAS .....</b>	<b>29</b>
3.1 NORMALIZAÇÃO .....	29
3.2 CLASSIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO .....	30
3.3 DIRETRIZES E PROGRAMAS DE GERENCIAMENTO.....	32
3.3.1 Diretrizes Básicas para a Aplicação da Eletroterapia.....	32
3.3.2 Programa de Gerenciamento .....	33
3.4 PROGRAMA DE VERIFICAÇÃO, CONTROLE E SEGURANÇA ELÉTRICA .....	33
3.4.1 Aquisição do Equipamento .....	34
3.4.2 Manutenções Preventivas.....	35
3.4.2.1 INSPEÇÃO VISUAL.....	36
3.4.2.2 TESTES DE FUNCIONAMENTO .....	37
3.4.2.3 Segurança elétrica .....	38
3.4 RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA .....	39

3.5.1	Taxa de Absorção Específica (SAR) e Interação com os Tecidos Biológicos.....	41
3.5.2	Normalização e Limites de Exposição .....	44
3.4.3	Manutenções Corretivas .....	46
<b>CAPÍTULO IV.....</b>		<b>47</b>
<b>METODOLOGIA.....</b>		<b>47</b>
4.1	PESQUISA DIAGNÓSTICA .....	47
4.2	MANUTENÇÃO PREVENTIVA .....	48
4.2.1	Inspeção Visual .....	48
4.2.1.1	Documentos acompanhantes .....	49
4.2.1.2	Inspeção do ambiente .....	49
4.2.2	Testes de Segurança Elétrica.....	50
4.2.3	Intensidade do Campo Elétrico .....	50
<b>CAPÍTULO V.....</b>		<b>57</b>
<b>RESULTADOS.....</b>		<b>57</b>
5.1	PESQUISA DIAGNÓSTICA .....	57
5.2	INSPEÇÃO VISUAL DOS EQUIPAMENTOS.....	58
5.3	VERIFICAÇÃO DOS DOCUMENTOS ACOMPANHANTES .....	59
5.4	AMBIENTE .....	59
5.5	TESTES DE SEGURANÇA ELÉTRICA.....	60
5.6	INTENSIDADE DO CAMPO ELÉTRICO.....	61
5.6.1	Equipamento de DOC na Posição Frontal ao Medidor com o Sensor em Posição Horizontal.....	63
5.6.1.1	Equipamento de DOC desligado .....	63
5.6.1.2	Equipamento de DOC ligado operando no modo contínuo .....	64
5.6.1.3	Equipamento de DOC ligado operando no modo pulsado.....	67
5.6.2	Equipamento de DOC na Posição Frontal ao Medidor e Sensor do Equipamento de Teste na Posição Vertical .....	70
5.6.2.1	Equipamento de DOC desligado .....	70
5.6.2.2	Equipamento de DOC ligado operando no modo contínuo .....	71
5.6.2.3	Equipamento de DOC ligado operando no modo pulsado.....	73
5.6.5	Campo elétrico mensurado na lateral dos equipamentos de DOC .....	76
<b>CAPÍTULO VI.....</b>		<b>81</b>
<b>DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.....</b>		<b>81</b>
6.1	PESQUISA DIAGNÓSTICA .....	81



6.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA .....	81
6.3 INTENSIDADE DE CAMPO ELÉTRICO .....	83
6.4 CONCLUSÕES.....	84
6.5 TRABALHOS FUTUROS.....	86
<b>APÊNDICE A - FICHA DE AVALIAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE DOC .....</b>	<b>89</b>
<b>APÊNDICE B - INSPEÇÃO DO EQUIPAMENTO.....</b>	<b>91</b>
<b>APÊNDICE C - DOCUMENTOS ACOMPANHANTES .....</b>	<b>92</b>
<b>APÊNDICE D – ITENS INSPECIONADOS NOS AMBIENTES .....</b>	<b>93</b>
<b>APÊNDICE E - TESTES DE SEGURANÇA ELÉTRICA .....</b>	<b>94</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>95</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelos de equipamentos de DOC com eletrodos do tipo <i>schliephake</i> (a e c) e do tipo almofada (b e c).....	15
Figura 2: Diagrama mostrando a geração e a aplicação da diatermia por ondas curtas .....	18
Figura 3: Eletrodo do tipo flexível .....	20
Figura 4 : Eletrodo do tipo <i>schliephake</i> .....	20
Figura 5: Técnica de aplicação (a) contraplanar e (b) coplanar.....	21
Figura 6: Modo de aplicação da indutotermia.....	22
Figura 7: Aplicador indutivo do tipo tambor.....	23
Figura 8: Sensor posicionado com o equipamento de teste ( <i>Radiation meter EMR/300</i> ).....	51
Figura 9: Posicionamento típico dos equipamentos durante o ensaio.....	52
Figura 10: Vista superior do posicionamento dos equipamentos durante o ensaio (sensor do equipamento de teste posicionado horizontalmente à frente do equipamento de DOC).....	52
Figura 11: Posicionamento dos equipamentos durante o ensaio (vista superior) com o equipamento de teste posicionado verticalmente à frente do equipamento de DOC .....	53
Figura 12: Vista superior (sensor de teste na posição horizontal ao equipamento de DOC e posicionado na saída dos eletrodos) .....	53
Figura 13: <i>Phantom</i> utilizado nas medições.....	54
Figura 14: Média do campo elétrico medido com o equipamento de DOC operando na dose mínima no modo contínuo com o sensor de teste na horizontal .....	65
Figura 15: Média do campo elétrico medido com o equipamento de DOC operando na dose II no modo contínuo com o equipamento de teste na horizontal .....	65
Figura 16: Média do campo elétrico mensurado com o equipamento de DOC operando na dose III no modo contínuo com o sensor do equipamento de teste na horizontal.....	66
Figura 17: Média do campo elétrico mensurado com o equipamento de DOC operando na dose máxima no modo contínuo com o sensor do equipamento de teste na horizontal.....	66
Figura 18: Campo elétrico medido com o equipamento 1 de DOC operando no modo pulsado automático (frequência de repetição de 30 a 120 Hz) e sensor de teste posicionado na horizontal.....	68
Figura 19: Campo elétrico medido com o equipamento 3 de DOC operando no modo pulsado e sensor de teste na posição horizontal.....	69
Figura 20: Campo elétrico medido com o equipamento 5 de DOC operando no modo pulsado	

nas frequências de repetição de 15, 35, 85 e 200 Hz, com o sensor de teste posicionado na horizontal.....	70
Figura 21: Campo elétrico medido com o equipamento de DOC desligado e sensor na posição vertical.....	71
Figura 22: Campo elétrico medido com o equipamento 1 de DOC operando no modo pulsado e sensor do equipamento de teste na posição vertical .....	74
Figura 23: Campo elétrico medido com o equipamento 4 de DOC operando no modo pulsado nas frequências de repetição de 20, 80, 140 e 200Hz e sensor de teste na posição vertical.....	75
Figura 24: Campo elétrico medido lateralmente ao equipamento 2 de DOC operando no modo contínuo nas doses mínima, II, III e máxima e sensor de teste na posição horizontal .....	77
Figura 25: Campo elétrico medido com o equipamento 2 de DOC operando no modo contínuo nas doses mínima, II, III e máxima e sensor de teste na posição vertical.....	78
Figura 26: Campo elétrico medido com o equipamento 5 de DOC operando no modo contínuo nas doses mínima, II, III e máxima e sensor de teste posicionado na horizontal .....	78
Figura 27: Campo elétrico médio medido lateralmente aos equipamentos de DOC 1, 3 e 4 operando nas doses mínima, II, III e máxima e sensor na posição horizontal.....	80
Figura 28: Campo elétrico médio medido com os equipamentos 1, 3 e 4 de DOC operando no modo contínuo nas doses mínima, II, III e máxima e sensor de teste na posição vertical .....	80

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação das ondas de rádio .....	40
Tabela 2: Níveis de referência para exposição ocupacional e do público geral .....	45
Tabela 3: Resultado da inspeção das marcações externas presentes nos equipamentos de DOC (n=20) .....	58
Tabela 4: Resultado dos itens verificados para os 12 documentos acompanhantes.....	60
Tabela 5: Resultado do teste de segurança elétrica realizado para avaliação das tensões das instalações elétricas (n=20 para tomadas) .....	61
Tabela 6: Resultado do teste de corrente de fuga para a carcaça do equipamento e corrente de consumo (n=16).....	62
Tabela 7: Medidas de campo elétrico com o equipamento de DOC desligado, não conectado à rede elétrica .....	63
Tabela 8: Medidas de campo elétrico com o equipamento de DOC desligado, conectado à tomada da rede elétrica.....	64
Tabela 9: Média do campo elétrico (V/m) mensurado com o equipamento 5 de DOC operando nas quatro doses no modo contínuo, com o sensor do equipamento de teste posicionado na horizontal.....	67
Tabela 10: Campo elétrico (V/m) medido com o equipamento 4 de DOC operando no modo pulsado (20, 80, 140 e 200 Hz) e sensor de teste posicionado na horizontal .....	69
Tabela 11: Campo elétrico (V/m) medido com o sensor do equipamento de teste na posição vertical e equipamento de DOC operando no modo contínuo na dose mínima.....	71
Tabela 12: Campo elétrico (V/m) medido com o sensor do equipamento de teste na posição vertical e equipamento de DOC operando no modo contínuo na dose II.....	72
Tabela 13: Campo elétrico (V/m) medido com o sensor do equipamento de teste na posição vertical e equipamento de DOC operando no modo contínuo na dose III.....	72
Tabela 14: Campo elétrico (V/m) medido com o equipamento de DOC operando no modo contínuo na dose máxima e sensor do equipamento de teste na posição vertical .....	73
Tabela 15: Campo elétrico (V/m) obtido com a utilização do equipamento 5 de DOC e sensor do equipamento de teste na posição vertical .....	73
Tabela 16: Campo elétrico (V/m) medido com o equipamento de DOC 3 operando no modo pulsado em 120 Hz e sensor do equipamento de teste na posição vertical .....	74
Tabela 17: Campo elétrico (V/m) medido com o equipamento 5 de DOC operando nas	

freqüências de repetição de 15, 35, 85 e 200 Hz e sensor de teste na posição vertical .....	76
Tabela 18: Campo elétrico (V/m) medido com o equipamento 5 de DOC operando no modo contínuo nas doses mínima, II, III e máxima e sensor de teste posicionado na vertical .....	79

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	– ampère
ABNT	– Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	– Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BF	– equipamento tipo B com uma parte aplicada isolada tipo F flutuante (definição da norma NBR IEC 601-1)
°C	– graus Celsius
CQ	– controle de qualidade
DOC	– diatermia por ondas curtas
DOCP	– diatermia por ondas curtas pulsada
FDA	– Food and Drug Administration
GHz	– gigahertz
Hz	– hertz
IAE	– intensidade de absorção específica
IEC	– International Electrotechnical Commission
kHz	– quilohertz
MHz	– megahertz
μA	– micro ampère
MP	– manutenção preventiva
RF	– radiofrequência
SAR	– taxa de absorção específica
V/m	– volt por metro
W	– watt



## RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo desenvolver e aplicar um programa de verificação para equipamentos de diatermia por ondas curtas (DOC) que incluiu uma pesquisa diagnóstica apresentando dados relativos aos equipamentos, condições de uso, inspeção visual e análise dos documentos acompanhantes tendo como referência os requisitos descritos nas normas brasileiras NBR IEC 601-1 (geral) e NBR IEC 601-2-3 (específica), além da realização de testes de segurança elétrica efetuados nos equipamentos e nas instalações onde os mesmos são utilizados. O programa envolveu ainda a realização de testes para verificação da intensidade do campo elétrico emitido pelos equipamentos de DOC. Os resultados em geral mostraram que os fabricantes não seguem as normas para as especificações tanto do equipamento quanto do ambiente e dos documentos acompanhantes, e que há falta de conhecimento das normas por parte dos fisioterapeutas. Os testes de segurança elétrica envolvendo correntes de fuga dos equipamentos obtiveram valores dentro dos limites especificados pelas normas, porém algumas instalações elétricas apresentaram falhas. Com relação à intensidade do campo elétrico emitido, observou-se maior valor (muitas vezes acima do limite especificado de 61 V/m) em locais próximos aos equipamentos de diatermia em todas as mensurações. Conclui-se que deve haver maior conhecimento por parte dos fabricantes e dos profissionais em relação aos requisitos das normas incluindo a segurança elétrica e a exposição a campos eletromagnéticos, com o intuito de não se fornecer riscos para o paciente e para o fisioterapeuta.



## ABSTRACT

This research presents the development and application of a program for the verification of short wave diathermy (SWD) equipment which included a diagnosis survey showing data relative to the instruments, use conditions, visual inspection and analysis of accompanying documents having as reference the requirements of brazilian standards NBR IEC 601-1 and NBR IEC 601-2-3. The program also comprised the implementation of electrical safety tests for the equipment and the environment (electrical installations) and the measurement of electric fields emitted by the SWD instruments. The results showed that the manufacturers do not completely follow the standards for the specifications of the instruments and accompanying documents as well as for the installations. Also, the physiotherapists do not have general knowledge on the standards. Concerning the electrical safety tests, the measured values of leakage currents of the instruments were within the limits required by the standards however for the electrical installations there were some failures. Considering the electric fields, high values were measured (above the limit of 61 V/m) nearby the SWD instruments. One can conclude that manufacturers and professionals (physiotherapists) must have more knowledge regarding the requirements of the standards including the electrical safety and the exposure to electromagnetic fields, in order to avoid risks for the patient and the physiotherapists.

# CAPÍTULO I

## INTRODUÇÃO

### 1.2 JUSTIFICATIVA

Diatermia por ondas curtas (DOC) é a aplicação de energia eletromagnética de alta frequência nos tecidos biológicos para geração de calor (ECRI, 2002).

O gerenciamento de equipamentos de DOC e dos ambientes nos quais os mesmos são utilizados é uma questão não frequentemente enfocada por fisioterapeutas, possivelmente devido à falta de conhecimento na área de testes e revisão dos equipamentos entre fisioterapeutas. Além disso, pouca literatura está disponível sobre testes de revisão e controle de qualidade de equipamentos de eletroterapia, incluindo DOC (SHIELDS *et al.*, 2003).

Já foi mostrado em equipamentos similares ao de DOC, como o ultra-som terapêutico, que pode haver a distribuição de doses excessivas no tratamento, algumas vezes acima de 50% da indicada (SHIELDS *et al.*, 2003). Por sua vez, a relação entre DOC e o efeito fisiológico não tem sido investigado. Clinicamente isto tem importância porque o efeito do tratamento depende da amostra e da intensidade de exposição. O maior problema com equipamentos de diatermia é a dificuldade em mensurar a quantidade de calor absorvida pelo paciente (WEBSTER, 1998).

Embora equipamentos de DOC estejam amplamente disponíveis em clínicas (SHIELDS *et al.*, 2003), não foi possível obter da literatura protocolos de controle de qualidade (CQ). Isto cria dificuldades para verificação e controle de tais equipamentos.

Os produtos para saúde, muitos dos quais diretamente associados à segurança ou à vida de seus usuários, têm sido objeto nos países mais desenvolvidos, de estritas exigências de segurança e garantia de qualidade, por meio de regulamentos técnicos compulsórios emitidos pelos órgãos governamentais competentes, respaldados nas atividades de normalização técnica voluntária (FALCÃO, 1997).

Por se tratar a DOC de uma fonte de radiação eletromagnética é importante o controle do ambiente no qual o equipamento é utilizado a fim de evitar concentração da radiação, bem como o controle da intensidade da radiação emitida que pode influenciar diretamente o funcionamento de outros equipamentos além de expor o fisioterapeuta e o paciente a campos eletromagnéticos adicionais.

No que se refere à relevância social vê-se que com o controle correto da aplicação da DOC, tanto usuários quanto fisioterapeutas são beneficiados.

Tecnicamente, o presente trabalho poderá trazer para o profissional da área da fisioterapia embasamento científico no que se refere ao controle e manutenção dos equipamentos e segurança nos atendimentos, indo de encontro às especificações do Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (COFFITO) no que diz respeito às funções do fisioterapeuta. Estas incluem: avaliar a qualidade, a eficácia e os riscos à saúde decorrentes de equipamentos eletro-eletrônicos de uso em fisioterapia; desenvolver e avaliar a utilização destes produtos no meio social; elaborar manual de especificações; promover a qualidade e o desempenho dos produtos e participar de equipes multiprofissionais responsáveis pelo desenvolvimento dos produtos, pelo seu controle de qualidade e análise de seu desenvolvimento e risco sanitário (COFFITO, 2005). O Conselho cita ainda que a confiabilidade dos aparelhos oferecidos aos profissionais da fisioterapia é crítica, que não existia até então um organismo responsável pela aferição e controle técnico de cada equipamento e que é necessário garantir a funcionalidade dos equipamentos e a segurança dos usuários dos serviços (COFFITO, 2001).

No âmbito científico mostra-se relevante já que poucas pesquisas foram realizadas na área e protocolos de controle não estão disponíveis.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho foi elaborar um programa de verificação e testes (incluindo segurança elétrica e intensidade de campo elétrico) para equipamentos de terapia por ondas curtas de acordo com normas específicas.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Verificar se a documentação acompanhante e os equipamentos contêm as prescrições determinadas pelas normas ABNT utilizadas;

- Averiguar o conhecimento das normas ABNT para estes equipamentos por parte dos fisioterapeutas responsáveis pelo seu manuseio;

- Averiguar as condições de utilização e de cuidados para com os equipamentos de diatermia por ondas curtas em clínicas particulares e em instituições educacionais da cidade de Curitiba/PR;

- Inspeccionar e realizar testes de segurança elétrica nos ambientes nos quais os equipamentos são utilizados;

- Quantificar a intensidade do campo elétrico emitido pelos equipamentos de terapia por ondas curtas tendo como base os limites de exposição ocupacionais.

### 1.3 ESTRUTURA

A presente dissertação consiste de seis capítulos, incluindo esta introdução. O segundo capítulo faz referência à revisão de literatura, que inclui itens sobre calor, sobre a diatermia por ondas curtas e características teciduais. O terceiro capítulo revisa os itens: normalização, manutenção preventiva, segurança elétrica e radiação eletromagnética. O quarto capítulo descreve a metodologia empregada para o desenvolvimento do trabalho. O quinto capítulo apresenta os resultados obtidos com a realização da pesquisa. O sexto capítulo destina-se à discussão dos resultados e às conclusões obtidas.



## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 2.1 CALOR E CARACTERÍSTICAS TECIDUAIS

##### 2.1.1 Histórico

Calor sobre a forma de luz solar e água termal tem sido usado desde a antiguidade para o tratamento de doenças e dores (WEBSTER, 1998).

Hipócrates usava balões de água quente para o tratamento de ciática e inflamações locais. Os antigos povos romanos usavam fonte mineral quente para o tratamento de danos da guerra (LOW e REED, 2001).

O primeiro estudo científico da termoterapia foi realizado na França por Guyot no início do século dezenove. Ele descobriu que o ferimento curava rapidamente quando a temperatura ambiente era mantida a 30°C. Mais tarde, várias tentativas foram feitas para erradicar o bacilo da tuberculose com termoterapia na forma de gás-aquecido (SCOTT, 1998).

A era da eletricidade trouxe muitas mudanças no campo da termoterapia.

O uso clínico de correntes elétricas de alta frequência ocorre desde o século XIX. Em Paris, d'Arsonval fez passar uma corrente de 1A numa frequência elevada através dele próprio e de um assistente, descrevendo apenas uma sensação de calor. Trabalhos subsequentes desenvolveram métodos capacitivos e indutivos de aplicação de alta frequência ao corpo. Estes métodos foram denominados diatermia (SCOTT, 1998). O termo diatermia foi usado para descrever o efeito do aquecimento profundo por uma corrente de alta frequência.

Em 1910, a diatermia por ondas longas tornou-se popular para o tratamento de artrite, poliomielite, doença pélvica e outras desordens.

O nascimento da diatermia por ondas curtas ocorreu na França em 1928 como resultado de um estudo científico sobre o aquecimento de tecido animal. Porém, a aplicação clínica desta nova forma de diatermia ocorreu fora da Europa antes de 1934 (MOFFETT *et al.*, 1996).

Em 1954, o termo diatermia por ondas longas foi excluído e o termo diatermia por ondas curtas predominou (WEBSTER, 1998). A *Federal Communications Commission*

(FCC) dos EUA eliminou as ondas longas e designou as ondas curtas para uso médico. Desse modo, embora a frequência atualmente designada para medicina seja de fato de alta frequência, foi o termo ondas curtas que permaneceu (KAHN, 1994).

Para não ocorrerem interferências com as altas frequências empregadas nas comunicações, uma convenção internacional distinguiu três faixas para uso clínico, sendo a mais utilizada 27,12 MHz, com um comprimento de onda de cerca de 11,062 m. A aplicação deste tipo de energia eletromagnética com finalidade terapêutica é conhecida como diatermia por ondas curtas e tem sido uma modalidade viável na fisioterapia por mais de 50 anos (SCOTT, 1998).

Em 1995, a *UK National* do Reino Unido observou que a DOC pulsada tem sido usada com frequência nos departamentos de fisioterapia (HILL, 2002). Além disso, a DOC foi a segunda modalidade de tratamento mais comum, ficando atrás apenas do ultra-som.

#### 2.1.4 Calor

##### 2.1.2.1 Modalidades de calor

Calor é caracterizado por vibração molecular e pelo aumento da taxa metabólica celular (STARKEY, 2001). É, em geral, dividido em três categorias, de acordo com suas fontes:

- Ação química associada com metabolismo celular;
- Correntes elétricas ou magnéticas, como as encontradas nos dispositivos de diatermia;
- Ação mecânica, como a encontrada no ultra-som.

Termoterapia é a aplicação de calor, sendo os métodos de aquecimento classificados em superficial e profundo. Os agentes de aquecimento superficial são capazes de aumentar a temperatura da pele dentro de um limite de 40° a 45°C, para produzir efeitos terapêuticos, sendo o alcance do aquecimento superficial de dois centímetros.

A transferência de calor implica em troca de energia cinética entre dois ou mais objetos e pode ocorrer por convecção, condução ou radiação (STARKEY, 2001).

#### 2.1.2.4 Termo-regulação

O sistema termo-regulador tem como função manter a temperatura interna do corpo relativamente estável. Para tal, utiliza os componentes receptores ou sensores térmicos, o centro regulador e os órgãos motrizes.

Os seres humanos são homeotérmicos com respeito à sua temperatura central, que é a temperatura das estruturas e dos órgãos localizados profundamente. As temperaturas da pele e tecido subcutâneo são muito variáveis. A maioria das pessoas têm temperaturas em torno de 36,8°C, sendo a das crianças um pouco mais elevada (LOW e REED, 2001).

A temperatura corporal depende de um equilíbrio entre perdas e ganhos de calor. À medida que a temperatura externa aumenta, ficando perto da temperatura da superfície do corpo, a efetividade da radiação e da condução torna-se cada vez menor. Se a temperatura exterior está acima da corporal, o corpo ganha mais calor pela radiação dos arredores.

Uma grande diferença de temperatura pode ser mantida entre a parte central e exterior do corpo devido à baixa condutividade térmica dos tecidos, especialmente do tecido adiposo. A camada mais espessa de gordura subcutânea em mulheres dá a elas um melhor controle térmico do que aos homens (STARKEY, 2001).

#### 2.1.2.5 Termo-receptores cutâneos

Os receptores sinalizam as mudanças de temperatura, sendo eles de frio ou de calor. Eles devem sinalizar a sensação de temperatura, que é a percepção consciente da pele sendo aquecida ou resfriada, e devem contribuir para o controle da temperatura do corpo, que é inconsciente.

A percepção da sensação térmica também é influenciada pelo tamanho da área estimulada e pela frequência de troca da estimulação. Temperaturas acima de 45°C e abaixo de 15°C estimulam as terminações nervosas da dor (STARKEY, 2001).

#### 2.1.5 Efeitos da Mudança de Temperatura

Quando calor é adicionado à matéria, ele faz com que ela se expanda. A energia térmica é utilizada para separar moléculas, afetar as forças de ligação, alterar o estado de



líquido para gasoso, aumentar a velocidade das reações químicas, produzir radiação eletromagnética, levar a uma diferença de potencial entre metais diferentes, reduzir a viscosidade dos líquidos (LOW e REED, 2001).

Segundo LOW e REED (2001), as alterações físicas para aumento da temperatura são: aumento da taxa metabólica, desnaturação de proteínas, redução da viscosidade dos líquidos do sangue, amolecimento do colágeno. Já as alterações fisiológicas são: estimulação de nervos sensoriais, vasodilatação imediata das arteríolas da pele, aumento no fluxo sanguíneo e na troca de líquidos dos tecidos.

É evidente que qualquer condição em que seja benéfico um aumento da taxa metabólica, atividade celular e fluxo sanguíneo local, pode ser apropriadamente tratada com aquecimento. A aplicação local do calor resulta em aumento da temperatura corporal, da frequência respiratória e de batimento cardíaco, e na diminuição da pressão sanguínea (STARKEY, 2001). O uso do calor é indicado nos estágios inflamatórios subagudos e crônicos de uma lesão.

DRAPER *et al.* (1999) especificam que o aumento de 1°C na temperatura tecidual auxilia na redução da inflamação e no aumento do metabolismo; e o aumento de 2 a 3°C diminui a dor e o espasmo muscular. Aumentos superiores a 3 e 4°C promovem aumento na extensibilidade do tecido.

A elevação da temperatura dos tecidos depende da intensidade de absorção específica (IAE) que é a intensidade de absorção de energia por unidade de massa de tecido, sendo calculada em unidades de watts por quilograma (W/kg) (SCOTT, 1998).

A IAE e o aquecimento produzido pela DOC dependem das propriedades elétricas do tecido dentro do campo eletromagnético (SCOTT, 1998) e o nível de calor gerado depende da condutividade dos tecidos, sendo que os tecidos com alto teor de água e íons são aquecidos mais rapidamente.

Os tecidos vivos consistem de moléculas carregadas, moléculas dipolares e moléculas apolares. Tecidos diferentes contêm proporções variáveis destas moléculas o que influencia a condutividade e conseqüentemente o IAE e o padrão de aquecimento por ocasião de sua irradiação pela DOC.

Todos os tecidos dentro do campo responderão à oscilação de alta frequência, porém diferentemente. Tecidos com muitas moléculas ou densos, naturalmente tornam-se mais quentes que os tecidos menos densos. Aquecimento diferencial é observado com DOC entre ossos, músculos e gordura porque há diferentes densidades nestes tecidos. Além disso, deve ser levado em conta o paciente tratado, bem como o tipo de eletrodos utilizado e seu

posicionamento (KAHN, 1994). Tecidos com elevado conteúdo dielétrico e boa condutividade tendem a absorver mais energia do campo da DOC. Porém, há debate quanto aos tipos de tecidos que são mais aquecidos durante os tratamentos pela DOC.

#### 2.1.4 Características Teciduais

O corpo humano apresenta cinco tipos diferentes de tecidos que têm propriedades únicas respondendo diferentemente aos processos de regeneração e às modalidades terapêuticas.

##### 2.1.4.7 Tecido epitelial

É o tecido que reveste a pele, o coração, os vasos sanguíneos, os órgãos, as glândulas e aberturas externas (STARKEY, 2001).

Com raras exceções, os vasos sanguíneos não penetram nos epitélios, de modo que a nutrição dos epitélios é feita por difusão através do tecido conjuntivo, da membrana basal e de um número variável de camadas celulares. Embora os epitélios não tenham vasos, são inervados, recebendo terminações nervosas livres (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 1995).

As células epiteliais apresentam uma intensa adesão mútua e, para separá-las, são necessárias forças mecânicas relativamente grandes. Essa adesão forma uma barreira que impede muitas substâncias externas de penetrarem no corpo e ajuda a manter os fluidos dentro do corpo.

Os agentes térmicos inicialmente aquecem ou resfriam a epiderme e tecidos subjacentes perdem ou ganham calor por condução.

##### 2.1.4.8 Tecido conjuntivo

É o tecido mais abundante no corpo humano. É caracterizado por apresentar diversos tipos de células, separadas por material intracelular sintetizado por elas. Ele sustenta, conecta, dá resistência, apoio, nutrição e defende os outros tipos de tecidos. Classifica-se em fibras colágenas, reticulares e elásticas (STARKEY, 2001; JUNQUEIRA e CARNEIRO, 1995).

Os colágenos constituem uma família de proteínas que aparece em grande quantidade nas fâscias, tendões, ligamentos, cartilagens, músculos e ossos. O colágeno pode ser alongado por estiramento, principalmente quando é aquecido.

As fibras reticulares são formadas por colágeno tipo III associado ao elevado teor de glicídios. Elas formam o arcabouço dos órgãos hemopoiéticos (baço, linfonodos, etc.).

As fibras elásticas distinguem-se facilmente das colágenas por serem mais delgadas e não apresentarem estriação longitudinal. As fibras elásticas cedem facilmente mesmo às trações mínimas, porém retomam sua forma inicial tão logo cessem as forças deformantes.

#### 2.1.4.9 Tecido adiposo

Imediatamente abaixo da epiderme fica a camada de tecido adiposo que é um tipo especial de tecido conjuntivo onde se observa predominância de células adiposas (adipócitos). Como é localizado embaixo da pele, modela a superfície, sendo responsável pelas diferenças de contorno entre o corpo da mulher e do homem. Além disso, forma coxins amortecedores de choques na planta dos pés e palma das mãos.

O tecido adiposo é o maior depósito de energia (sob a forma de triglicerídios) do corpo.

O elevado conteúdo de água presente no tecido adiposo permite aquecimento seletivo durante a diatermia. Porém, pelo fato de a camada de tecido adiposo também servir como isolante contra o frio, a eficácia dos agentes térmicos fica reduzida quando eles são aplicados sobre grossas camadas de tecido adiposo (STARKEY, 2001).

#### 2.1.4.10 Tecido muscular

O tecido muscular é responsável pelos movimentos corporais. É constituído por células alongadas caracterizadas pela presença de grande quantidade de filamentos citoplasmáticos responsáveis pela contração (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 1995).

O músculo esquelético é constituído de fibras musculares envoltas por camadas gradualmente mais complexas de tecido conjuntivo: o endomísio, o perimísio e o epimísio. O tecido conjuntivo mantém as fibras musculares unidas, permitindo que a força de contração gerada por cada fibra individualmente atue sobre o músculo inteiro, contribuindo para a

contração deste.

Os vasos sanguíneos penetram no músculo através de septos de tecido conjuntivo e formam uma rica rede de capilares (STARKEY, 2001).

As fibras do músculo esquelético são classificadas segundo a intensidade e duração da contração que ela produz: as fibras do tipo I produzem contração de baixa intensidade e longa duração; as fibras do tipo II produzem contração de alta intensidade e de curta duração.

#### 2.1.4.11 Tecido ósseo

É um dos mais resistentes e rígidos do corpo humano. Constituinte principal do esqueleto serve de suporte para as partes moles e protege órgãos vitais.

Todos os ossos são revestidos em suas superfícies externas e internas por membranas conjuntivas chamadas perióstio e endóstio (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 1995). O perióstio é formado por tecido conjuntivo denso, muito fibroso em sua parte externa e mais rico em células e vasos sanguíneos na porção interna junto ao tecido ósseo. O endóstio é geralmente constituído por uma camada de células osteogênicas achatadas revestindo as cavidades do osso esponjoso, o canal medular.

#### 2.1.4.12 Tecido nervoso

Está distribuído pelo organismo formando uma rede de comunicações que constitui o sistema nervoso. Este por sua vez é dividido anatomicamente em sistema nervoso central e periférico.

O tecido nervoso é constituído por dois componentes principais: o neurônio, que é formado por dois segmentos distintos (dendritos e axônio); células da glia ou neuroglia.

O tecido nervoso tem a capacidade de conduzir impulsos aferentes e eferentes. O neurônio que transmite a informação em direção à sinapse (comunicação com outro neurônio) é chamado de neurônio pré-sináptico e os que transmitem o impulso para longe da sinapse são os neurônios pós-sinápticos. Eles transmitem as sensações térmicas de calor e de frio.

As células danificadas do sistema nervoso central não são substituídas e perdem sua função. As células nervosas do sistema nervoso periférico possuem certa capacidade de regeneração. Agentes térmicos influenciam na função dos nervos, alterando suas velocidades

de condução (STARKEY, 2001).

### 2.1.5 Fases da Cicatrização Tecidual

A resposta do tecido à lesão em geral é descrita em termos de lesão mecânica da pele e infecção subsequente por bactérias. A série de mudanças que ocorrem é até certo ponto semelhante, independentemente do tecido envolvido e do modo como a lesão é causada. A seleção de intensidades adequadas de tratamento é dependente das fases da cicatrização tecidual, que serão discutidas a seguir.

#### 2.1.5.1 Lesão inicial

Ocorre pelo dano às células e aos pequenos vasos sanguíneos. As células morrem em consequência de agressão direta, de deficiência de oxigênio devido à lesão dos vasos sanguíneos ou pelos agentes químicos liberados de outras células lesadas. Se a lesão for superficial o sangramento será visível, caso contrário, o sangue extravasado ficará aprisionado dentro do tecido lesado. Em poucos minutos o sangue começa a coagular sendo precipitado pela agregação de plaquetas e pela ativação de enzimas que convertem protrombina em trombina, estimulando o fibrinogênio a desenvolver filamentos individuais de fibrina. Ocorre também a liberação de bradicinina, que interfere na circulação local, estimula a produção de outros mediadores químicos e age como agente de atração para células como os neutrófilos e os monócitos. Os coágulos são dissolvidos após cinco dias pela fibrinolisa. O processo de coagulação do sangue é um importante desencadeador da inflamação que se segue (LOW e REED, 2001). A lesão é dividida em fase aguda (24 a 72 horas), subaguda (duas semanas a um mês) e crônica (mais de um mês) (STARKEY, 2001).

#### 2.1.5.2 Inflamação

A inflamação é basicamente o resultado da microcirculação dos tecidos reagindo à lesão inicial e dura cerca de três a quatro dias (LOW e REED, 2001).

Quatro sinais estão associados à inflamação: calor, vermelhidão (devido ao aumento

do fluxo sanguíneo), edema (resultado de agentes inflamatórios) e dor (decorrentes da liberação de agentes químicos irritantes como bradicinina, histamina, prostaglandina, etc.) (MICHLOVITZ, 1998).

A primeira resposta à lesão é a vasoconstrição em resposta à irritação causada pela liberação de norepinefrina que é responsável pelo tamponamento dos vasos que estão sangrando e ajuda na imobilização da área e aprisionamento das bactérias. Durante esse período, as paredes dos vasos dos capilares e especialmente das vênulas pós-capilares são alinhadas pelas células sangüíneas brancas (leucócitos) em um processo chamado de marginalização (MICHLOVITZ, 1998). Esse processo pode ser seguido de uma vasoconstrição secundária em decorrência da ação da serotonina, do difosfato de adenosina, do cálcio e da trombina (SCOTT, 1998).

A pressão aplicada nas terminações nervosas sensoriais pelo exsudato é responsável por parte da dor associada com a inflamação. A dor é também provocada por todos os mediadores químicos que causam vasodilatação, sobretudo as cininas.

Quase imediatamente após a formação do exsudato líquido chegam ao local da lesão os neutrófilos (24 horas) e monócitos (terceiro dia) com a função de fagocitose, ou seja, limpeza do local. Esse processo dura cerca de dois dias (término da fase de inflamação). Os monócitos se diferenciam em macrófagos que são essenciais para o processo de reparo e podem realizar a função dos neutrófilos. Os macrófagos liberam fatores que atraem fibroblastos para a área e que incrementam a deposição de colágeno (STARKEY, 2001).

Na seqüência, ocorre a vasodilatação com um aumento da permeabilidade a fluidos e proteínas em decorrência da ação dos mediadores químicos histamina, prostaglandina, bradicinina e peróxidos de hidrogênio. Isto leva ao rubor, ao aumento de temperatura da pele e à formação de edema. A fase inflamatória tem como objetivo controlar os efeitos dos agentes que causam a lesão e regenerar o tecido. O prolongamento da fase inflamatória danifica o tecido conjuntivo e promove espessamento da membrana sinovial, o que pode acarretar no desenvolvimento de aderências e diminuindo a amplitude articular (MICHLOVITZ, 1998).

### 2.1.5.3 Fase proliferativa

Este estágio inicia após 72 horas da lesão e dura cerca de três a quatro semanas, incluindo a reconstrução dos tecidos e o reforço da ferida (LOW e REED, 2001). Ocorre a

formação do tecido de granulação e o envolvimento da atividade de macrófagos, fibroblastos e células endoteliais (STARKEY, 2001).

A primeira fase do reparo é a proliferação envolvendo os tecidos epitelial e conectivo. O tecido epitelial tem grande capacidade regenerativa e passa por um processo chamado re-epitelização. No tecido conectivo, os fibroblastos migram até a área inflamada e iniciam a síntese do tecido. As células epiteliais na região periférica da ferida proliferam-se até seu fechamento total. Os fibroblastos secretam colágeno e mucopolissacarídeos e a partir daí a matriz é restabelecida (MICHLOVITZ, 1998).

Finalmente ocorre a angiogênese (formação de novos vasos), processo que envolve o brotamento inicial de células endoteliais que crescem para dentro da área lesada, ramificando-se e eventualmente unindo-se aos brotos adjacentes para formar circuitos capilares quando são canalizados, o que faz com que o fluxo sanguíneo seja restabelecido (LOW e REED, 2001).

Alguns fibroblastos se tornam miofibroblastos capazes de se contrair; o novo colágeno também tende a encurtar, e ambos então podem atuar no fechamento da ferida aproximando uma margem da outra.

#### 2.1.5.4 Fase de remodelamento

O processo continua até que toda a área lesada seja substituída. O tecido de granulação se torna mais fibroso e menos vascular, até se tornar fibroso denso (cicatriz). A matriz que está presente é gradualmente substituída e remodelada ocorrendo a maturação do tecido cicatricial (reposição do colágeno do tipo III pelo tipo I). As fibras reorientam-se ao longo das linhas de tensão aplicadas à lesão, resultando assim em uma maior resistência tênsil do tecido. A resistência à ruptura aumenta com a deposição do colágeno, atingindo aproximadamente 20% da resistência normal por volta do 21º dia (STARKEY, 2001). O processo de remodelamento pode continuar por meses, com a estrutura do novo tecido alterando-se lentamente (LOW e REED, 2001).

## 2.2 DIATERMIA POR ONDAS CURTAS

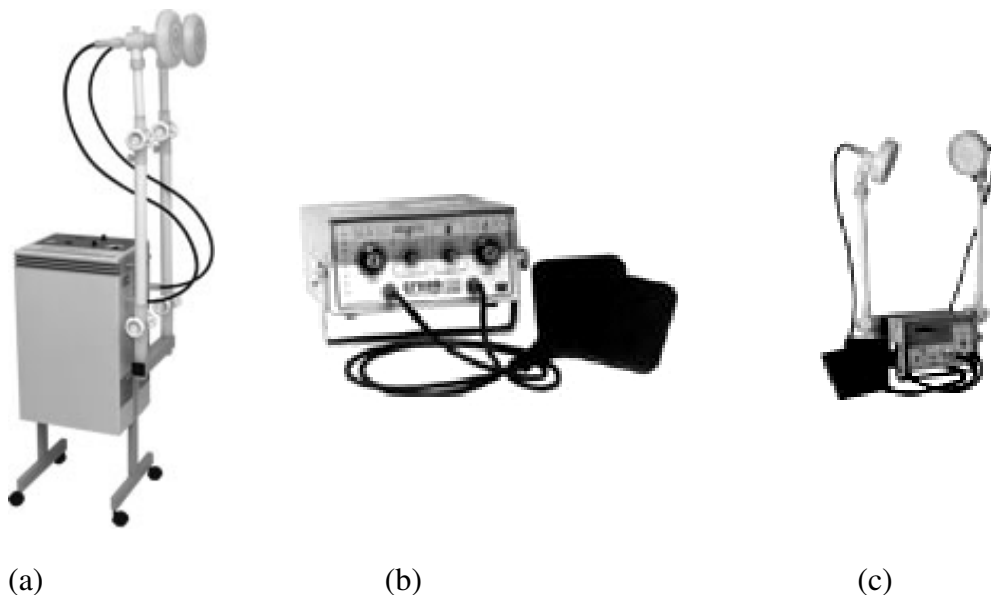
É um agente eletroterapêutico aplicado por fisioterapeutas para o tratamento de diversas patologias. Opera em 27,12 MHz e pode ser aplicado nos modos contínuo ou pulsado

(SHIELDS *et al.*, 2003).

É utilizada em terapia para produzir aquecimento local no tecido através da conversão de energia eletromagnética em energia térmica (HECS, 2002).

### 2.2.3 Componentes

Existem diversos modelos para equipamentos de DOC e provavelmente outros modelos diversificados serão introduzidos no futuro. Entretanto características comuns são distinguíveis (HECS, 2002). Na Figura 1 são apresentados modelos de equipamentos de DOC que utilizam eletrodos de *schliephake* e eletrodos do tipo almofada.



(a) (b) (c)  
Figura 1: Modelos de equipamentos de DOC com eletrodos do tipo *schliephake* (a e c) e do tipo almofada (b e c) (ISP, 2005)

Um equipamento de DOC consiste de três partes principais: um oscilador, um amplificador de potência e aplicadores (eletrodos). O oscilador gera a corrente de alta frequência e possui um temporizador. O amplificador de potência aumenta a corrente, tem um regulador da potência de saída e um indicador ou medidor desta. O aplicador, também chamado de eletrodo, aplica a energia de RF a certa porção do corpo do paciente (ECRI, 2002).



#### 2.2.4 Características Físicas

As radiações eletromagnéticas por ondas curtas variam de 10 a 100 MHz, sendo que a faixa de ondas mais curtas é a utilizada na diatermia terapêutica e a mais freqüente é 27,12 MHz.

Como citado anteriormente, a DOC pode ser administrada de modo contínuo ou pulsado. Quando no modo pulsado, a energia resulta no desenvolvimento de ondas laterais, o que significa que existe variação quanto à freqüência próxima da freqüência padrão de 27,12 MHz.

As ondas são produzidas como resultado de oscilações elétricas, e assim tanto campos elétricos como magnéticos podem ser obtidos em tecidos humanos submetidos à DOC (SCOTT, 1998).

O campo elétrico é criado quando duas placas, separadas de certa distância são submetidas a certa tensão elétrica, ou seja, surge como resultado da presença de cargas elétricas, caracterizando-se pela sua direção e magnitude. Se essa tensão variar ao longo do tempo, esse campo é alternado, caso contrário, será um campo estático (OKUNO, CALDAS e CHOW, 1982).

Um campo magnético é produzido por uma carga elétrica móvel que irá iniciar a geração de um campo magnético, podendo resultar na produção de uma corrente induzida. O simples fato da corrente passar por um fio já produz ao seu redor um campo magnético, que aumenta com o aumento da corrente (CARVALHO, 2000).

O paciente torna-se parte do circuito elétrico pelo uso de uma bobina indutiva ou por eletrodos do tipo capacitivo. Os circuitos do paciente e do gerador são sintonizados pelo uso de um capacitor variável para que sejam equiparados os parâmetros de cada circuito, gerando assim a máxima transferência de potência.

A potência de RF é entregue do gerador para o aplicador por dois cabos formando uma linha de transmissão sem blindagem (HECS, 2002).

A interação do campo com os tecidos fica afetada pela propriedade macroscópica do tecido (permissividade elétrica) que representa a constante dielétrica e o fator de perda do tecido. A quantidade de calor gerado depende da condutividade do tecido, ou seja, da quantidade de água e íons. Tecidos com alto teor de água e íons são aquecidos com maior rapidez (SCOTT, 1998). A permissividade complexa é uma função da freqüência, sendo assim, a propagação e atenuação das ondas eletromagnéticas dependem da freqüência. O deslocamento de energia elétrica ocorre como resultado da polarização do tecido.

Para todas as máquinas, independentemente da técnica de aplicação, a impedância elétrica do paciente torna-se parte da impedância do circuito. Sendo assim, é necessário para qualquer aplicação terapêutica, resintonizar o circuito do paciente à ressonância depois que o paciente foi introduzido no circuito. Assim, a frequência do circuito do paciente torna-se igual à frequência do circuito oscilador da máquina (KOTTKE e LEHMANN, 1994).

O controle de potência de saída é similar ao do volume de rádio ou TV; selecionando um nível de aquecimento apropriado (KAHN, 1994).

### 2.2.2.1 Produção da corrente de ondas curtas

A transformação do padrão de saída de 127/60 Hz de corrente alternada para 500 V até 45MHz é realizado por componentes eletrônicos do próprio equipamento de DOC (KAHN, 1994).

A corrente de alta frequência é gerada por um circuito oscilador que consiste em uma capacitância e uma indutância cujas dimensões são dispostas para permitir oscilação dos elétrons com uma frequência precisa (27,12 MHz) (LOW e REED, 2001).

A frequência (f) na qual o circuito irá oscilar depende somente das características elétricas, i.e., do produto da capacitância (C) e da indutância (L), conforme Equação 1 (SCOTT, 1998):

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

Para manter a oscilação regular, a energia elétrica deve ser alimentada no circuito em disparos em momentos adequados do ciclo. Isso é possível por meio de um interruptor eletrônico – válvula termiônica ou transistor – que é acoplado ao circuito para que a corrente seja acrescentada em sintonia com as oscilações. O circuito pode ser um oscilador de potência (as oscilações são geradas na potência e frequência requeridas) ou um circuito de baixa potência controlado por um transistor sincronizado por cristal (LOW e REED, 2001).

Em cada circuito é colocada uma espiral, formando um transformador, de modo que o campo magnético gerado pelo circuito oscilador induz uma corrente na bobina ressonante. A energia será efetivamente transferida se os dois circuitos estiverem sintonizados (com mesma frequência). Para que isso ocorra é necessário organizar os circuitos de modo que o produto

da capacitância e indutância de um seja igual ao do outro.

Os circuitos de ressonância e gerador são sintonizados pelo uso de um capacitor variável, para que sejam equiparados os parâmetros de cada circuito, gerando assim a máxima transferência de potência (SCOTT, 1998).

O diagrama de blocos da Figura 2 apresenta um circuito de DOC.

Como produto final, o calor se forma de acordo com a Equação 2:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \quad (2)$$

onde: Q = calor em joules, I = amplitude da corrente em ampères, R = resistência ôhmica, e t = tempo em segundos (SCOTT,1998).

Uma vez sintonizado, o aquecimento dos tecidos é controlado regulando a potência de saída do aparelho e isto é realizado de formas diferentes em aparelhos diferentes.

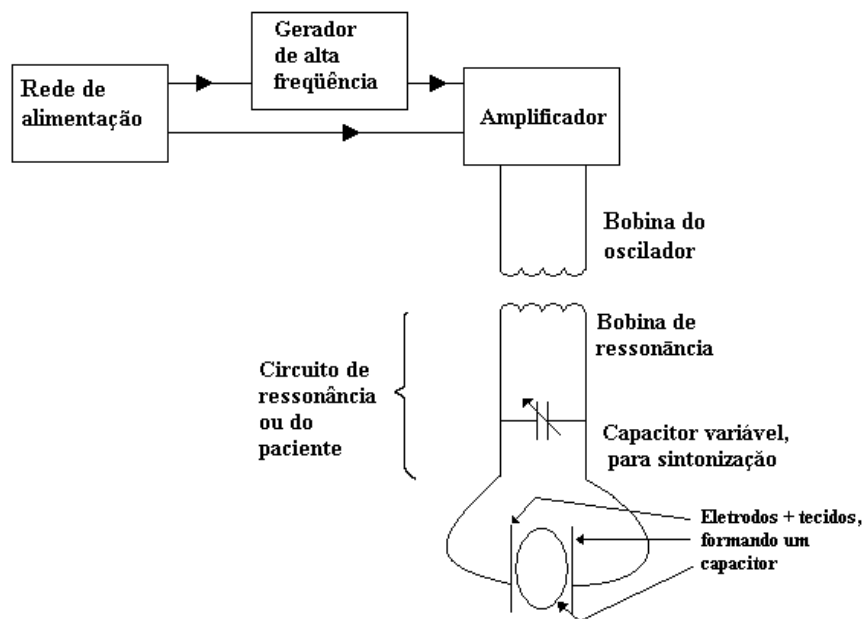


Figura 2: Diagrama mostrando a geração e aplicação da diatermia por ondas curtas (SCOTT, 1998; LOW e REED, 2001)

### 2.2.3 Diatermia por Ondas Curtas Pulsada (DOCP)

Consiste na aplicação de uma série de breves pulsos de DOC intercalados com intervalos em que não há aplicação de DOC. Durante o período de pulsos ativados, a

freqüência é aproximadamente 27,12 MHz (SCOTT, 1998). A utilização de pulsos é para que o paciente receba menor dose de energia através do tempo.

Os parâmetros para aplicação da DCOP são:

- Potência de pico de pulso (100-1000 W);
- Freqüência de repetição do pulso: número de pulsos em 1 segundo (15-800 Hz);
- Duração do pulso: duração de cada pulso (25-400  $\mu$ s);

Com um circuito sincronizado, a saída pode ser ligada e desligada, permitindo que sejam emitidos pulsos de oscilações em qualquer extensão de tempo.

#### 2.2.4 Princípios de Aplicação

Durante a aplicação da DOC, o paciente é conectado ao circuito elétrico do gerador de alta freqüência, por meio de um aplicador capacitivo ou bobina de indução. O mecanismo de aquecimento e o perfil são um pouco diferentes para os dois tipos de aplicação (HECS, 2002).

Controvérsias existem sobre onde as diferentes técnicas de aplicação causam maior aquecimento. SCOTT (1998) afirmou que os padrões de aquecimento ou absorção mais desejáveis para as finalidades terapêuticas correspondem ao mínimo de aquecimento relativo no tecido adiposo, com máximo aquecimento e profundidade de penetração relativos no músculo. Assim, cabe ao fisioterapeuta escolher a técnica e aplicá-la de forma que traga os maiores benefícios para o tecido lesado e conseqüentemente para o paciente.

##### 2.2.5.1 Método capacitivo

Trata-se de um método que utiliza dois aplicadores capacitivos posicionados próximo à área da região a ser tratada. Uma tensão alternada de alta freqüência é aplicada nos tecidos gerando uma corrente de condução que produz calor no tecido (RODRIGUES e GUIMARÃES, 1998). O aquecimento do tecido é basicamente devido ao campo elétrico de RF (HECS, 2002).

O método capacitivo utiliza dois tipos de eletrodos:

- Placas flexíveis envoltas por borracha. É utilizado material semelhante ao feltro, para garantir que restará um espaço suficiente entre o eletrodo e o paciente (Figura 3).



Figura 3: Eletrodo do tipo flexível (ISP, 2005)

- Placas metálicas rígidas envoltas em plástico. São comumente conhecidas como eletrodos de *schliephake* e são posicionados por meio de braços de suporte (Figura 4).



Figura 4 : Eletrodo do tipo *schliephake*

O objetivo deste tipo de aplicação é controlar a distribuição do campo elétrico da DOC e desse modo o aquecimento dos tecidos (LOW e REED, 2001). O padrão do campo elétrico pode ser previsto para um tecido usando diferentes tamanhos e formas de eletrodos e variadas posições com relação ao tecido. Porém, os tecidos não são homogêneos. Sendo assim, o campo elétrico nos tecidos tende a sofrer refração nas diferentes interfaces, tanto na superfície quanto entre várias camadas de tecidos. Conseqüentemente ocorre o alastramento do campo dentro dos tecidos. Para fornecer energia suficiente para o aquecimento dos tecidos é necessário concentrar o campo na área em particular a ser tratada. Para isso é importante ter conhecimento sobre os diferentes tipos de forma e posicionamento dos eletrodos.

Os eletrodos devem ter o mesmo tamanho para que não ocorra aquecimento desigual no caso de serem utilizados eletrodos de tamanhos diferentes.

Os eletrodos devem ser ligeiramente maiores que a parte a ser tratada, pois o campo elétrico é menos uniforme nas bordas das placas.

Os eletrodos devem permanecer paralelos à superfície de modo que a distância pele-

eletrodo seja a mais constante possível. O posicionamento muito próximo à pele poderá causar aquecimento intenso na superfície fornecendo risco de queimaduras. Se a distância for muito grande, a força do campo ficará reduzida. É considerada ideal uma distância de 2 a 4 cm. Normalmente os eletrodos são envoltos por tecido atalhado. O espaçamento desigual leva à concentração do campo no ponto mais próximo. Na região entre as placas, onde os tecidos estão em paralelo, a maior densidade de corrente é produzida na musculatura superficial (WEBSTER, 1998).

O método capacitivo pode ser aplicado de modos distintos (Figura 5):

- Aplicação contraplanar: os eletrodos são posicionados nos lados opostos da parte a ser tratada;
- Aplicação coplanar: os eletrodos são colocados do mesmo lado do corpo;
- Aplicação longitudinal: os eletrodos são posicionados sobre lados opostos do corpo, como ocorre na aplicação contraplanar, porém espaçados a certa distância, permitindo que a parte a ser tratada permaneça no centro dos eletrodos.

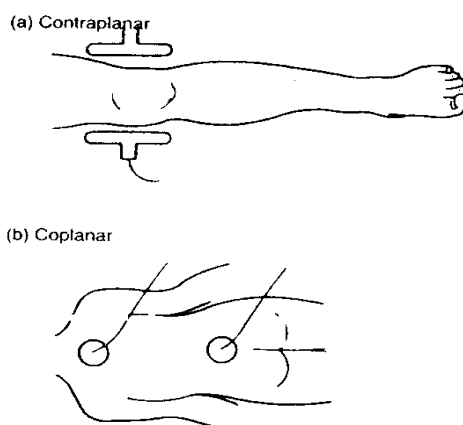


Figura 5: Técnica de aplicação (a) contraplanar e (b) coplanar (LOW e REED, 2001)

#### 2.2.4.2 Método indutivo

Baseia-se na formação de um campo magnético alternante formado pela passagem de corrente alternada de alta frequência por uma bobina (RODRIGUES *et al.*, 1998).

O aquecimento ocorre pela corrente “em círculos” induzida no tecido por campo magnético. O campo elétrico também está presente, mas em menor intensidade (HECS, 2002).

O cabo ou bobina de indutotermia é uma parte do circuito ressonante e um condutor de corrente de alta frequência que se comporta como uma onda eletromagnética.

Os efeitos indutivos são decorrentes do campo magnético oscilante gerado pela corrente no centro do cabo. A energia se alastra para dentro dos tecidos, interagindo com os campos elétricos e magnéticos dos átomos e moléculas. O resultado é a indução eletromagnética de correntes elétricas em ângulo reto com a direção do campo magnético (LOW e REED, 2001).

Com a bobina, a maior parte do aquecimento ocorre nos tecidos superficiais, mas não predominantemente nos adiposos, como se dá com as aplicações capacitivas. O aquecimento é maior nos músculos superficiais.

Se o cabo é usado, ele precisa estar a uma distância de 2 a 3 cm da superfície da pele para dar um alastramento suficiente do campo. Isso é obtido parcialmente pelo isolamento da borracha do cabo e em parte aplicando o cabo sobre toalhas ou outro material apropriado com no mínimo 1 cm de espessura (Figura 6).

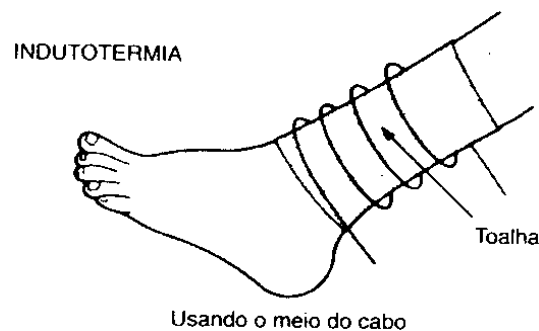


Figura 6: Modo de aplicação da indutotermia (LOW e REED, 2001)

O envoltório plástico do eletrodo tipo tambor (Figura 7) assegura um espaçamento adequado, mas é necessário um espaço adicional de ar para obter aquecimento de profundidade adequada (1-2 cm) (LOW e REED, 2001). No interior do tambor existe um eletrodo espiralado.

### 2.2.6 Dosagem

É a energia total de ondas curtas administrada a um paciente durante um único

tratamento. Pode ser menor ou maior dependendo da intensidade colocada no aparelho, da duração do tratamento e da frequência de repetição do pulso selecionado.

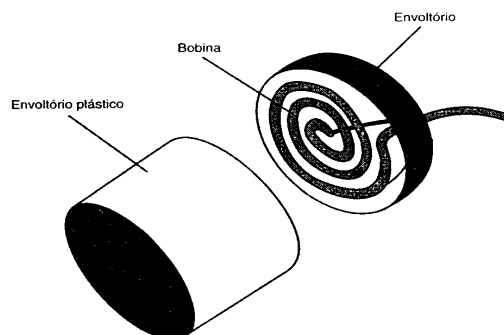


Figura 7: Aplicador indutivo do tipo tambor (LOW e REED, 2001)

A dosagem é estabelecida pela seleção de alguns parâmetros de tratamento, dependendo da aplicação com DOC ou DOCP (SHIELDS *et al.*, 2003).

Dependendo da dose, pode ser possível a elevação da temperatura superficial em até 6°C. Adicionalmente à diatermia por microondas e o ultra-som, a DOC é a única modalidade capaz de aumentar a temperatura dos tecidos que ficam mais que 2 cm abaixo da epiderme (DRAPER *et al.*, 1999). A penetração da DOC é até 3 cm (ECRI, 2002).

#### 2.2.5.1 DOC contínua

Um método padronizado para a determinação da dose consiste em pedir ao paciente que descreva suas sensações térmicas.

Um estudo efetuado por Low e Reed em 1990 sugere cinco níveis de dose de DOC também chamada de doses de *schliephake*, com base na percepção do paciente, variando desde uma dose de aquecimento imperceptível, em que o paciente não percebe aquecimento até uma dose máxima de aquecimento tolerável (SCOTT, 1998). Contudo, é praticamente impossível, na situação clínica, calcular com exatidão a dosimetria da DOC nos diferentes tecidos do corpo. Este nível de dose pode ser excessivamente elevado se a discriminação das sensações térmicas do paciente estiver num nível inferior ao ideal.

Já o estudo de Delpizzo e Joyner em 1987 (SCOTT, 1998) divide as doses para a DOC



em três categorias:

- Alta: nítida elevação de calor;
- Média: efeitos térmicos fracos, mas evidentes;
- Baixa: efeitos térmicos não perceptíveis.

Como o equipamento de DOC não fornece uma indicação direta da temperatura tecidual, o operador deve ajustar a saída da diatermia de acordo com o nível de conforto subjetivo do paciente e sua sensibilidade térmica (ECRI, 2002).

#### 2.2.5.2 DOCP

A dosagem da DOCP é selecionada escolhendo-se uma combinação de pulsos, largura de pulso e potência de pico de pulso para dar uma leitura da potência de saída média (SHIELDS *et al.*, 2003).

Teoricamente sugere-se que os quadros agudos devem ser tratados com doses baixas e os crônicos com doses mais elevadas (SCOTT, 1998).

Para a aplicação de uma dose baixa, a frequência de repetição do pulso, a duração do pulso e a potência de pico do pulso devem ser as mais baixas possíveis. Para uma dose alta estas variáveis devem ser reguladas ao nível máximo.

Poucos estudos fornecem dados suficientes acerca dos parâmetros de tratamento.

A relação entre dose da DOCP e efeito fisiológico não tem sido investigada. Até o presente, uma seleção abrangente de variáveis de dosagem está disponível tais como potência média, duração de pulso, repetição do pulso, tempo de tratamento e frequência de tratamento. Apesar da grande quantidade de padrões de energia, clínicos têm evidências insuficientes sobre qual seleção é a base do seu tratamento, pois, a influência fisiológica e parâmetros de dosagem ainda estão em questão (HILL *et al.*, 2002).

#### 2.2.6 Efeitos Terapêuticos

A interação da RF com os sistemas vivos incluindo os seres humanos, é uma função complexa e resulta da associação entre alguns parâmetros. As interações dos campos de RF com o sistema vivo podem ser consideradas sobre o nível macro e microscópico (HECS, 2002).

Radiação eletromagnética na frequência de operação da DOC (27,12 MHz) é conhecida por fornecer vários efeitos biológicos. Exposição da radiação RF pode resultar em efeitos benéficos ou potencialmente prejudiciais (HECS, 2002).

#### 2.2.6.1 Modo contínuo

Os efeitos terapêuticos da DOC contínua são geralmente considerados decorrentes do aquecimento.

A resposta dos tecidos ao aquecimento é similar, não importando a modalidade utilizada na geração de calor. A principal diferença entre DOC e agentes de aquecimento por condução é a profundidade onde irá ocorrer o efeito térmico.

A diferença entre DOC contínua e DOCP é que esta transmite uma potência média mais baixa ao paciente o que implica em menor aquecimento.

Dentre os efeitos terapêuticos estão:

- Aumento do fluxo sanguíneo;
- Efeito anti-inflamatório;
- Aumento da extensibilidade do tecido colagenoso profundo;
- Efeito cicatricial;
- Diminui a rigidez articular;
- Alívio de dores e espasmos musculares.

Ainda, MA *et al.* (1997) relatam o efeito da DOCP sobre a redução do pneumotórax espontâneo.

#### 2.2.6.2 Modo pulsado

Alguns autores sugerem que os efeitos obtidos com a aplicação da DOCP podem ser atribuídos por uma leve elevação da temperatura tecidual. Outros relatam que o efeito atérmico é uma resposta fisiológica à irradiação pela DOCP, que não se deve ao efeito térmico.

HILL *et al.* (2002) expõem que a DOCP está associada ao aumento da razão de fibroblastos e condrócitos *in vitro*, estando esse aumento relacionado à dose de aplicação.

LOW E REED (2001) citam que existem algumas pesquisas demonstrando os efeitos

da DOCP. Dentre esses estão: aceleração da cicatrização tecidual, facilitação da regeneração, utilização em pós-operatórios (enxertos de pele, cirurgia dentária), utilização em lesão tecidual recente (por exemplo, em mãos e entorses de tornozelo), lesões agudas.

### 2.2.8 Contra-Indicações e Efeitos Adversos

Todos estão expostos a certa quantidade de energia eletromagnética todos os dias. Entretanto, o uso de modalidades eletroterapêuticas expõe terapeutas, pacientes e outros a campos adicionais (CSP, 1997).

Todas as formas de eletroterapia carregam com elas um risco inerente para o paciente se aplicadas incorretamente ou se equipamento defeituoso é utilizado, porém poucas informações estão disponíveis com relação às possibilidades de efeitos adversos. Isto se deve em parte pela falta de investigações dos efeitos dos agentes eletroterapêuticos, e por não serem exigidos testes rigorosos completos para comercializar as novas modalidades (SHIELDS *et al.*, 2003).

Até o momento, um estudo examinou os efeitos adversos através da aplicação incorreta da eletroterapia. Em um período de 18 meses, 148 incidentes foram registrados por fisioterapeutas dentro desse estudo. Uma larga percentagem destes incidentes (32,4%) ocorreu como resultado da aplicação de DOC e DOCP. Os incidentes incluem aumento da dor, náuseas e vômitos, queimaduras, cefaléias e desmaios (SHIELDS *et al.*, 2003).

Os efeitos adversos podem ser resultado de uso de equipamento em mau funcionamento, do uso de técnicas inapropriadas ou da aplicação incorreta do tratamento (SHIELDS *et al.*, 2003).

Outro estudo (CSP, 1997) cita que não se tem conhecimento de pesquisas que investiguem especificamente uma correlação entre eletroterapia e doenças malignas em fisioterapeutas. Com relação ao aborto e/ou partos com má formação existem poucos estudos que consideram o efeito das microondas e DOC/DOCP. Entretanto um outro estudo mostra fraca ligação com microondas, com DOC/DOCP os resultados são inconclusivos (SHIELDS *et al.*, 2003).

O uso da DOC deve ser evitado se a fonte de diatermia estiver direcionada para a região do marcapasso cardíaco ou se possuir potência elevada, podendo ocorrer aquecimento dos componentes e elementos metálicos, causando até mesmo disfunção permanente do gerador ou arritmias graves (GAUCH *et al.*, 1997).

### 2.2.7.1 DOC contínuo

Dentre as contra-indicações para a aplicação da DOC, LOW e REED (2001) e SCOTT (1998) citam:

- Marcapassos implantados;
- Metais nos tecidos;
- Sensibilidade térmica comprometida;
- Pacientes muito jovens ou com comprometimento motor ou mental;
- Gestantes;
- Aparelhos auditivos;
- Hemorragia;
- Tecidos isquêmicos;
- Tumores malignos;
- Lesões tuberculosas;
- Trombose venosa profunda.

Com relação às conseqüências que a aplicação de DOC em contra-indicações pode trazer, cita-se o caso de dois pacientes que possuíam estimuladores implantados no cérebro e foram a óbito após receber tratamento com DOC (CSP, 2003).

### 2.2.7.2 DOCP

Com a aplicação da DOCP, existe pouco risco de queimaduras. Sendo assim, pode ser aplicado na presença de implantes de metal, desde que se leve em consideração que com a utilização de pulsos mais longos com freqüências mais elevadas, pode ocorrer aquecimento e conseqüentemente queimaduras.

Não foram relatados efeitos lesivos até agora com o modo pulsado, contudo, deve-se evitar a aplicação em gestantes, tecidos pré-cancerígenos ou cancerígenos, tuberculose, pacientes hiperpirécicos e em pacientes com marcapasso cardíaco (LOW e REED, 1998).



## CAPÍTULO III

### PROGRAMA DE VERIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE DIATERMIA POR ONDAS CURTAS

Embora a DOC forneça uma considerável interferência e este é um problema de compatibilidade eletromagnética, trata-se de uma fonte de tratamento para o paciente. Sendo assim, é necessário que sejam tomadas precauções para eliminar problemas com outros equipamentos e fornecer tratamento eficaz.

Uma das grandes dificuldades encontradas pelas instituições médico-hospitalares é a de monitorar o uso de equipamentos biomédicos e a sua vida útil dentro da instituição. Grande parte das instituições do país, como no mundo, não possuem seus equipamentos catalogados nem um acompanhamento satisfatório dos mesmos (MALUCELLI *et al.*, 2004).

A eficácia de um tratamento depende da qualidade do equipamento e de seu correto funcionamento. Fatores como frequência de utilização, movimentação intensa, manuseio inadequado, transportes, mudanças bruscas de temperatura e mesmo o próprio envelhecimento natural causam desvios de funcionamento que acarretam em descalibração. A melhor maneira de contornar esses problemas é submeter o equipamento a calibrações e testes de verificação (KLD, 2004).

Para tanto, existem normas que estabelecem parâmetros de funcionamento e especificações de testes para controle dos equipamentos de DOC.

#### 3.5 NORMALIZAÇÃO

O aumento da preocupação com o bem estar dos pacientes e da equipe de saúde resultou na elaboração e no desenvolvimento de normas técnicas para a certificação de equipamentos eletromédicos. Diversos Órgãos Regulatórios como a FDA - *Food and Drug Administration*, MDD - *European Union Medical Device Directive* e, no Brasil, a ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária regulamentam a Certificação de Conformidade destes produtos. Estas regulamentações visam proteger os usuários contra choques elétricos e garantir o adequado desempenho destas tecnologias (OLIVEIRA, BRITO e BUTTON, 2004).

Para avaliar e garantir os requisitos de segurança e qualidade dos equipamentos

eletromédicos, o Brasil adota o Sistema Brasileiro de Certificação, que leva em consideração a infra-estrutura tecnológica instalada no País para os ensaios e certificação dos produtos, determinando-se assim, os tipos de equipamentos passíveis de certificação de conformidade (ARAÚJO, 2001).

A ANVISA definiu na Resolução nº 444/1999 a adoção da norma técnica brasileira NBR IEC 60601-1 (Equipamento Eletromédico. Parte 1 – Prescrições Gerais para Segurança) e normas técnicas particulares brasileiras da série NBR IEC 60601-2 para ensaios de tipo (MÜHLEN, 2001). Somente os equipamentos médico-hospitalares relacionados com estas normas estão sujeitos a certificação compulsória. Atualmente existem 23 tipos de equipamentos eletromédicos sujeitos a certificação compulsória e entre eles está o equipamento de terapia por ondas curtas.

A NBR IEC 601-1 é uma tradução fiel da norma equivalente IEC 601-1: 1988 (ABNT, 1994). Esta norma estabelece prescrições gerais para segurança de equipamentos eletromédicos e serve de base para as prescrições de segurança de Normas Particulares.

Para o equipamento de diatermia por ondas curtas existe a NBR IEC 601-2-3 (Equipamento eletromédico – Parte 2: Prescrições particulares para a segurança de equipamentos de terapia por ondas curtas) (ABNT, 1997). Esta norma emenda e complementa a NBR IEC 601-1 e especifica as prescrições para segurança do equipamento de terapia por ondas curtas referido como equipamento que tem uma potência de saída declarada não excedendo 500W. Ela estabelece parâmetros de funcionamento, controle e teste dos equipamentos de diatermia por ondas curtas. A norma particular não deve ser utilizada isoladamente, porém suas prescrições têm prioridade sobre as da norma geral.

As regulamentações visam proteger os usuários contra choques elétricos e garantir o adequado desempenho das tecnologias empregadas na área da saúde. A única forma de se garantir que um equipamento eletromédico é seguro, confiável, eficaz e de fácil utilização é aliar a certificação a estudos de confiabilidade e de análise de riscos (OLIVEIRA, BRITO e BUTTON, 2004).

### 3.6 CLASSIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO

A diversidade de produtos utilizados na área da saúde conduziu diversos países a incluírem em suas legislações sanitárias classificações destes produtos conforme seu risco potencial à saúde de pacientes, usuários ou outras pessoas, visando adotar um controle

sanitário diferenciado, segundo este risco (OLIVEIRA, 2000).

Os materiais, artigos e equipamentos de uso médico, odontológico e laboratorial, constituem o conjunto de produtos médicos abrangidos pela legislação sanitária e sob controle das respectivas autoridades sanitárias em todos os países.

Os países que compõem o Mercosul vêm harmonizando desde 1994 o conteúdo tecnológico dos componentes do modelo a ser por eles aplicado aos produtos médicos, adotando como referência para classificação e avaliação de risco, os requisitos recomendados pela “*Global Harmonization Task Force*”, compatíveis com a *Directiva 93/42/CEE* da União Européia (OLIVEIRA, 2000).

Dois fatores auxiliam o processo de classificação dos equipamentos: o conteúdo tecnológico do produto e o uso ou aplicação a que se destina o produto.

O Mercosul utiliza uma classificação que divide os equipamentos em quatro categorias (MORAIS e MÜLHEN, 2004):

- Produtos médicos não-invasivos: que não tem contato com o paciente ou contata apenas a pele;
- Produtos médicos invasivos: que penetram total ou parcialmente dentro do corpo do paciente;
- Produtos médicos ativos: cujo funcionamento depende de fonte de energia elétrica ou qualquer outra fonte de energia distinta da gerada pelo corpo humano ou gravidade e que funciona pela conversão desta energia;
- Produtos médicos especiais: produtos com características tecnológicas e de aplicação particulares, como preservativos, soluções de limpeza, dentre outros.

Estes quatro tipos de produtos enquadram-se em 4 classes de risco:

- Classe I: produto médico de baixo risco;
- Classe II: produto médico de médio risco;
- Classe III: produto médico de alto risco;
- Classe IV: produto médico de máximo risco.

Com base nas normas NBR IEC 601-1 (ABNT, 1994), o equipamento deve ser classificado através de marcação e/ou identificação feita na carcaça do equipamento.

O equipamento de terapia por ondas curtas é classificado pelas normas NBR IEC 601-1 e 601-2-3 como equipamento de classe I (classificação diferente da apresentada acima) na qual a proteção contra choque elétrico não se fundamenta apenas na isolação básica, mas incorpora ainda uma precaução de segurança adicional, consistindo em um percurso de conexão do equipamento ao condutor de aterramento para proteção pertencente à fiação fixa



da instalação, de modo a impossibilitar que partes metálicas acessíveis possam ficar sob tensão, na ocorrência de uma falha de isolamento básica. Já com relação ao grau de proteção contra choque elétrico é classificado como equipamento do tipo BF que proporciona um grau de proteção especial contra choque elétrico, particularmente quanto à corrente de fuga admissível e confiabilidade da conexão de aterramento para proteção (ABNT, 1994; ABNT, 1997).

A norma CISPR 11 (IEC, 1999) enquadra o equipamento de DOC no grupo 2 definido como sendo um equipamento no qual a energia de RF é intencionalmente gerada e usada na forma de radiação eletromagnética.

### 3.7 DIRETRIZES E PROGRAMAS DE GERENCIAMENTO

Existem diversas diretrizes que fazem referência à aplicação segura da eletroterapia bem como programas de gerenciamento de tecnologia para assegurar bom funcionamento do equipamento.

#### 3.7.1 Diretrizes Básicas para a Aplicação da Eletroterapia

Algumas diretrizes básicas podem fornecer a estrutura para uma prática sadia (LOW e REED, 2001):

- Montagem dos aparelhos: os aparelhos devem ser montados e posicionados adequadamente. São feitas verificações visuais dos eletrodos, sondas, cabos, plugues, tomadas, interruptores, controles, seletores e indicadores luminosos;
- Preparo e teste do aparelho: ajustar o aparelho e realizar testes que se façam necessários antes da aplicação;
- No preparo do paciente o fisioterapeuta deve realizar uma avaliação minuciosa principalmente da parte a ser tratada. Além disso, deve-se explicar para o mesmo sobre como é o tratamento para que o mesmo fique ciente;
- Preparo da parte a ser tratada: limpar ou expor a área a ser tratada bem como posicionar o paciente de modo confortável e apropriado;
- Instruções e alertas: orientar o paciente sobre o que ele pode ou não fazer, sobre o que pode ou não sentir;

- Aplicação: marcar o tempo de tratamento;
- Término do tratamento: examinar a área que foi tratada;
- Registro: registrar detalhadamente todos os parâmetros do tratamento, incluindo a região tratada, a técnica, a dosagem e o efeito resultante.

### 3.7.2 Programa de Gerenciamento

Para garantir eficácia no tratamento há necessidade da implantação de procedimentos que possibilitem aos fisioterapeutas assegurar um bom funcionamento de seu aparelho (BRANDT, 2003).

BRONZINO (1992) exemplifica um programa de gerenciamento que inclui:

- Programa de gerenciamento de equipamentos: aquisição, inspeção inicial, manutenção preventiva, calibração, verificação de desempenho, reparo e ações de avaliação de risco do equipamento;
- Programa para avaliação dos custos totais de manutenção dos equipamentos;
- Envolvimento com todos os aspectos de decisão sobre aquisição e reposição de equipamento;
- Desenvolvimento de programas de treinamento;
- Programa de garantia de qualidade relativo ao uso de tecnologias;
- Gerenciamento do risco relacionado à tecnologia.

## 3.4 PROGRAMA DE VERIFICAÇÃO, CONTROLE E SEGURANÇA ELÉTRICA

Pouca literatura está disponível sobre testes de revisão e controle de qualidade de equipamentos de eletroterapia, incluindo DOC (SHIELDS *et al.*, 2003). A importância de testes de CQ em ultra-som foi ressaltada por Pye e Milford em 1994, que relataram que dos equipamentos testados 69% tinham potência de saída diferindo por mais de 30% do valor esperado (SHIELDS *et al.*, 2003). Potências de saída altas de algum equipamento em mau funcionamento podem expor o paciente a um risco desnecessário de danos teciduais, enquanto potências de saída baixas podem resultar em tratamento ineficaz que, não somente desperdiça o tempo do fisioterapeuta e paciente como incorre em custo substancial para o serviço de saúde.

Embora equipamentos de DOC estejam disponíveis em clínicas de fisioterapia (SHIELDS *et al.*, 2003), protocolos de controle de qualidade não estão disponíveis na literatura. Isto cria dificuldades na verificação e controle dos equipamentos entre as sessões de tratamento em um mesmo centro e em centros de tratamento diferentes.

A mensuração da dose absorvida e a potência de saída do equipamento são essenciais para testes clínicos para assegurar que unidades de diferentes marcas e modelos operem em padrões similares e que suas performances sejam monitoradas para estabelecer que o tratamento esteja dentro de limites especificados (SHIELDS *et al.*, 2003).

Além da questão da segurança para o paciente e operador, monitorar os parâmetros relacionados à segurança elétrica e desempenho dos equipamentos ao longo do tempo acrescenta informações à manutenção preventiva e corretiva.

Sistemas de qualidade e normas de boas práticas de fabricação utilização e manutenção determinam que devem ser estabelecidos e mantidos procedimentos para assegurar que o equipamento seja periodicamente calibrado, inspecionado, verificado e mantido.

Os interesses por segurança elétrica, por volta de 1970, estimularam o desenvolvimento de programas de manutenção de equipamentos biomédicos antes mesmo da existência de engenheiros clínicos, conduzindo a criação de departamentos de engenharia clínica. A partir daí, os níveis de responsabilidade de tais departamentos em ambientes de assistência à saúde além das tradicionais manutenções, envolveram funções como cuidados com a segurança elétrica, aquisição de equipamentos, reparos e manutenções preventivas, supervisão de serviços contratados, além de controles de equipamentos computadorizados.

### 3.4.1 Aquisição do Equipamento

O recebimento de um equipamento envolve três atividades (BRONZINO, 1992):

- a) Avaliação: no processo de avaliação do equipamento recém adquirido, a primeira atividade é a abertura da embalagem que envolve o equipamento, sempre na presença do fornecedor. Esse procedimento evita problemas entre fornecedor e comprador por eventuais danos que ocorram no equipamento durante o transporte ou por falta de partes (peças, dispositivos, acessórios e documentação) que deveriam estar incluídas na embalagem;
- b) Aceitação: a aceitação do equipamento depende não somente da avaliação, mas também de testes que são realizados, onde se pode verificar desde a simples demonstração de que o

equipamento está em perfeitas condições de funcionamento, até a utilização de equipamentos de testes. Os procedimentos de testes para aceitação são específicos para cada tipo de equipamento;

c) Instalação: o funcionamento adequado do equipamento a ser instalado pode depender dos mais diversos tipos de recursos (hidráulicos, mecânicos, potências elétricas estáveis e/ou elevadas, esgotos especiais, tratamento de despejos, blindagem magnética, blindagem para radiações ionizantes, monitoração e controle de temperatura e umidade, iluminação especial, etc.).

### 3.4.2 Manutenções Preventivas

A manutenção é um indicador-chave de qualidade, confiabilidade, disponibilidade e segurança de setores tão distintos quanto processamento de dados, telecomunicações, indústria, aviação, petroquímica, saúde, etc. (MORAIS e MÜHLEN, 2004).

A manutenção preventiva (MP) é utilizada para o aumento da vida útil de equipamentos, tendo como conseqüência a redução de custo e o aumento da qualidade dos equipamentos (segurança, desempenho, confiabilidade, etc.).

Para um programa de manutenção preventiva, faz-se necessário o conhecimento de informações que identifiquem o equipamento (nome, marca, modelo, idade, etc.), sua localização ou setor a que o equipamento pertence, o estado do equipamento (se está em uso ou desativado), o grau de utilização deste. Essas informações podem ser obtidas por meio de questionários dirigidos aos usuários dos equipamentos (GRUBER e GEWEHR, 2004).

Embora a manutenção preventiva seja necessária para ampliar a vida útil do equipamento com a conseqüente redução dos custos e aumento da sua segurança e desempenho, a limitação de recursos materiais, humanos e financeiros tem restringido o desenvolvimento de programas de manutenção preventiva em diversos grupos de manutenção de equipamentos hospitalares, principalmente no Brasil (MORAIS e MÜHLEN, 2004).

Deve-se ficar atento às condições de operação do equipamento, ou seja, verificar se o equipamento apresenta riscos em caso de falha e a probabilidade do equipamento falhar devido a condições inseguras de operação.

O conteúdo dos procedimentos de MP deve ser o mais completo possível para garantir que a inspeção seja feita da mesma maneira todas as vezes, assegurando um nível mínimo de inspeção adequada. O processo de manutenção preventiva é dividido em quatro etapas:

inspeção visual, limpeza, testes de funcionamento e testes de segurança elétrica (WEBSTER e COOK, 1979). Além dos itens acima para a elaboração dos procedimentos de MP, devem ser levadas em consideração as recomendações dos fabricantes e normas governamentais ou de algum órgão fiscalizador aos quais os equipamentos estão sujeitos (CALIL e TEIXEIRA, 1998).

#### 3.4.2.1 Inspeção visual

Consiste na inspeção visual (verificação da integridade física da carcaça do equipamento e de seus componentes internos como placas de circuito impresso, folgas, desgastes das engrenagens e botões, amassados ou ferrugens na pintura) e limpeza do equipamento (procedimentos, produtos de limpeza utilizados e as ferramentas necessárias) (CALIL e TEIXEIRA, 1998).

Os equipamentos devem ser inspecionados visualmente para identificar possíveis falhas em sua condição de utilização que possam adversamente afetar a segurança do paciente ou operador (WEBSTER, 1998).

Existem muitos problemas que podem ser detectados visualmente (WEBSTER, 1992). Uma inspeção visual completa inclui inspeção das partes internas e externas dos equipamentos. A inspeção é um procedimento utilizado para verificar a integridade física do equipamento e garantir os requisitos apropriados de segurança e desempenho, incluindo aqueles regulamentados por norma (VIEIRA, 1998).

Deve-se prestar atenção em aspectos como: danos visíveis em peças, pintura lascada, leitura incompreensível do painel, falta de componentes, sinais de curto-circuito, plugues quebrados ou qualquer outro problema que possa ser causa de mau funcionamento (WEBSTER, 1992).

Deve-se procurar por partes amassadas, botões de controle rachados ou entortados, e ainda gabinete ou *display* de medidores rachados. O cabo de alimentação deve ser inspecionado em busca de desgaste na isolação. Deve-se verificar se o pino terra no plugue, bem como as lâminas de fase e neutro, estão em boas condições. O relevo de isolação deve estar presente no plugue, bem como na entrada do cabo de alimentação no gabinete do equipamento. Todos os cabos que são parte do equipamento devem ser inspecionados em busca de rachaduras ou desgaste na isolação (PEDROSO e FERREIRA, 2000).

Segundo a ABNT (1994, 1997), os equipamentos de diatermia por ondas curtas devem

possuir marcações e identificações sobre os lados interno e externo do equipamento. Entre elas estão: potência de saída declarada em watts, resistência de carga para a qual a potência está disponível, frequência de operação em megahertz, modelo ou tipo de referência, tensão de alimentação, potência de entrada, potência de saída da rede, classificação, modo de operação, símbolo de advertência sobre tampas de acesso.

Todo equipamento deve ser acompanhado de documentos contendo, pelo menos, as instruções para utilização, uma descrição técnica e uma referência de endereço, ao qual o usuário possa reportar-se. Como parte integrante dos equipamentos os documentos acompanhantes devem conter informações gerais de utilização (instalação, utilização e aplicação), descrição técnica (frequência de utilização, potência, resistência de carga, modo de operação), declarações de advertência. Como parte da manutenção preventiva os equipamentos devem estar acompanhados dos seus documentos e esses por sua vez devem ser inspecionados a fim de se verificar a existência de todos os itens especificados pelas normas específicas (ABNT, 1994).

A ausência de documentos acompanhantes impossibilita o usuário de consultá-los quando há necessidade, além de dificultar um programa de manutenção.

Os ambientes em que os equipamentos são utilizados devem ser inspecionados e controlados para assegurar que a radiação emitida da DOC não cause nenhuma interferência em outros equipamentos e que objetos (metal) na área não causem a concentração da radiação a fim de expor fisioterapeuta e paciente a campos eletromagnéticos adicionais.

#### 3.4.2.2 Testes de funcionamento

De acordo com a FDA, os equipamentos devem ser calibrados anualmente, porém, durante os períodos entre cada calibração não existem métodos para garantir a boa funcionalidade dos equipamentos (BRANDT e GEWEHR, 2003).

A medição da dose absorvida e a saída do equipamento são essenciais para testes clínicos para assegurar uniformidade no funcionamento de diferentes marcas de equipamentos bem como para estabelecer que o tratamento seja fornecido dentro de limites especificados. O estudo de SHIELDS *et al.* (2003) conclui que nenhum teste é completamente satisfatório para refletir a dose entregue ao paciente.

Os testes de funcionamento devem ser realizados, pois muitas vezes equipamentos eletromédicos são utilizados de maneira intensa, sofrem abuso e tem manutenção inadequada,

o que pode aumentar o risco de falhas. Além disso, equipamentos descalibrados podem resultar em terapia e diagnóstico incorretos para o paciente, além de favorecer choques elétricos, queimaduras e óbito. Além disso, testes devem ser realizados para aumentar a qualidade do serviço prestado.

A norma NBR 601-2-3 (ABNT, 1997) especifica métodos de ensaio para mensuração da potência de saída declarada para aplicadores capacitivos e indutivos, como segue:

Para aplicadores capacitivos a medição é realizada utilizando-se uma carga resistiva, normalmente 50ohm a 150ohm, que é eletricamente balanceada em relação ao terra na frequência de operação. O espaçamento entre os aplicadores e as placas metálicas da carga é variado, de forma a maximizar a potência de saída para uma dada resistência de carga.

Para aplicadores indutivos, a medição é efetuada utilizando-se uma carga resistiva (50ohm a 150ohm) que é acoplada ao aplicador indutivo e o circuito indutor de ensaio e com a resistência de carga.

### 3.4.2.3 Segurança elétrica

O avanço da tecnologia em saúde tem fornecido várias ferramentas para auxiliar no diagnóstico, prevenção e tratamento de pacientes. No entanto, devido à sofisticação e complexidade dos dispositivos e sistemas médicos, os pacientes passaram a ser expostos a uma série de perigos, entre eles o risco de choque elétrico.

Devido à prevalência de dispositivos elétricos, a segurança elétrica é, hoje, um componente indispensável.

A isolamento elétrica que provê a proteção contra choque elétrico deve ser de tal qualidade que as correntes que a atravessam sejam limitadas aos valores especificados pelas normas.

Os testes prescritos pelas normas particulares representam características específicas, de acordo com o princípio de funcionamento de cada equipamento.

Os testes de segurança elétrica devem verificar se os níveis de corrente de fuga do equipamento estão dentro dos limites de corrente sugeridos pela norma NBR 601-1 e normas específicas da série NBR 601-2 (ABNT, 1997).

A corrente de fuga através do gabinete de equipamento de classe I deve somente ser efetuada nas seguintes condições: para o terra, se presente, de cada parte do gabinete não protegido por aterramento; entre partes, se presentes, do gabinete não protegido por

aterramento (ABNT, 1994).

As ações dividem-se em aplicações de testes e inspeção das instalações. Deve ser verificada a presença ou não de instalação elétrica com três condutores (incluindo o terra de proteção). As tomadas deverão ser inspecionadas periodicamente para verificar polaridade (devem ser padronizadas em toda clínica), integridade do condutor terra, tensão de contato e a segurança global. A verificação das correntes de fuga, dos níveis de tensão elétrica e da resistência de aterramento dos equipamentos é realizada utilizando-se analisadores de segurança elétrica. Esse equipamento mensura vários parâmetros associados à segurança elétrica, dentre eles: polaridade (fase, neutro, terra), valor nominal da tensão da rede de alimentação, valor da resistência do condutor de aterramento, níveis de corrente de fuga da carcaça do equipamento para o terra, corrente de fuga do paciente e isolamento, dentre outros.

### 3.8 RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Radiação é definida como um fenômeno pelo qual energia, em forma de ondas eletromagnéticas, emana de uma fonte, através do espaço (OKUNO, CALDAS e CHOW, 1982).

As ondas eletromagnéticas resultam da combinação entre um campo elétrico e um campo magnético que oscilam em planos perpendiculares entre si.

As ondas eletromagnéticas são caracterizadas por um conjunto de parâmetros que incluem:

- Frequência:  $f$  [ $s^{-1}$ , Hz];
- Densidade de potência:  $S$  [ $W/m^2$ ];
- Comprimento de onda:  $\lambda$  [m], expresso na Equação 3:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (3)$$

onde:  $c$  = velocidade da luz: m/s

- Intensidade do campo elétrico  $E$ : [V/m]
- Intensidade do campo magnético  $H$ : [A/m]
- Polarização elétrica (direção do campo elétrico).



Ondas eletromagnéticas são constituídas de campos elétricos e magnéticos variantes e se propagam com velocidade constante ( $c$ ) no vácuo. Ondas de rádio, ondas luminosas, raios infravermelhos, raios ultravioleta, raios x e raios gama são exemplos de radiação eletromagnética. A radiação eletromagnética é emitida e se propaga descontinuamente, em pequenos pulsos de energia, chamados pacotes de energia, quanta ou fótons (OKUNO, CALDAS e CHOW, 1982).

Quando dois circuitos estão acoplados por um campo elétrico o acoplamento pode ser representado por um fenômeno capacitivo. No entanto, quando dois circuitos estão acoplados por um campo magnético o acoplamento pode ser representado por um fenômeno indutivo (indutância mútua entre eles).

Na região do campo próximo os campos elétrico e magnético não estão em razão constante, sendo assim é necessário que sejam mensurados separadamente (HRNJAK e ZIVKOVIC, 2002).

A propagação das ondas eletromagnéticas no espaço depende da frequência e das características do meio. A Tabela 1 mostra o resumo das principais características das ondas eletromagnéticas para diversas faixas de frequência.

Tabela 1: Classificação das ondas de rádio (NASCIMENTO, 2000)

<b>Siglas</b>	<b>Frequências</b>	<b>Ondas</b>	<b>Faixas de Frequência (Hz)</b>
VLF	Muito baixas	Muito longas	3 a 30 ( $10^3$ )
LF	Baixas	Longas	30 a 300 ( $10^3$ )
MF	Médias	Médias	300 ( $10^3$ ) a 3 ( $10^6$ )
HF	Elevadas	Curtas	3 a 30 ( $10^6$ )
VHF	Muito elevadas	-	30 a 300 ( $10^6$ )
UHF	Ultra-elevadas	-	300 ( $10^6$ ) a 3 ( $10^9$ )
SHF	Super-elevadas	Microondas	3 a 30 ( $10^9$ )
EHF	Extremamente elevadas	Microondas	30 a 300 ( $10^9$ )

O ambiente eletromagnético em um local da saúde é definido por vários elementos, tais como a rede de energia elétrica, o tipo de edificação, outros equipamentos eletroeletrônicos instalados e até o ambiente externo. Esse ambiente eletromagnético é alterado à medida que ocorrem reformulações no *layout* dos equipamentos, na edificação e,

principalmente, na instalação elétrica. A ausência de um programa de cuidados específicos, do ponto de vista da compatibilidade eletromagnética, com o sistema de energia elétrica, pode estar na origem de diversos problemas de interferência nos equipamentos.

Um ambiente eletromagnético não está apenas restrito a campos eletromagnéticos, mas também a sinais ruidosos na linha de transmissão ou de distribuição de energia elétrica. Por exemplo, um equipamento de monitoração de ECG pode não estar sujeito a campos eletromagnéticos gerados por um equipamento de ressonância magnética ou de diatermia por onda-curtas, instalado em uma sala ao lado, mas pode sofrer uma interferência devido aos ruídos produzidos por esses equipamentos e propagados através da rede de alimentação elétrica (ZEVZIKOVAS, 2004).

Além da irradiação não intencional, existe o problema de irradiação intencional de fontes, como estações de rádio e transmissores em geral. Quando o receptor está próximo à fonte (campo próximo), campos elétricos e magnéticos são considerados separadamente. Quando o receptor está longe da fonte (campo distante), a irradiação é considerada como eletromagnética combinada (ZEVZIKOVAS, 2004).

Os campos eletromagnéticos são gerados por boa parte dos aparelhos utilizados no dia a dia dos seres humanos e produzem diversos efeitos no nosso corpo. Para tal, é utilizado o termo poluição eletromagnética que define a ação indesejável dos campos eletromagnéticos sobre os tecidos humanos.

### 3.5.2 Taxa de Absorção Específica (SAR) e Interação com os Tecidos Biológicos

É a taxa de absorção de energia por tecidos do corpo, em Watt por quilograma (W/kg). A SAR é a medida dosimétrica que tem sido amplamente adotada em radiofrequências superiores a cerca de 100 kHz (ANATEL, 1999).

A SAR representa a absorção no tecido biológico para uma dada densidade de radiação incidente até 10 GHz. As restrições dependem da faixa de frequência e variam muito pouco quando se comparam as normas americanas e européias.

Em tecidos, a SAR é proporcional ao quadrado da intensidade do campo elétrico interno. A SAR média e a distribuição da SAR podem ser computadas ou estimadas a partir de medidas em laboratório. Os valores da SAR dependem dos fatores:

- parâmetros do campo incidente, isto é, frequência, intensidade, polarização, e a configuração fonte - objeto (campo próximo ou distante);

- características do corpo exposto, i.e., seu tamanho e geometria interna e externa, e as propriedades dielétricas dos vários tecidos;
- efeitos de aterramento e reflexão de outros objetos no campo próximo ao corpo exposto.

A interação com o meio biológico é complexa e dependente de inúmeros parâmetros: intensidade, frequência e polarização dos campos; tamanho físico, forma geométrica, propriedades dielétricas e permissividade elétrica dos tecidos, além de, configuração da fonte, distância e presença de objetos reflexivos. Por tantos fatores torna-se muito difícil avaliar a taxa de absorção no tecido. Para campos elétricos e magnéticos de baixa frequência (até 100 kHz) podem-se ter correntes elétricas induzidas: quantificação dos efeitos medida em densidade de corrente ( $A/m^2$ ). Para campos eletromagnéticos de frequências entre 100 kHz e 300 GHz pode-se ter absorção de energia com aumento de temperatura. O limiar fisiológico para elevação da temperatura é de 4 W/kg. A exemplo de outros valores de referência, os limites para exposição ocupacional e não ocupacional mantêm-se em 1/10 e 1/50 do limiar, respectivamente.

Quando o eixo maior do corpo humano é paralelo ao vetor do campo elétrico, e sob condições de exposição de ondas plana, a SAR de corpo inteiro alcança valores máximos (ANATEL, 1999).

Os valores especificados para a exposição ocupacional e para a exposição do público geral são respectivamente 0,4 W/kg e 0,08 W/kg. Os valores do campo elétrico e do campo magnético para uma SAR de 0,4 W kg<sup>-1</sup> são respectivamente 61 V/m e 0,16 A/m (ICNIRP, 1998).

Com relação à absorção da energia pelo corpo humano, os campos eletromagnéticos são divididos em quatro faixas (ANATEL, 1999):

- frequências de aproximadamente 100 kHz a 20 MHz, nas quais a absorção no tronco decresce rapidamente com a frequência decrescente e pode ocorrer uma absorção significativa no pescoço e nas pernas;
- frequências de aproximadamente 20 MHz a 300 MHz, nas quais pode ocorrer uma absorção relativamente alta no corpo todo;
- frequências de 300 MHz a vários GHz, nas quais ocorre absorção local significativa e não uniforme; e
- frequências acima de 10GHz, nas quais a absorção de energia ocorre principalmente na superfície corporal.

A diatermia por ondas curtas enquadra-se na subdivisão de campos de alta frequência de 20 MHz a 300 MHz. A exposição a campos eletromagnéticos de frequências acima de 100

kHz, pode conduzir a uma absorção significativa de energia e a um aumento de temperatura (ANATEL, 1999). Dependendo da frequência do campo, tem-se um mecanismo importante de conversão da energia eletromagnética transportada pelo campo, em energia térmica, produzindo a elevação da temperatura do tecido.

O meio biológico exposto à radiação poderá sofrer alterações que dependerão da intensidade e da absorção da radiação pelo tecido. Para que a radiação eletromagnética possa produzir algum efeito em um tecido é necessário que haja transferência de energia desta radiação para o meio e que esta energia seja absorvida. Os efeitos desta absorção no tecido humano são de natureza térmica ou não térmica, dependendo se os efeitos são devidos a deposição do calor (efeito térmico) ou devido a interação direta do campo com as substâncias, sem transferência significativa de calor (efeito não térmico).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) desenvolve um estudo envolvendo 45 países e 8 organizações, com a finalidade de estudar mais profundamente esses efeitos. Os resultados iniciais desse estudo indicam possíveis alterações no sistema nervoso, no sistema cardiovascular, no metabolismo, no sistema imunológico e em fatores hereditários. Porém, existe muita controvérsia a respeito (CARVALHO, 2000).

Um dos efeitos mais citados é observado quando partículas em suspensão, como carvão, amido, leucócitos, são submetidos a um campo de RF de 1 a 100 MHz, no modo contínuo ou pulsado. As partículas formam cadeias, numa direção paralela às linhas de força do campo elétrico, devido à polarização induzida pelo campo elétrico. Outro efeito é a saturação dielétrica, que consiste na polarização de cadeias parciais de macromoléculas biológicas, levando a uma possível quebra de ligações de hidrogênio, podendo causar desnaturação ou coagulação de moléculas.

Dúvidas existem a respeito dos efeitos sobre os cromossomos ou sobre as moléculas de DNA que constituem os genes; sobre a mobilidade dos íons de cálcio e nas propriedades eletrofisiológicas das células nervosas e sobre a possibilidade de alterações do código genético celular (que pode ocasionar tumores malignos) (CARVALHO, 2000).

No caso de efeitos potenciais da exposição a longo prazo, tais como aumento de risco de câncer, a ICNIRP concluiu que os dados disponíveis são insuficientes para prover uma base para fixar restrições à exposição, embora pesquisas epidemiológicas tenham produzido evidências sugestivas, mas não convincentes, de uma associação entre possíveis efeitos carcinogênicos e a exposição a densidade de fluxo magnético de 50/60 Hz em níveis substancialmente inferiores aos recomendados nas diretrizes (ANATEL, 1999).

Os fisioterapeutas estão expostos a radiação de RF por operarem equipamentos de RF.

Alguns estudos sugerem que o uso de diatermia de RF está associado ao elevado risco de defeitos congênitos, morte de fetos, abortos espontâneos e doenças cardíacas em fisioterapeutas (HRNJAK e ZIVKOVIC, 2002).

### 3.5.2 Normalização e Limites de Exposição

A ICNIRP estabelece limites de exposição a RF para trabalhadores e a população geral (SHIELDS, O'HARE e GORMLEY, 2004).

A população ocupacionalmente exposta compreende adultos que estão geralmente expostos a condições conhecidas, já o público em geral consiste de pessoas de todas as idades e estados de saúde e pode incluir grupos ou indivíduos particularmente suscetíveis (ANATEL, 1999). Os valores limites para exposição ocupacional não são considerados apropriados para o público geral (SHIELDS, O'HARE e GORMLEY, 2004).

Dependendo da frequência, as grandezas físicas usadas para especificar as restrições básicas sobre a exposição a campos eletromagnéticos são: a densidade de corrente, a SAR e a densidade de potência. A proteção contra efeitos prejudiciais à saúde requer que estas restrições básicas não sejam excedidas.

Os valores dos níveis de referência do campo elétrico são baseados na dependência da absorção humana com a frequência (ICNIRP, 1998; ANATEL, 1999). Os níveis de referência são obtidos das restrições básicas por modelamento matemático e por extrapolação de resultados de investigações de laboratório em frequências específicas. Os níveis são dados para a condição de acoplamento máximo do campo com o indivíduo exposto, fornecendo, dessa forma, o máximo de proteção. Devem-se entender os níveis de referência como valores médios espaciais, calculados sobre o corpo inteiro do indivíduo exposto, mas com a importante condição de que as restrições básicas para exposição localizada não sejam excedidas.

Modelos de campo elétrico devem levar em conta o fato de que, dependendo das condições da exposição, do tamanho, da forma e posição do corpo exposto no campo, a densidade da carga da superfície pode variar muito, resultando numa distribuição de correntes variável e não uniforme dentro do corpo. Nas frequências acima de MHz, as intensidades derivadas do campo elétrico e magnético foram obtidas da restrição básica para a SAR de corpo inteiro, usando dados computacionais e experimentais (ANATEL, 1999).

Estudos têm mostrado que o nível de radiação decresce com o aumento da distância

entre o operador e o equipamento, sendo assim, a exposição ocupacional tende a decrescer quando os fisioterapeutas mantêm certa distância do equipamento de DOC durante sua aplicação (SHIELDS, O'HARE e GORMLEY, 2004). Segundo um estudo de GRANDOLFO e SPINELLI (2002), além de haver diminuição dos campos elétrico e magnético com o aumento da distância geralmente a diminuição ocorre mais rapidamente com o equipamento de teste no plano horizontal que no plano vertical. De acordo com ROBERTSON *et al.* (2001) os fisioterapeutas devem manter uma distância de 0,5m a 1m dos equipamentos de DOC em funcionamento a fim de evitar exposição adicional. Mais especificamente o estudo de HRNJAK e ZIVKOVIC (2002) indica que os profissionais deveriam manter pelo menos 1 m de distância dos aplicadores e 0,5 m de distância dos cabos durante a terapia. Além disso, expõe que objetos de metal deveriam permanecer pelo menos a 3 m de distância das unidades de DOC.

A Tabela 2 apresenta os valores de referência para campo elétrico e magnético para diferentes frequências. A linha destacada corresponde ao nível estabelecido para equipamentos de DOC que operam em 27,12 MHz.

Tabela 2: Níveis de referência para exposição ocupacional e do público geral (ICNIRP, 1998)

<b>Característica de Exposição</b>	<b>Faixas de Frequência (Hz)</b>	<b>Intensidade do Campo Elétrico (V/m)</b>	<b>Intensidade do Campo Magnético (A/m)</b>
Exposição Ocupacional	0,82 – 65 ( $10^3$ )	610	24,4
	0,065 – 1 ( $10^6$ )	610	1,6/f
	1 – 10 ( $10^6$ )	610/f	1,6/f
	<b>10 – 400 (<math>10^6</math>)</b>	<b>61</b>	<b>0,16</b>
	400 – 2000 ( $10^6$ )	$3f^{1/2}$	$0,008f^{1/2}$
	2 – 300 ( $10^9$ )	137	0,36
Exposição do Público Geral	3 – 150 ( $10^3$ )	87	5
	0,15 – 1 ( $10^6$ )	87	0,73/f
	1 – 10 ( $10^6$ )	$87/f^{1/2}$	0,73/f
	<b>10 – 400 (<math>10^6</math>)</b>	<b>28</b>	<b>0,073</b>
	400 – 2000 ( $10^6$ )	$1,375f^{1/2}$	$0,0037f^{1/2}$
	2 – 300 ( $10^9$ )	61	0,16

Com relação aos equipamentos eletromédicos, o Brasil adota a norma NBR – IEC

601-1-2/1997, que estabelece o limite de imunidade a campos elétricos de 3V/m para os equipamentos de saúde numa faixa de frequência de 26 a 100 MHz (CABRAL e MÜHLEN, 2004). A norma NBR IEC 601-2-3 especifica que no que diz respeito à compatibilidade eletromagnética o equipamento de DOC deve estar em conformidade com as prescrições especificadas na publicação da NBR IEC CISPR 11: Limites e métodos de medição das características de interferência de radiofrequência de equipamento de radiofrequência industrial, científico e médico (ABNT, 1997). Os equipamentos eletromédicos contêm dezenas de componentes eletrônicos que podem funcionar como pequenas antenas para sinais de RF. Os efeitos da radiação eletromagnética sobre equipamentos eletromédicos dependem principalmente da intensidade do campo elétrico que chega ao equipamento (CABRAL e MÜHLEN, 2000).

### 3.4.3 Manutenções Corretivas

Para a execução de atividades de manutenção corretiva, deve-se sempre levar em consideração a existência de atividades de manutenção preventiva, a instalação do equipamento, a forma e condições de aquisição de equipamentos e peças para reposição. A forma como devem ser desencadeadas as manutenções corretivas giram em torno de uma seqüência de atividades, buscando definir claramente a tarefa a ser executada, bem como a pessoa encarregada para a execução. Isto deve ser feito visando reduzir problemas acerca do grupo de manutenções, ou seja, deve-se controlar e distribuir as tarefas de forma que não haja possibilidade para futuras desculpas com relação à não execução de uma determinada tarefa. Uma das maneiras para explicar os passos para o funcionamento das manutenções é a utilização de fluxogramas, onde podem ser abordadas rotinas e sub-rotinas de manutenção (no caso de serviços terceirizados), orçamento e garantia.

## CAPÍTULO IV

### METODOLOGIA

A metodologia empregada incluiu inicialmente uma pesquisa diagnóstica desenvolvida com o intuito de obter informações gerais sobre os equipamentos de DOC e sua utilização. A avaliação dos equipamentos de terapia por ondas curtas foi realizada em 4 instituições educacionais e 3 clínicas particulares da cidade de Curitiba/PR, junto aos fisioterapeutas responsáveis pelo manuseio dos equipamentos e utilizando vinte aparelhos disponibilizados para verificação. Com base nos resultados da avaliação inicial estabeleceu-se um programa de manutenção preventiva e rotina de testes de segurança. Nessa fase foi realizada a inspeção visual dos equipamentos de DOC e de seus documentos além da inspeção dos ambientes nos quais tais equipamentos são utilizados tendo como base normas ABNT específicas (ABNT, 1994; ABNT, 1997). Na seqüência, testes de segurança elétrica foram realizados nos locais de utilização dos equipamentos de DOC e com os próprios equipamentos a fim de verificar as tensões das instalações elétricas e os níveis existentes de correntes de fuga. Finalmente, completando-se o programa desenvolvido, foram realizados testes para verificação da intensidade do campo elétrico emitido pelos equipamentos de DOC para garantir a segurança ocupacional, tendo como base limites especificados pela norma ICNIRP (1998).

#### 4.1 PESQUISA DIAGNÓSTICA

A pesquisa diagnóstica foi implementada por meio de questionários (Apêndice A) especialmente elaborados tendo por base as normas: NBR IEC 601-1 que estabelece prescrições gerais para segurança de equipamentos eletromédicos e serve de base para as prescrições de segurança de normas particulares (ABNT, 1994), e NBR IEC 601-2-3 que estabelece parâmetros de funcionamento, controle e teste dos equipamentos de terapia por ondas curtas (ABNT, 1997).

Os questionários continham questões com as quais se solicitaram informações gerais do equipamento (fabricante, modelo, operação e funcionamento, localização, testes, manutenção, entre outros) bem como informações da sua utilização (tipo de maca e suporte,



técnica de tratamento utilizada, tamanho dos eletrodos, cuidados com os pacientes, etc.). O questionário foi aplicado a dez fisioterapeutas e respondido por todos.

## 4.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A manutenção preventiva é realizada para assegurar o aumento da vida útil de equipamentos, tendo como consequência a redução de custos e o aumento da qualidade dos equipamentos (WEBSTER, 1998).

Para um programa de manutenção preventiva, faz-se necessário o conhecimento de informações que identifiquem o equipamento (nome, marca, modelo, idade, etc.), sua localização ou setor a que o equipamento pertence, o estado do equipamento (se está em uso ou desativado), o grau de utilização deste, etc. Essas informações foram obtidas através de questionários como dito anteriormente (apêndice A).

Como responsabilidade do pesquisador, foram utilizadas fichas para armazenamento dos dados referentes à inspeção visual dos equipamentos, consulta aos documentos acompanhantes, descrição do ambiente no qual os mesmos operam, realização de testes de segurança elétrica e testes para verificação da intensidade do campo elétrico emitido pelo equipamento de DOC.

Vinte equipamentos de terapia por ondas curtas, de sete marcas e onze modelos distintos foram disponibilizados para testes. Para medições da intensidade de campo elétrico emitido pelo equipamento de DOC, apenas cinco instrumentos dos vinte disponibilizados apresentaram os requisitos necessários para a realização de ensaios homogêneos quanto às características físicas e de funcionamento dos equipamentos de diatermia.

Todas as clínicas concordaram com a realização da pesquisa e disponibilizaram seus equipamentos para os testes necessários.

### 4.2.1 Inspeção Visual

A inspeção é um procedimento utilizado para verificar a integridade física do equipamento e garantir os requisitos apropriados de segurança e desempenho, incluindo aqueles regulamentados por norma (VIEIRA, 1998).

Segundo a ABNT (1994; 1997) os equipamentos de diatermia por ondas curtas devem

possuir marcações e identificações sobre os lados interno e externo do equipamento. Para o presente estudo foram verificados somente itens externos dos equipamentos e entre eles estão: potência de saída declarada em W, resistência de carga para a qual a potência é disponível, frequência de operação em MHz, modelo ou tipo de referência do equipamento, tensão de alimentação, potência de entrada do equipamento, potência de saída de rede, classificação, modo de operação e símbolo de advertência sobre tampas de acesso. Além disso, foram investigados problemas de ordem mecânica como rachaduras, desgaste na isolação entre outros. Para tal, lançou-se mão de questionários (Apêndice B) especialmente elaborados e preenchidos pela pesquisadora.

#### 4.2.1.1 Documentos acompanhantes

Todo equipamento deve ser acompanhado de documentos contendo, pelo menos, as instruções para utilização, uma descrição técnica e uma referência de endereço, ao qual o usuário possa reportar-se. A presença ou não dos documentos acompanhantes foi investigada através do questionário pesquisa/verificação diagnóstica preenchido pelo fisioterapeuta responsável pelo manuseio do equipamento. Caso os documentos estivessem de posse do fisioterapeuta, eram inspecionados com base em um questionário (Apêndice C) elaborado para sua verificação com base nas normas ABNT.

Dentre os itens solicitados pela norma NBR 601-2-3 (ABNT, 1997) que devem estar presentes nos documentos acompanhantes estão: descrição do equipamento; cuidados na aplicação; declarações de advertência e contra-indicações; frequência de operação; classificação do equipamento, etc.

#### 4.2.1.2 Inspeção do ambiente

Os ambientes nos quais os equipamentos são utilizados foram inspecionados para assegurar que a radiação emitida da DOC não cause nenhuma interferência em outros equipamentos, para assegurar que objetos de metal não permaneçam na sala, e que macas e suportes de madeira sejam utilizados. A instalação elétrica das salas também foi inspecionada e será abordada no item testes de segurança elétrica. Os ambientes foram avaliados, sendo os dados registrados por meio de uma descrição realizada pela pesquisadora (Apêndice D).

#### 4.2.2 Testes de Segurança Elétrica

Procedimentos médicos usualmente expõem os pacientes a uma série de riscos entre eles a possibilidade de um choque elétrico (WEBSTER, 1998).

Os testes de segurança elétrica verificam se os níveis de correntes de fuga da carcaça do equipamento para a terra, entre outros, estão dentro dos limites especificados (100  $\mu$ A para DOC) pela norma NBR 601-1 e normas específicas da série NBR 601-2 da ABNT.

Efetuar-se-iam medições das tensões das instalações elétricas dos doze locais onde os vinte equipamentos são utilizados, empregando-se para isso o analisador de segurança elétrica *Turbotester* (Biotek, USA) projetado para ser utilizado em equipamentos biomédicos. Este analisador ao ser conectado às tomadas das salas e aos equipamentos, mede as tensões elétricas das tomadas e as correntes de fuga da carcaça do equipamento sob teste para a terra. Os dados registrados pelo equipamento de teste foram armazenados em fichas (Apêndice E).

Outras características analisadas no aspecto de segurança elétrica foram a existência do terceiro condutor de aterramento para proteção nas instalações e a verificação de plugues dos equipamentos que não devem ter adaptadores de 3 para 2 pinos.

#### 4.2.3 Intensidade do Campo Elétrico

Há necessidade de verificação da radiação de RF em ambientes de trabalho dos fisioterapeutas (HRNJAK e ZIVKOVIC, 2002).

A verificação da intensidade do campo elétrico (E) tem a finalidade de determinar os níveis de radiação a que estão expostos os fisioterapeutas que operam os equipamentos e os pacientes que são submetidos ao tratamento com DOC, além de confrontar os valores encontrados com os limites especificados pelas normas específicas.

Para esse ensaio foram avaliados 5 equipamentos de 4 marcas e 5 modelos distintos. O restante dos equipamentos disponibilizados para a realização dos demais testes foi excluído deste ensaio, pois não se encontravam dentro do padrão pré-estabelecido onde a dosagem do equipamento de DOC é especificada numericamente no equipamento.

Os equipamentos de DOC utilizados possuíam eletrodos capacitivos (tipo almofada) já que a aplicação da diatermia com esses eletrodos favorece o acúmulo de cargas elétricas (ANDREWS, HARRELSON e WILK, 2000) e o objetivo desse ensaio foi quantificar somente a intensidade do campo elétrico emitido pelo equipamento de DOC.

O equipamento de teste utilizado foi o *Radiation Meter* EMR/300 fabricado por *Wandel & Golterman* destinado à mensuração do campo elétrico para segurança dos trabalhadores, sendo a *probe* isotrópica tipo 8 para campo elétrico (100 kHz a 3 GHz) que capta intensidades de campo elétrico de 0,6 a 800 V/m (Figura 8).

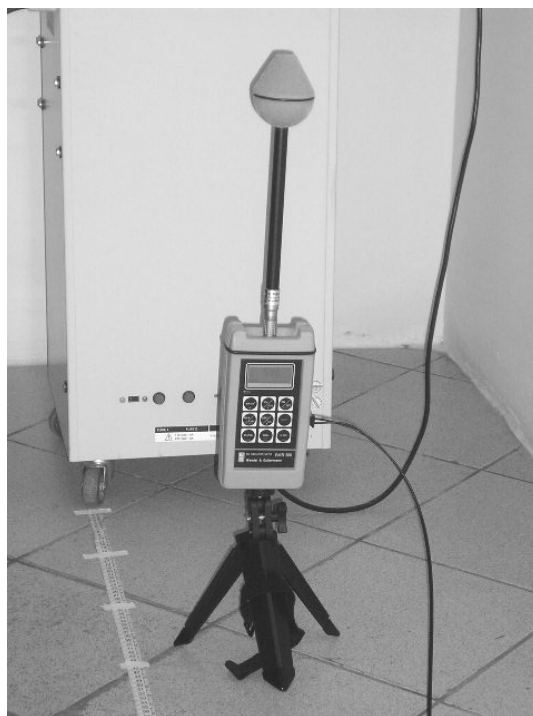


Figura 8: Sensor posicionado com o equipamento de teste (*Radiation Meter* EMR/300)

O equipamento de teste é conectado ao computador que realiza automaticamente as mensurações em tempos pré-estipulados (um minuto para cada marcação) (Figura 9). Para armazenamento e processamento dos dados foi utilizada a planilha eletrônica Excel<sup>®</sup>. Para as medições, o microcomputador ficou situado a 3 metros de distância do equipamento de DOC.

O equipamento de DOC juntamente com seus eletrodos e o equipamento de teste utilizados foram posicionados conforme as Figuras 10 e 11 (vista superior). O sensor do equipamento de teste foi posicionado na vertical (Figura 10) e na horizontal (Figura 11), pois a propagação do campo elétrico varia entre as direções horizontal e vertical.

O equipamento de teste foi posicionado na região frontal dos equipamentos de DOC, sendo que os cabos dos eletrodos saíam da lateral de 4 equipamentos (Figura 10 e 11) e da região frontal de 1 equipamento (Figura 12). A escolha do posicionamento deu-se pelo fato de que esse é o mais usual na prática clínica por facilitar o manuseio do equipamento, sendo a região em que o profissional está mais sujeito aos efeitos da radiação (exposição

ocupacional). Foram realizadas algumas mensurações nas laterais dos equipamentos (entre cabos e saída dos eletrodos nos equipamentos 1 a 4 e lateral do equipamento 5) a fim de verificar a intensidade do campo emitida em direção ao paciente, ou sobre o próprio fisioterapeuta caso o equipamento de DOC fosse posicionado dessa forma (Figura 12).



Figura 9: Posicionamento típico dos equipamentos durante o ensaio.

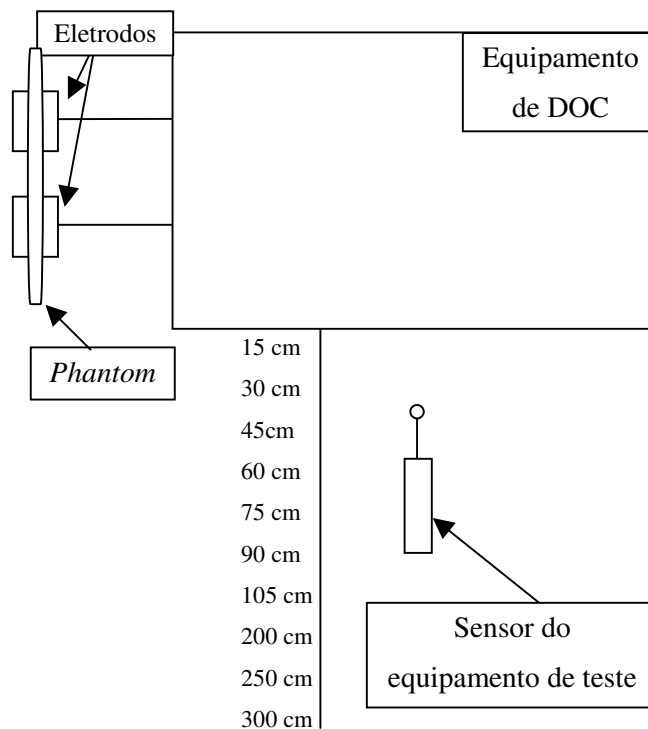


Figura 10: Vista superior do posicionamento dos equipamentos durante o ensaio (sensor do equipamento de teste posicionado horizontalmente à frente do equipamento de DOC).

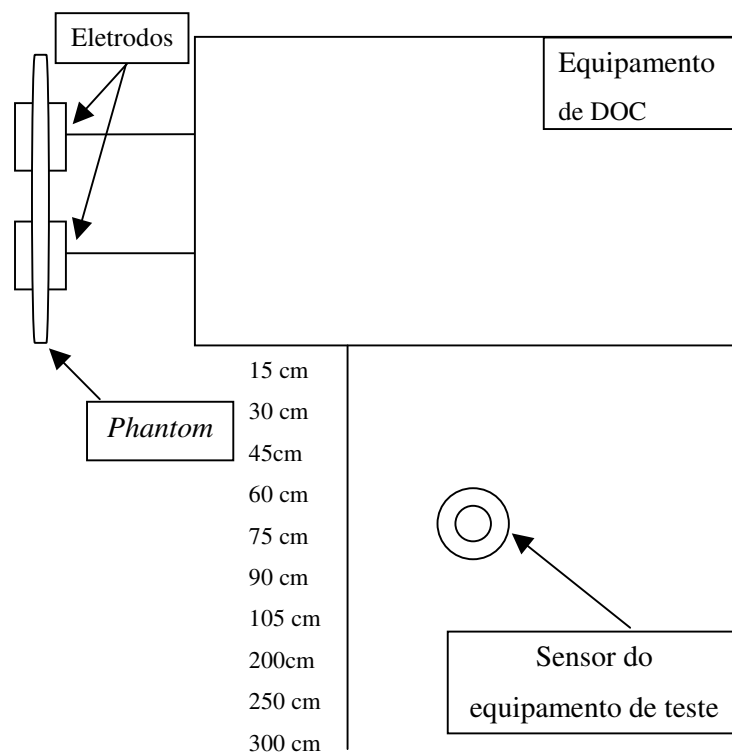


Figura 11: Posicionamento dos equipamentos durante o ensaio (vista superior) com o sensor do equipamento de teste posicionado verticalmente à frente do equipamento de DOC.

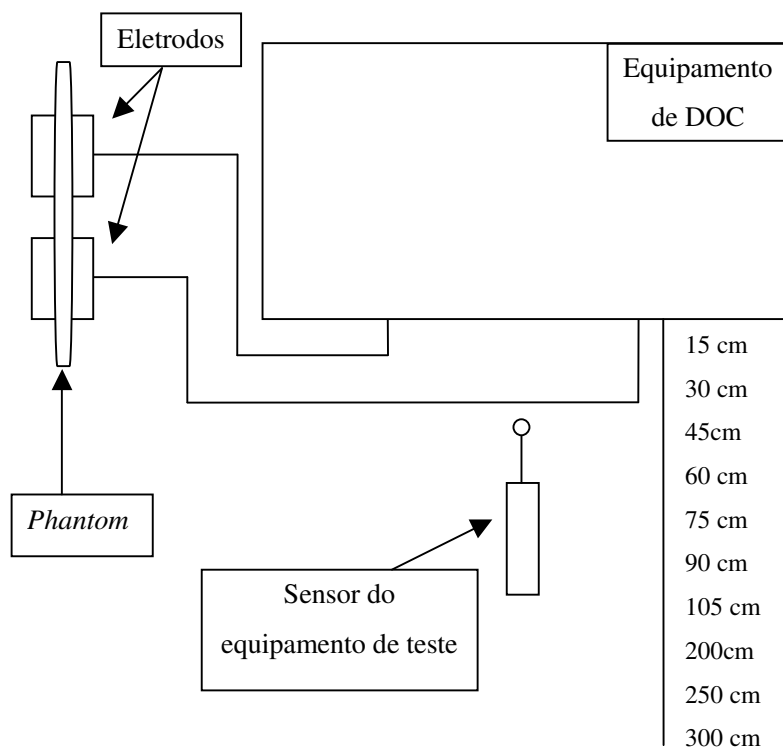


Figura 12: Vista superior (sensor de teste na posição horizontal ao equipamento de DOC e posicionado na saída dos eletrodos)

Utilizando-se uma fita métrica foram demarcadas dez posições iniciando-se com 15cm de distância do equipamento de DOC, sendo que as sete primeiras estavam distantes 15cm uma da outra e as 3 últimas estavam distantes 50cm uma das outras, finalizando a três metros de distância do equipamento de DOC.

O equipamento foi programado para funcionar em quatro dosagens diferentes, abrangendo a mínima (dose I), a máxima (dose IV) e duas doses intermediárias (doses II e III) no modo contínuo, respeitando-se o número de dosagens ofertadas pelo equipamento. Em cada dose eram realizadas mensurações do campo elétrico em todas as marcações com duração de um minuto em cada.

No modo pulsado, o equipamento de DOC operou na dose máxima, sendo selecionadas quatro frequências de pulso (máxima, mínima e duas intermediárias) respeitando-se as frequências ofertadas pelos equipamentos. Para um dos equipamentos foram verificadas cinco frequências. Para cada frequência mensurava-se o campo elétrico durante um minuto em cada distância.

A potência de saída dos equipamentos variou entre 200 e 400 W.

Simulando o paciente foi utilizado um *phantom* (IEC, 1999) de 10 cm de diâmetro e 52 cm de comprimento, preenchido com 5l de solução salina (cloreto de sódio, concentração 0,9%, fator 1,0028) (Figura 13).

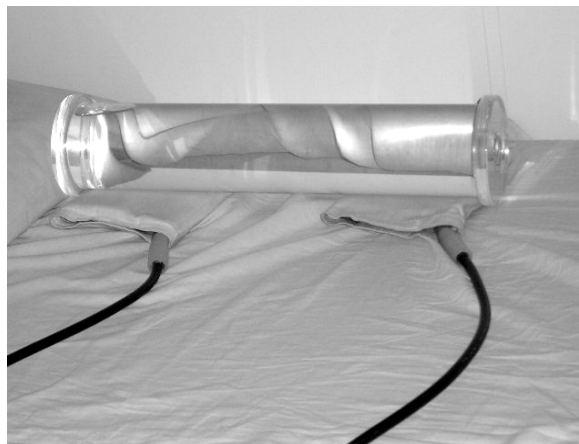


Figura 13: *Phantom* utilizado nas medições

Os eletrodos foram posicionados a 15 cm de distância na forma coplanar. Como a aplicação simulou situações reais de tratamento, os eletrodos eram cobertos com uma toalha. Na prática essa conduta é indicada a fim de absorver a transpiração, a qual, por causa de seu alto conteúdo hídrico, é aquecida seletivamente podendo causar queimaduras (ANDREWS,

HARRELSON e WILK, 2000). Além disso, evita-se o contato dos fios dos eletrodos com a superfície corporal do paciente e com as superfícies das macas, das mesas de suporte e/ou dos equipamentos de DOC.





## CAPÍTULO V

### RESULTADOS

#### 5.1 PESQUISA DIAGNÓSTICA

Os fisioterapeutas responsáveis pelos equipamentos de diatermia responderam o questionário desenvolvido para levantamento das características gerais de utilização, cujos resultados principais são quantificados na seqüência.

Com relação à data da compra dos equipamentos, a mesma era conhecida somente para 4 equipamentos (20%).

Questionando-se os fisioterapeutas sobre o conhecimento das normas da ABNT para terapia por ondas curtas foi verificado que 100% deles não tinham conhecimento sobre elas.

Considerando-se a periodicidade de envio dos equipamentos para manutenção foi observado: dos 10 fisioterapeutas entrevistados, 2 (20%) responderam que os equipamentos não são enviados para manutenção, 6 (60%) responderam que os equipamentos vão para manutenção anualmente, 1 (10%) não sabe e 1 (10%) que o equipamento vai a cada 6 meses ou quando apresenta problemas.

Ao se questionar os fisioterapeutas se na aquisição de um novo equipamento é efetuado algum teste, foi obtido o seguinte resultado: 6 (60%) não responderam; 1 (10%) respondeu que utiliza lâmpada fluorescente (é um teste simples utilizado em clínicas para verificar se o equipamento está funcionando, *i.e.*, o campo provoca a iluminação da lâmpada); 1 (10%) relatou que liga o equipamento; 1 (10%) escreveu que realiza os testes apropriados ao equipamento e 1 (10%) que executa a aplicação conforme o equipamento (transcrito das respostas).

A questão sobre como se sabe se o equipamento está em boas condições mostrou: 5 (50%) fisioterapeutas responderam que não sabem; 2 (20%) sentindo o calor; 1 (10%) sabe pela manutenção constante e observando-se o funcionamento; 1 (10%) mediante avaliação do engenheiro eletricista e 1 (10%) quando o aparelho não apresenta ruído, mantém intensidade e frequência e tem boa condução no teste com lâmpadas.

Quanto ao item utilização e cuidados na aplicação com terapia por ondas curtas foram elaboradas 12 questões, sendo uma delas subjetiva. Dos 10 fisioterapeutas, 9 (90%) aplicam a terapia sobre a roupa; 1 (10%) aplica a terapia em pacientes com implantes metálicos; 5

(50%) dizem que os cabos permanecem sobre partes metálicas e, 100% não aplicam em pacientes com dispositivos elétricos implantados, testam a sensibilidade do paciente antes da aplicação da terapia, não utilizam outros equipamentos juntamente com a terapia por ondas curtas, utilizam temporizador para controlar a terapia e relatam que os cabos não permanecem em contato com o paciente.

Finalmente, quanto à pergunta subjetiva sobre o que é feito quando o paciente relata estar muito quente no local de aplicação da terapia, 1 (10%) fisioterapeuta não respondeu; 6 (60%) diminuem a intensidade e 3 (30%) interrompem a terapia.

## 5.2 INSPEÇÃO VISUAL DOS EQUIPAMENTOS

Dos 20 equipamentos verificados, 13 (65%) apresentavam ambos os tipos de emissão (contínuo e pulsado) e 7 (35%) somente o modo contínuo. Todos os equipamentos apresentavam especificações de marca e modelo.

Os demais itens inspecionados nos equipamentos são apresentados na Tabela 3 e dizem respeito a dados que deveriam estar marcados no equipamento de acordo com as normas NBR 601-1 e 601-2-3 (ABNT, 1994; ABNT, 1997).

Tabela 3: Resultado da inspeção das marcações externas presentes nos equipamentos de DOC  
(n=20)

<b>Itens Verificados</b>	<b>Específica (%)</b>	<b>Não Específica (%)</b>
Classificação	45	55
Símbolos de advertência	60	40
Frequência de operação	35	65
Potência de saída declarada	30	70
Potência de saída da rede	50	50
Presença de temporizador	70	30
Citação de normas	20	80

Com relação ao tipo de eletrodo utilizado, 7 (35%) eram do tipo *schliephake* e 12 (60%) do tipo almofada. Um dos equipamentos encontrava-se sem os eletrodos. Além disso, um equipamento não aquecia; um estava com o suporte do eletrodo de *schliephake* quebrado; um estava sem um dos suportes que deveriam ser quatro e em um deles os cabos não conectavam com firmeza.

### 5.3 VERIFICAÇÃO DOS DOCUMENTOS ACOMPANHANTES

Neste item, observou-se que dos 20 equipamentos avaliados, 12 (60%) estavam com seus documentos e 8 (40%) não. Além disso, somente dois apresentavam certificado de garantia.

Os dados para verificação nos documentos acompanhantes foram retirados das normas anteriormente citadas e são descritos na Tabela 4, na qual os números representam os documentos acompanhantes relacionados com as suas descrições e à direita da tabela são indicadas as porcentagem referentes aos dados verificados.

### 5.4 AMBIENTE

As salas (total de 12) nas quais os equipamentos operavam foram visualmente avaliadas. Três (15%) equipamentos de DOC permaneciam em local separado de outros equipamentos, porém próximos a esses e 17 (85%) permaneciam em local juntamente com aqueles aparelhos. Apenas em um local havia Gaiola de Faraday. Este local era dividido em 6 boxes e neles encontravam-se 4 equipamentos de DOC e 1 de diatermia por microondas.

Quanto à utilização de macas de metal e/ou madeira o resultado foi o seguinte: 7 salas possuíam macas de metal, 3 possuíam macas de madeira e 2 possuíam ambas. Em todos os locais havia pelo menos um objeto de metal (suporte, escada, cadeira, janela, etc.).

Tabela 4: Resultado dos itens verificados para os 12 documentos acompanhantes

Equipamento Itens Verificados	Equipamento												Apresenta (%)	Não Apresenta (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Frequência de alimentação	x	x	x	x	x	/	x	x	x	x	x	x	91,7	8,3
Frequência de operação	x	x	x	x	x	/	x	x	x	x	x	x	91,7	8,3
Potência de saída declarada	x	x	x	x	x	/	x	x	x	x	x	x	91,7	8,3
Potência de entrada	x	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	x	16,7	83,3
Potência de saída da rede	x	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	x	16,7	83,3
Classificação	/	x	x	/	/	/	/	x	x	x	x	x	58,3	41,7
Declarações de advertência	/	/	/	/	/	/	x	x	/	x	x	x	41,7	58,3
Modo de operação	/	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	91,7	8,3
Descrição do equipamento	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	100	0
Instruções de utilização	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	100	0
Cuidados na aplicação	x	x	x	/	/	/	x	x	/	x	x	x	66,7	33,3
Características técnicas	/	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	91,7	8,3
Indicações e contra-indicações	x	x	x	x	x	/	x	x	x	x	x	x	91,7	8,3
Indicação para tomada com 3 condutores	x	x	x	/	/	/	x	x	x	x	x	x	75	25
Endereço para manutenção	/	/	/	x	/	x	x	/	x	x	x	x	58,3	41,7
Citação de normas	/	x	/	/	x	/	x	x	x	x	x	x	66,7	33,3

x = apresenta; / = não apresenta

## 5.5 TESTES DE SEGURANÇA ELÉTRICA

Verificaram-se as tensões das instalações elétricas, as correntes de fuga da carcaça do equipamento para a terra com o equipamento desligado e ligado e a corrente de consumo do equipamento. Das 20 tomadas verificadas (Tabela 5), 9 (45%) (tomadas 2, 3, 4, 11, 12, 15, 36, 17 e 19) apresentaram problemas do tipo inversão entre fase e neutro, 4 (20%) (tomadas 1, 7, 8 e 14) não apresentaram o terra de proteção e 7 (35%) (tomadas 5, 6, 9, 10, 13, 18 e 20) encontraram-se dentro da normalidade, *i. e.*, 127 volts entre fase e neutro, 127 entre fase e

terra e zero entre neutro e terra. Considera-se normal, dentro das especificações da norma, variações de tensão entre  $\pm 10\%$  da tensão nominal (ABNT, 1994). Os números das tomadas (Tabela 5) coincidem com os números dos equipamentos de DOC avaliados.

Tabela 5: Resultado do teste de segurança elétrica realizado para avaliação das tensões das instalações elétricas (n=20 para tomadas)

<b>Tomadas</b> <b>Tensões</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Fase-neutro (V)	126,7	126,7	121,7	121,0	120,5	125,2	123,3	126,6	127,2	124,1
Fase-terra (V)	35,7	4,0	2,0	2,0	121,1	125,6	34,6	35,6	127,2	124,2
Neutro-terra (V)	78,9	125,3	121,8	121,6	0,0	0,0	77	78,8	0,0	0,0
<b>Tomadas</b> <b>Tensões</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
Fase-neutro (V)	127,1	121,0	120,3	122,1	122,0	121,8	121,9	126,2	125,3	124,3
Fase-terra (V)	3,9	2,0	121,1	33,8	1,9	1,8	1,9	126,8	1,9	124,6
Neutro-terra (V)	125,8	122,0	0,0	76,4	122,1	121,6	122,6	0,0	126,2	0,0

Para as instalações das salas, verificou-se a presença ou não de instalação elétrica com 3 condutores, *i. e.*, incluindo o condutor de aterramento para proteção. Das 12 salas avaliadas, 11 possuíam tomadas com três condutores e uma possuía somente com 2 condutores. Porém, nem todos os equipamentos utilizados nas salas cujas tomadas têm 3 condutores possuem plugues com 3 pinos. Dos 20 equipamentos, 12 (60%) possuíam plugues com 3 pinos, 6 (30%) com dois pinos e 2 (10%) com três pinos numa mesma linha horizontal.

Quanto ao item corrente de fuga, 16 equipamentos foram testados (Tabela 6). Os quatro equipamentos não testados possuíam plugues não compatíveis com a entrada do equipamento de teste utilizado. Todos os equipamentos testados (total de 16) apresentaram os valores dentro do limite especificado pelas normas NBR 601-1 e 601-2-3 para o caso das medições (ABNT, 1994; ABNT, 1997), que era de 100  $\mu$ A.

## 5.7 INTENSIDADE DO CAMPO ELÉTRICO

A seguir são apresentadas as figuras e/ou tabelas com os valores resultantes das

mensurações realizadas para verificação da intensidade do campo elétrico em 5 equipamentos de DOC. O equipamento identificado com o número 5 corresponde ao equipamento que possui *layout* diferente para disposição do painel de controle e para saída dos eletrodos.

Tabela 6: Resultado do teste de corrente de fuga para a carcaça do equipamento e corrente de consumo (n=16)

<b>Aparelho</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b>Parâmetros</b>																
<b>Corrente de fuga (<math>\mu</math>A) – equipamento desligado</b>																
Polarização nl* com terra	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Polarização nl sem terra	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Polarização reversa s/ terra	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Corrente de fuga (<math>\mu</math>A) – equipamento ligado</b>																
Polarização nl com terra	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1
Polarização nl sem terra	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3
Polarização reversa sem terra	0,0	0,0	1,6	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0
<b>Corrente de consumo (A)</b>																
	0,8	1,1	1,0	1,1	0,8	0,4	0,4	0,8	0,4	1,5	1,1	0,7	0,3	0,7	0,9	3,1

\*nl = normal

### 5.6.1 Equipamento de DOC na Posição Frontal ao Medidor com o Sensor em Posição Horizontal

#### 5.6.1.1 Equipamento de DOC desligado

Essa mensuração foi realizada para observar a intensidade do campo elétrico no ambiente utilizado para aplicação da terapia por ondas curtas. Inicialmente foi verificada a intensidade do campo elétrico com o equipamento de DOC desligado sem o plugue na tomada (Tabela 7).

Observaram-se valores baixos, próximos a zero para o campo elétrico nos locais de tratamento com o equipamento de DOC desligado.

Tabela 7: Medidas de campo elétrico com o equipamento de DOC desligado, não conectado à rede elétrica

<b>Local</b>	<b>Distância Medidor/DOC (cm)</b>	<b>Posição do Medidor</b>	<b>Dose</b>	<b>Modo de Aplicação</b>	<b>Campo Elétrico (V/m)</b>
1	15	Horizontal	Sem	Eq. Desligado **	0,30
2	15	Horizontal	Sem	Eq. Desligado	0,28
3	15	Horizontal	Sem	Eq. Desligado	0,20
4	15	Horizontal	Sem	Eq. Desligado	0,16
5	15	Horizontal	Sem	Eq. Desligado	0,24
Média					0,24
DP*					± 0,06

\* DP = desvio padrão; \*\* Equipamento desligado

Na seqüência, o aparelho de DOC foi ligado na tomada apresentando o comportamento descrito na Tabela 8.

Comparando-se essa mensuração à anterior todos os locais apresentaram valores superiores. Isso mostra que o ambiente não está apenas restrito a campos eletromagnéticos do equipamento, mas também a outros campos provenientes principalmente da rede de distribuição de energia elétrica (ZEVZIKOVAS, 2004).



Tabela 8: Medidas de campo elétrico com o equipamento de DOC desligado, conectado à tomada da rede elétrica

<b>Local</b>	<b>Distância Medidor / DOC (cm)</b>	<b>Posição do Medidor</b>	<b>Dose</b>	<b>Modo de Aplicação</b>	<b>Campo Elétrico (V/m)</b>
1	15	Horizontal	Sem	Aparelho desligado	1,41
2	15	Horizontal	Sem	Aparelho desligado	0,33
3	15	Horizontal	Sem	Aparelho desligado	0,32
4	15	Horizontal	Sem	Aparelho desligado	0,31
5	15	Horizontal	Sem	Aparelho desligado	1,39
Média					0,75
DP*					± 0,59

\* DP = Desvio padrão

#### 5.6.1.2 Equipamento de DOC ligado operando no modo contínuo

Os dados das Figuras 14 e 15 representam as médias dos valores obtidos para cada distância com a aplicação dos equipamentos de DOC 1, 2, 3 e 4 e correspondem respectivamente à dose mínima e dose II. Observa-se queda exponencial dos valores do campo elétrico quando se afasta o equipamento de teste do equipamento de DOC. Mesmo a 15 cm de distância do equipamento o campo elétrico mantém-se dentro dos limites especificados pela norma ICNIRP. Observa-se também que a 3 m de distância do equipamento de diatermia por ondas curtas o campo elétrico é próximo de zero. Em ambas as figuras apresentam-se os valores obtidos com as mensurações e a curva de ajuste aos dados sendo esta representada pela equação exponencial apresentada logo acima da curva. A correlação entre os dados obtidos e a curva de ajuste para a Figura 14 considerando o  $R^2$  é 0,9905 e para a Figura 15 é 0,9948.

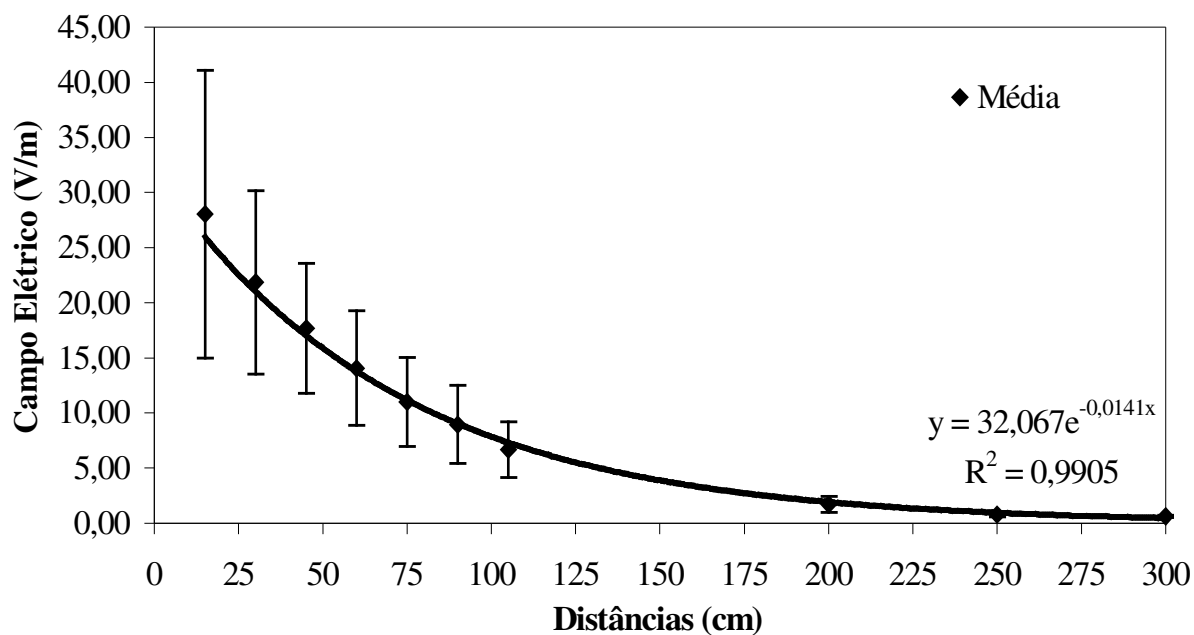


Figura 14: Média do campo elétrico medido com o equipamento de DOC operando na dose mínima no modo contínuo com o sensor de teste na horizontal

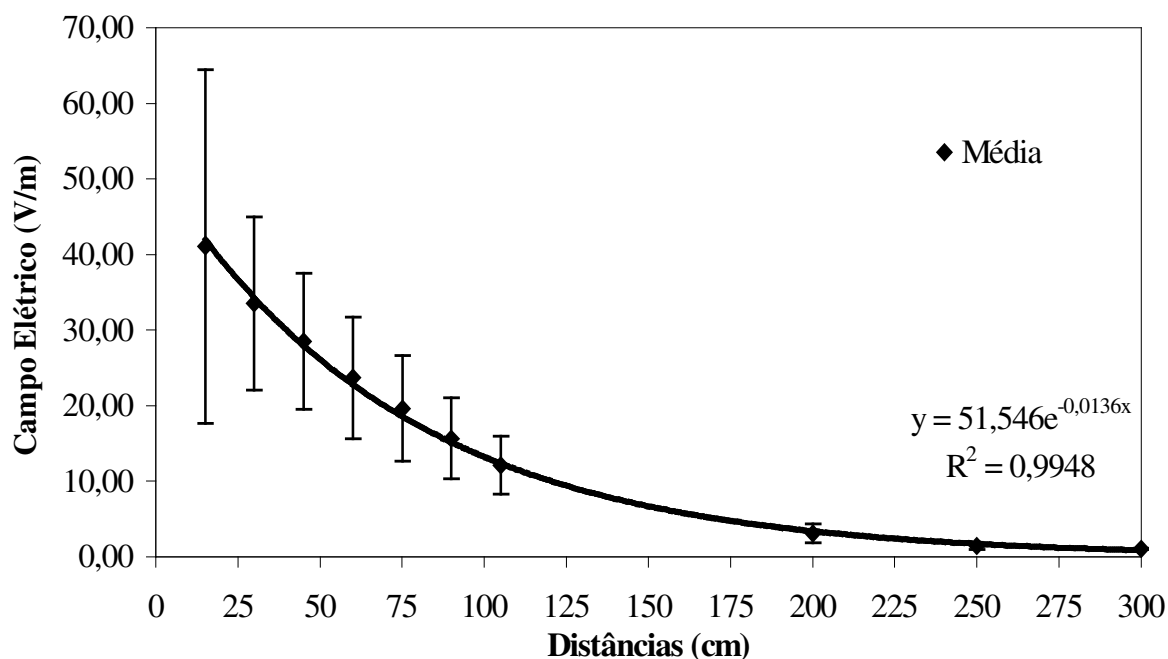


Figura 15: Média do campo elétrico medido com o equipamento de DOC operando na dose II no modo contínuo com o equipamento de teste na horizontal

Nas doses seguintes (dose III e máxima), a 15 cm de distância do equipamento de DOC, os valores do campo elétrico (Figura 16 e 17) excedem os valores limites de exposição

(61 V/m) pelas normas anteriormente citadas, expondo o fisioterapeuta a intensidades maiores de campos elétricos. Novamente a 3 m de distância o valor do campo elétrico é baixo.

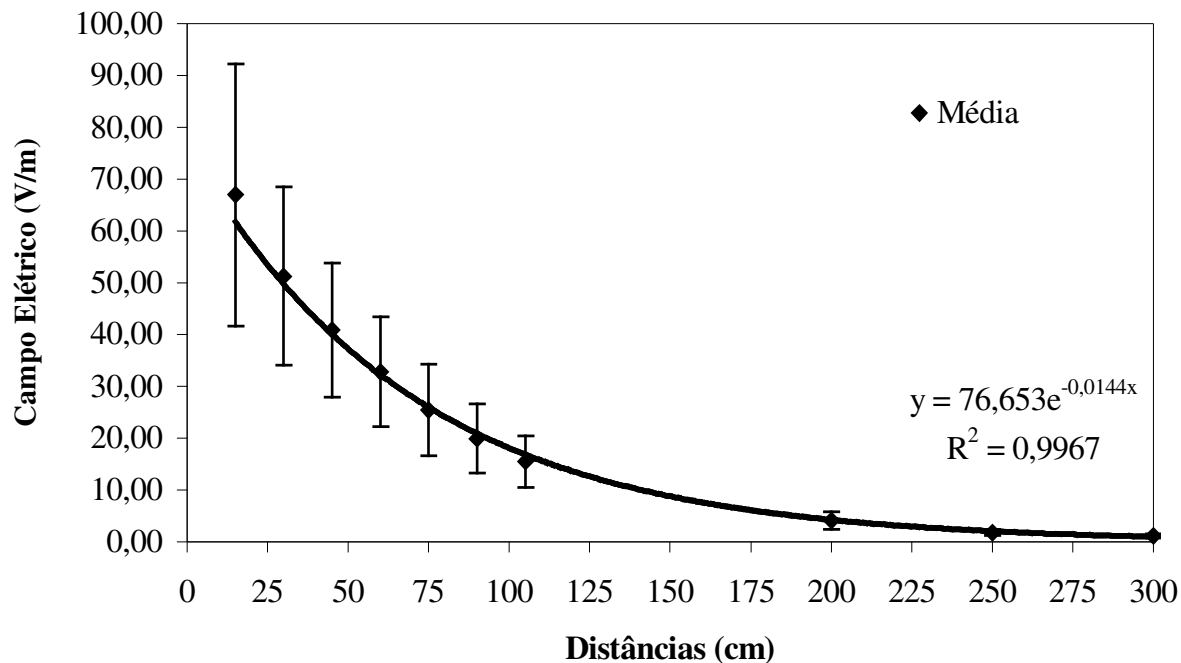


Figura 16: Média do campo elétrico mensurado com o equipamento de DOC operando na dose III no modo contínuo com o sensor do equipamento de teste na horizontal

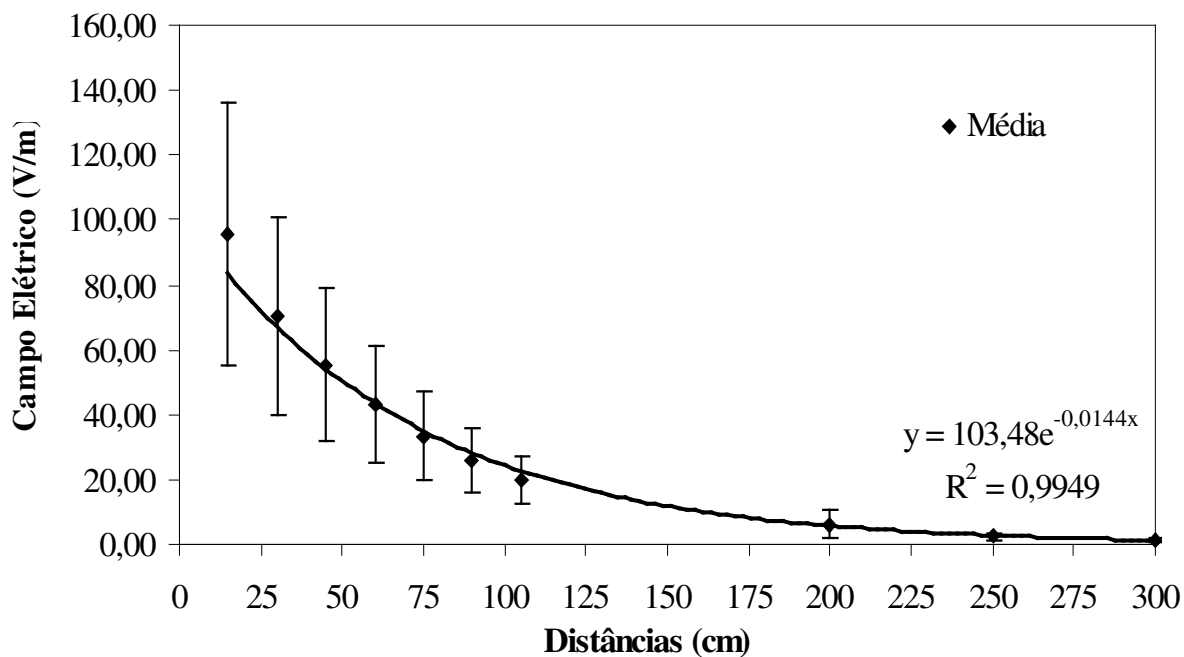


Figura 17: Média do campo elétrico mensurado com o equipamento de DOC operando na dose máxima no modo contínuo com o sensor do equipamento de teste na horizontal

A Tabela 9 apresenta os valores para campo elétrico obtidos para o equipamento 5 que foi analisado separadamente devido às suas características de *layout* (posicionamento do painel de controle e saída dos eletrodos). Observa-se uma queda exponencial dos valores de campo elétrico obtidos. Levando-se em consideração a norma ICNIRP, nota-se que os valores apresentam-se muito altos para todas as doses quando próximo ao equipamento de DOC, porém a 30 cm de distância reduz para números próximos do limite ocupacional especificado pelas normas (61 V/m). A 300 cm de distância do equipamento de DOC os valores para campo elétrico são próximos de zero.

Tabela 9: Média do campo elétrico (V/m) mensurado com o equipamento 5 de DOC operando nas quatro doses no modo contínuo, com o sensor do equipamento de teste posicionado na horizontal

<b>Distâncias (cm)</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>60</b>	<b>75</b>	<b>90</b>	<b>105</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
<b>Doses</b>										
Mínima	145,23	22,25	13,12	10,54	8,30	6,53	5,13	1,39	0,53	0,31
II	425,15	64,75	34,13	27,57	22,12	17,28	12,63	2,62	1,12	0,72
III	516,23	78,14	38,41	30,80	24,77	19,88	15,73	4,07	1,52	0,83
Máxima	498,14	77,88	37,63	30,97	24,83	19,00	14,97	3,99	1,25	0,83

O equipamento 5 possui disposição diferente dos comandos e o suporte do equipamento de DOC é de metal o que pode ter contribuído para a obtenção dos valores excedentes. Nota-se ainda que nas mensurações realizadas próximas ao equipamento de DOC os valores excedem em muito os limites especificados, o que predispõe o fisioterapeuta à exposição excessiva.

#### 5.6.1.3 Equipamento de DOC ligado operando no modo pulsado

Nesse item, os equipamentos foram analisados separadamente, pois o equipamento 1 realiza a aplicação pulsada automaticamente, o equipamento 2 não possui o modo pulsado, o equipamento 3 apresentou valores muito baixos quando comparado com os demais e o equipamento 5 possui características de *layout* diferenciadas do restante dos equipamentos.

Os resultados obtidos com a aplicação da DOC pulsada automaticamente (equipamento 1) são apresentados na Figura 18. Observa-se pequena variação do campo elétrico entre as distâncias 60 e 90 cm possivelmente pelo fato de que a clínica na qual foi realizado o ensaio estava em atendimento normal (fazendo uso de outros equipamentos) durante os testes. Além disso, existem antenas de telefonia celular muito próximas à clínica.

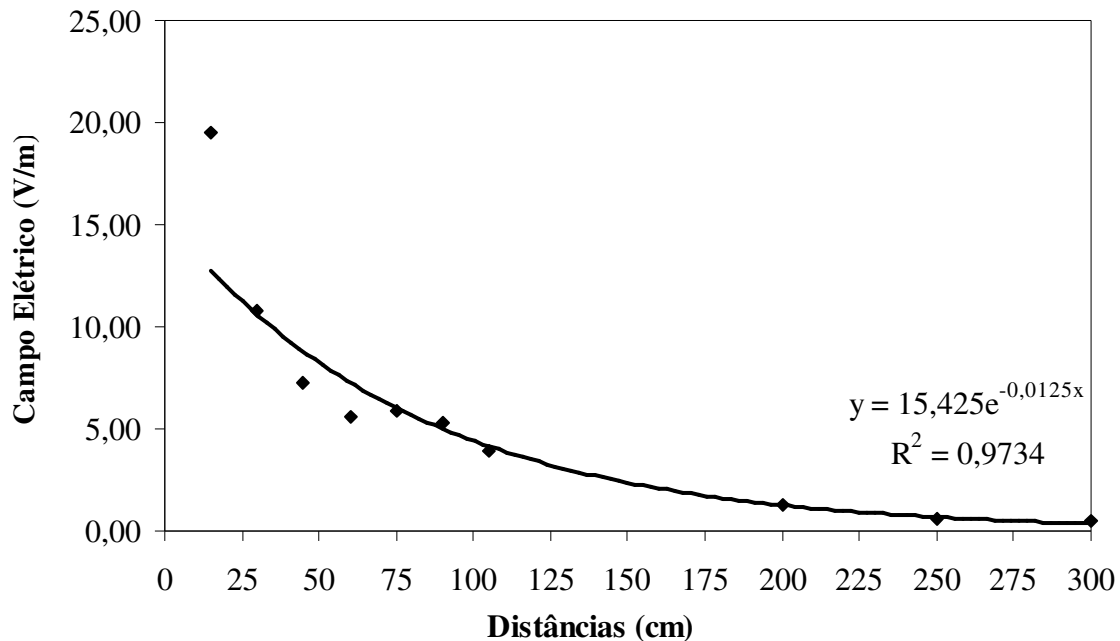


Figura 18: Campo elétrico medido com o equipamento 1 de DOC operando no modo pulsado automático (frequência de repetição de 30 a 120 Hz) e sensor de teste posicionado na horizontal

O equipamento 3 operando no modo pulsado nas frequências de repetição 30, 60, 80, 100 e 120 Hz apresentou valores de campo elétrico que não excederam os limites ocupacionais especificados (61 V/m) (Figura 19). Ao utilizar o modo pulsado observa-se uma grande redução na intensidade do campo elétrico emitido, principalmente operando em frequências mais baixas.

O equipamento 4 foi avaliado, utilizando no modo pulsado as frequências de repetição 20, 80, 140 e 200 Hz. A intensidade do campo elétrico verificada é apresentada na Tabela 10. Os valores obtidos encontram-se dentro dos limites ocupacionais especificados.

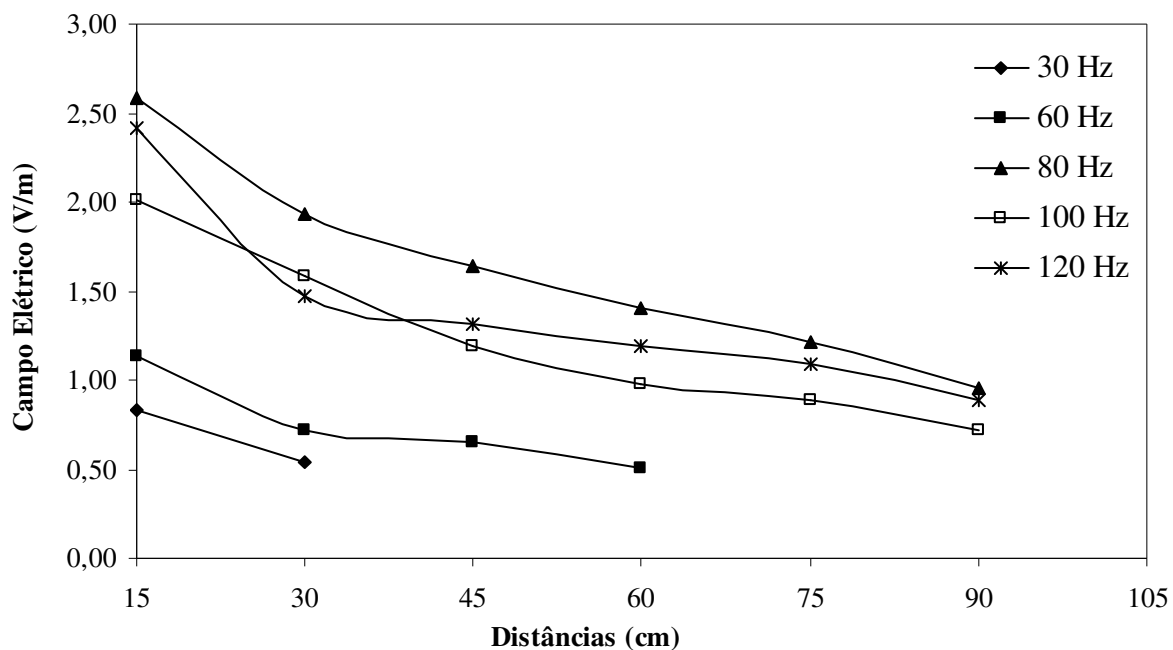


Figura 19: Campo elétrico medido com o equipamento 3 de DOC operando no modo pulsado e sensor de teste na posição horizontal

Tabela 10: Campo elétrico (V/m) medido com o equipamento 4 de DOC operando no modo pulsado (20, 80, 140 e 200 Hz) e sensor de teste posicionado na horizontal

Distância (cm) \ Freqüência de repetição	Freqüência de repetição			
	20	80	140	200
15	6,97	14,99	20,99	29,49
30	5,20	10,65	15,28	20,36
45	4,06	7,95	11,83	14,61
60	3,20	6,38	9,53	11,13
75	2,48	4,90	7,66	8,90
90	1,96	3,97	6,09	7,21
105	1,59	3,12	4,83	5,79
200	0,39	0,74	1,06	1,31
250	x	0,45	0,70	0,78
300	X	x	x	0,57

x = não mensurado

O equipamento 5 de DOC operando no modo pulsado, foi o que apresentou maiores valores para o campo elétrico (Figura 20), chegando aos limites ocupacionais especificados, principalmente quando próximo ao equipamento de DOC (15 cm). Com o aumento da distância houve redução na intensidade do campo elétrico para todas as frequências.

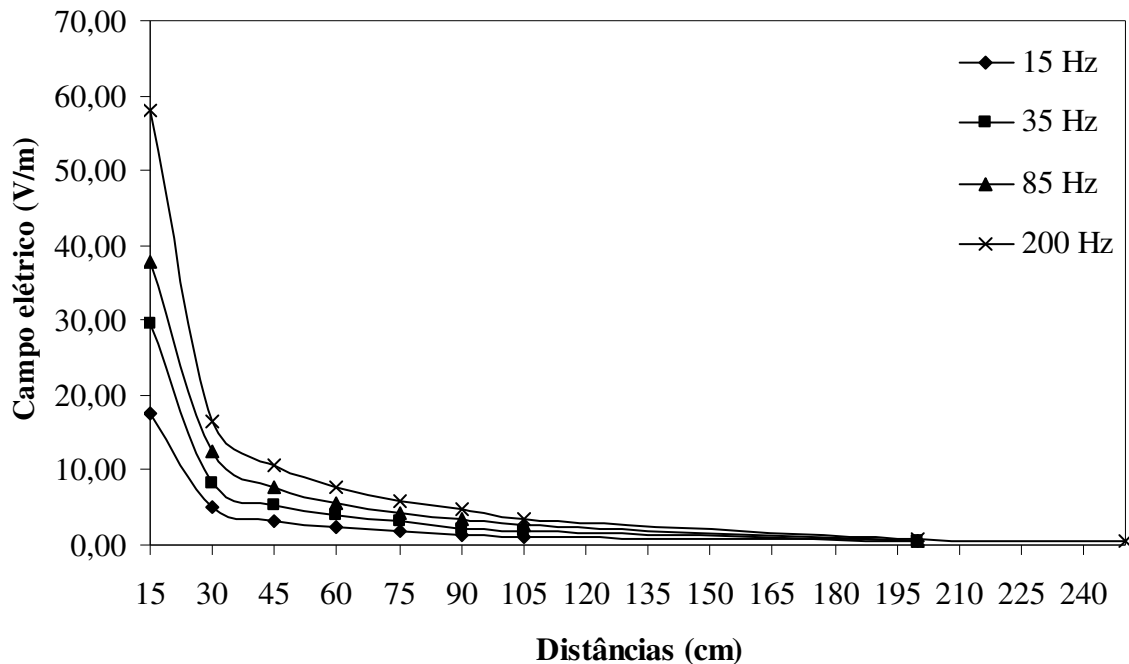


Figura 20: Campo elétrico medido com o equipamento 5 de DOC operando no modo pulsado nas frequências de repetição de 15, 35, 85 e 200 Hz, com o sensor de teste posicionado na horizontal

### 5.6.2 Equipamento de DOC na Posição Frontal ao Medidor e Sensor do Equipamento de Teste na Posição Vertical

#### 5.6.2.1 Equipamento de DOC desligado

Observa-se na Figura 21 os valores do campo elétrico medido com o equipamento de DOC desligado com e sem conexão à rede elétrica e com a *probe* na posição vertical. Nota-se que os valores são maiores quando os equipamentos de DOC estão conectados à rede elétrica, o que vai de encontro à citação de ZEVZIKOVAS (2004) que diz que o campo elétrico é influenciado por interferência da rede elétrica.

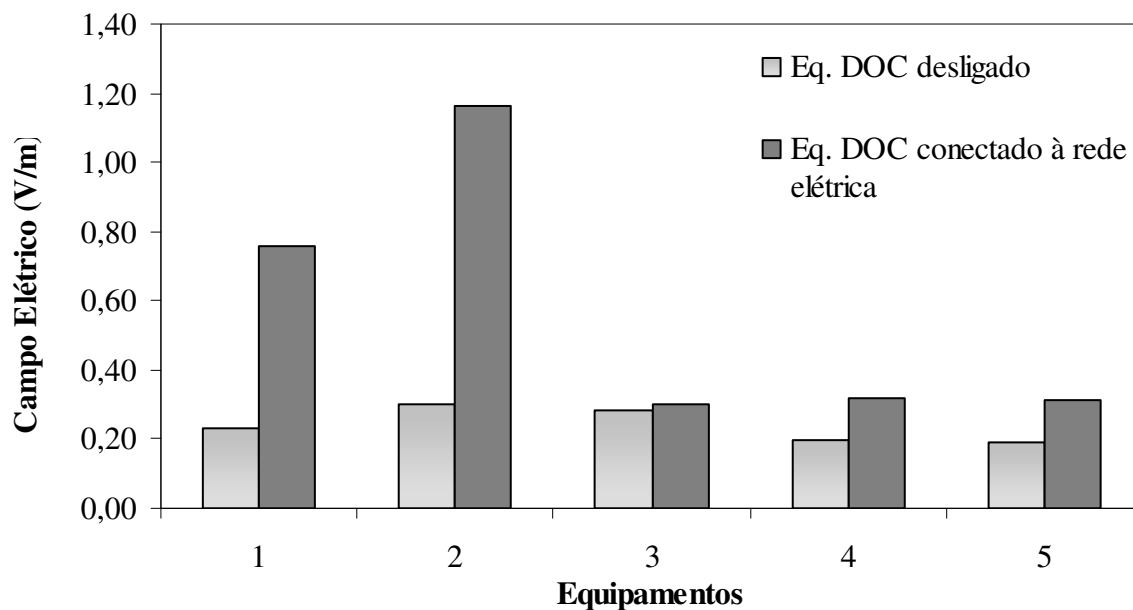


Figura 21: Campo elétrico medido com o equipamento de DOC desligado e sensor na posição vertical

#### 5.6.2.2 Equipamento de DOC ligado operando no modo contínuo

Na Tabela 11 são apresentados os valores para campo elétrico obtidos com os equipamentos de DOC operando no modo contínuo e com o equipamento de teste posicionado na vertical. Observa-se divergência nos valores obtidos já que à mesma distância o desvio padrão foi alto. Além disso, o equipamento 2 não mostra uma queda exponencial o que pode ser explicado pelo fato de que no momento do teste outros equipamentos (eletroestimulação transcutânea e DOC) foram utilizados na sala ao lado da sala de teste. Porém, os valores encontrados estão dentro dos limites especificados pela norma ICNIRP.

Tabela 11: Campo elétrico (V/m) medido com o sensor do equipamento de teste na posição vertical e equipamento de DOC operando no modo contínuo na dose mínima

Distância (cm)	Equipamento				Média	Desvio Padrão
	1	2	3	4		
15	19,09	23,15	10,08	39,02	22,84	± 12,09
30	13,67	11,75	8,96	26,76	15,29	± 7,89
45	10,23	18,04	6,94	20,40	13,90	± 6,36



A Tabela 12 apresenta os valores do campo elétrico com os equipamentos de DOC operando na dose II. Novamente o equipamento 2 mostra alteração nos valores.

Tabela 12: Campo elétrico (V/m) medido com o sensor do equipamento de teste na posição vertical e equipamento de DOC operando no modo contínuo na dose II

<b>Equipamento</b> <b>Distância (cm)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
15	46,76	18,22	13,36	86,07	41,10	± 33,40
30	31,96	15,74	10,32	48,99	26,75	± 17,44
45	22,72	22,67	9,66	34,73	22,44	± 10,24

Na Tabela 13 apresentam-se os valores para campo elétrico obtido na dose III dos equipamentos de DOC. O equipamento 2 novamente apresenta variação de comportamento. Nota-se que nos quatro ambientes somente com a utilização de um dos equipamentos (4) o campo elétrico excedeu os limites ocupacionais especificados.

Tabela 13: Campo elétrico (V/m) medido com o sensor do equipamento de teste na posição vertical e equipamento de DOC operando no modo contínuo na dose III

<b>Equipamento</b> <b>Distância (cm)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
15	55,41	14,92	16,84	76,53	40,92	± 30,19
30	47,08	23,62	11,70	53,02	33,85	± 19,48
45	34,39	32,53	9,84	37,70	28,61	± 12,70

Finalmente, a Tabela 14 apresenta os valores para o campo elétrico com o equipamento de DOC operando na dose máxima. Dois dos equipamentos (1 e 4) resultaram em campo elétrico acima dos limites especificados a 15 cm de distância. O equipamento 2 novamente apresentou variação de comportamento já que seus valores não tenderam a uma queda exponencial.

Tabela 14: Campo elétrico (V/m) medido com o equipamento de DOC operando no modo contínuo na dose máxima e sensor do equipamento de teste na posição vertical

<b>Equipamento</b> <b>Distância (cm)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
15	76,92	18,78	17,29	109,83	55,95	± 45,26
30	52,23	29,83	15,20	69,47	41,68	± 23,98
45	42,57	49,04	11,34	50,43	38,34	± 18,33

A Tabela 15 apresenta os resultados mais críticos da mensuração do campo elétrico emitido pelo equipamento 5 de DOC com comandos diferentes dos demais equipamentos avaliados. Observa-se um alto campo elétrico próximo ao equipamento (a 15 cm) predispondo o fisioterapeuta a uma exposição muito acima dos limites especificados (61 V/m) pelas normas. Além disso, os valores para a dose II excederam os valores obtidos para a aplicação de doses maiores (III e máxima).

Tabela 15: Campo elétrico (V/m) obtido com a utilização do equipamento 5 de DOC e sensor do equipamento de teste na posição vertical

<b>Dose</b> <b>Distância (cm)</b>	<b>Mínima</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Máxima</b>
15	318,31	536,18	407,41	480,00
30	62,07	83,28	49,16	50,79

### 5.6.2.3 Equipamento de DOC ligado operando no modo pulsado

A Figura 22 corresponde aos resultados obtidos com a aplicação da terapia por ondas curtas no modo pulsado automático (equipamento 1), com varredura entre as frequências 30 e 120 Hz. Observa-se um ponto fora da curva a 45 cm de distância do equipamento. A curva representa a curva de ajuste aos valores obtidos, sendo dada por uma exponencial decrescente.

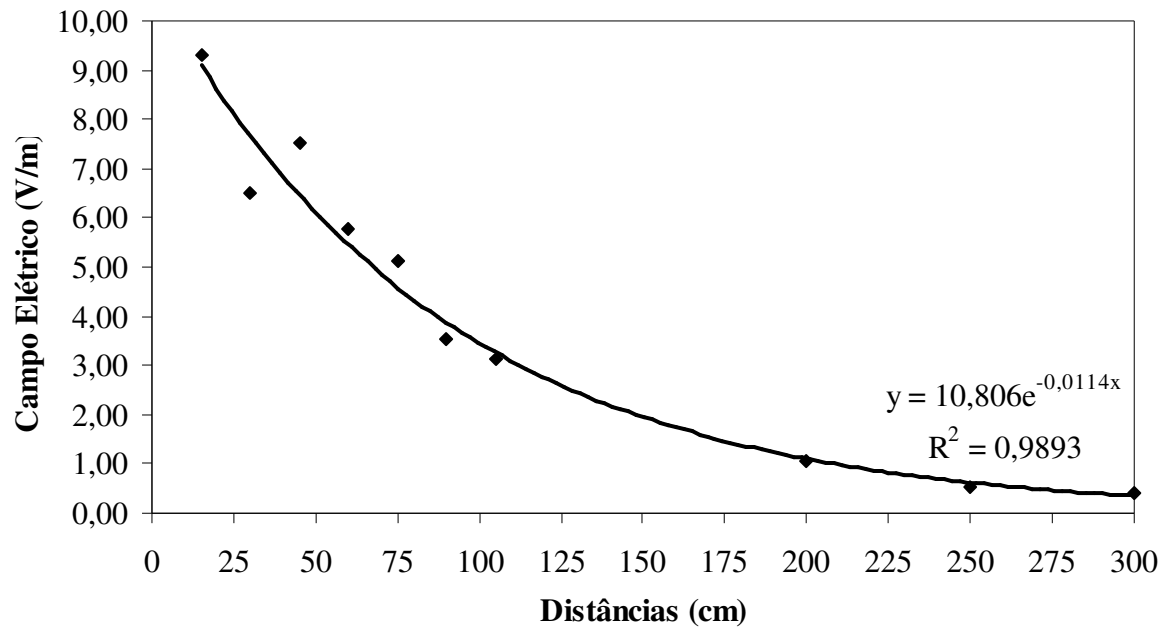


Figura 22: Campo elétrico medido com o equipamento 1 de DOC operando no modo pulsado e sensor do equipamento de teste na posição vertical

O equipamento 3 é o que apresenta menores valores de campo elétrico (tabela 16) quando comparado com os demais equipamentos. Mesmo a 120 Hz (maior frequência do equipamento) os valores ficam abaixo do especificado de 6 V/m (GRANDOLFO e SPINELLI, 2002)

Tabela 16: Campo elétrico (V/m) medido com o equipamento de DOC 3 operando no modo pulsado em 120 Hz e sensor do equipamento de teste na posição vertical

Distância (cm)	Frequência (Hz)
	120
15	3,14
30	2,11
45	1,83
60	1,47
75	1,22
90	1,00
105	0,82
200	0,43

A Figura 23 apresenta os valores de campo elétrico obtidos com a aplicação do equipamento 4. Observa-se um comportamento homogêneo de valores, estando todos abaixo do limite especificado pela norma ICNIRP.

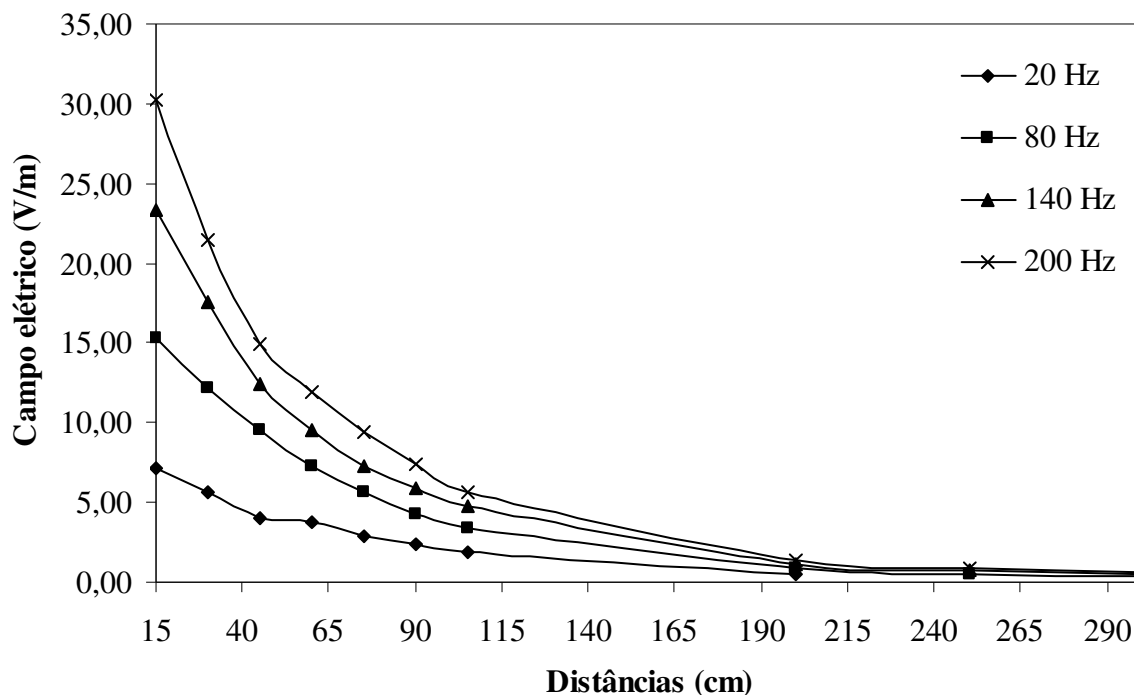


Figura 23: Campo elétrico medido com o equipamento 4 de DOC operando no modo pulsado nas frequências de repetição de 20, 80, 140 e 200Hz e sensor de teste na posição vertical

A Tabela 17 apresenta os valores obtidos com o equipamento 5 funcionando no modo pulsado nas frequências 15, 35, 85 e 200 Hz. Observa-se que os valores estão dentro dos limites ocupacionais especificados. Porém para a frequência de 35 Hz houve uma queda nos valores do campo elétrico.

Tabela 17: Campo elétrico (V/m) medido com o equipamento 5 de DOC operando nas frequências de repetição de 15, 35, 85 e 200 Hz e sensor de teste na posição vertical

<b>Frequência (Hz)</b> <b>Distância (cm)</b>	<b>15</b>	<b>35</b>	<b>85</b>	<b>200</b>
15	8,34	5,90	20,74	44,57
30	3,62	3,27	8,03	13,04
45	2,05	2,36	4,77	7,57
60	1,49	1,76	3,44	5,40
75	1,12	1,34	2,58	3,98
90	0,86	1,14	1,95	2,98
105	0,64	1,00	1,51	2,24
200	x	0,42	0,64	0,67

x = não mensurado

### 5.6.5 Campo elétrico mensurado na lateral dos equipamentos de DOC

Foram realizadas mensurações nas laterais dos equipamentos de DOC com o intuito de verificar a intensidade do campo elétrico emitido em direção ao paciente que está sendo submetido ao tratamento, ou sobre o fisioterapeuta caso o equipamento de DOC seja posicionado de maneira diferente às apresentadas nas Figuras 10, 11 e 12.

Esse teste mostrou que para os equipamentos nos quais a saída dos eletrodos se dá na região lateral do equipamento de DOC, o campo elétrico é mais intenso na direção do paciente do que na direção do fisioterapeuta expondo o paciente à níveis de radiação excessivos. Cabe expor que os limites de exposição para os pacientes são menores (28 V/m – público geral) que os limites ocupacionais (61 V/m) (ICNIRP, 1998).

Geralmente o paciente permanece deitado em uma maca posicionada ao lado do equipamento de DOC para aplicação da terapia, sendo assim as distâncias que mais interessam para essa avaliação são 15, 30, 45 e 60 cm de distância. Novamente o sensor de teste foi posicionado na vertical e na horizontal.

A Figura 24 corresponde aos valores obtidos para o equipamento 2 de DOC operando nas 4 doses com o sensor de teste posicionado horizontalmente à lateral do aparelho de DOC

(entre os cabos dos eletrodos).

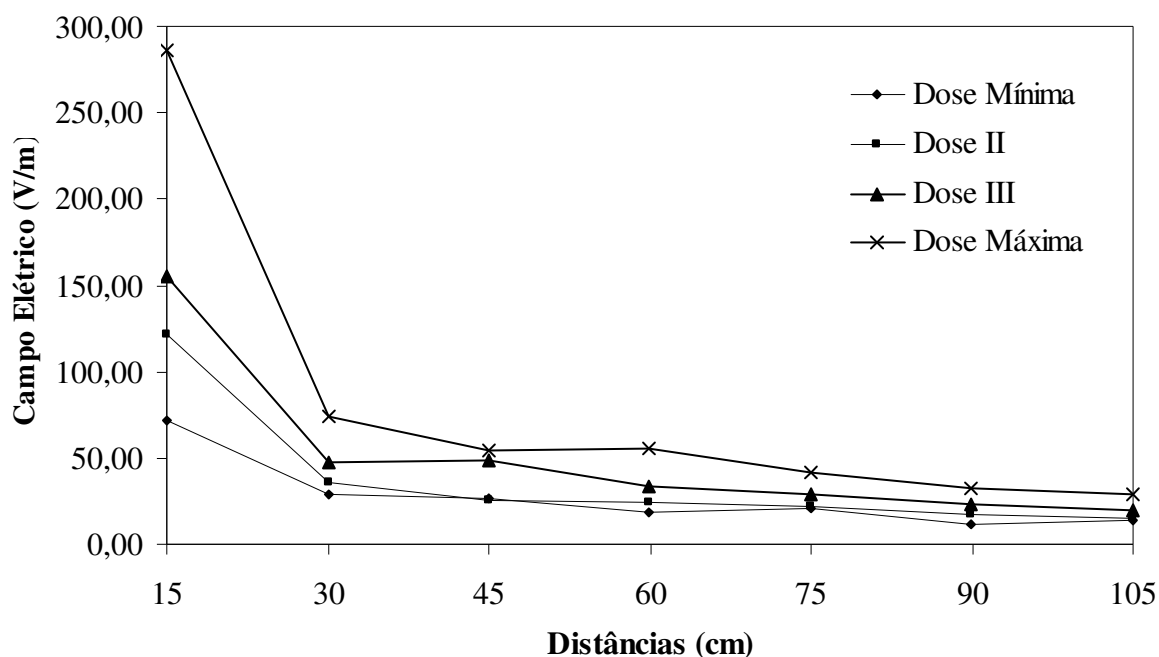


Figura 24: Campo elétrico medido lateralmente ao equipamento 2 de DOC operando no modo contínuo nas doses mínima, II, III e máxima e sensor de teste na posição horizontal

Fez-se as mesmas medições para o equipamento 2 de DOC, porém com o sensor posicionado na vertical. Observa-se grande variação nos valores obtidos, o que mostra uma instabilidade no funcionamento do equipamento. A variação é provavelmente decorrente da utilização de outro equipamento de DOC na sala ao lado da realização do ensaio para as distâncias consideradas. Não há tendência à queda exponencial dos valores, sendo observado problemas principalmente entre as distâncias 30 e 60 cm (figura 25).

A Figura 26 apresenta os valores de campo elétrico obtidos para o equipamento 5 operando nas 4 doses e com o sensor na horizontal. Comparando-se os valores resultantes com os dados obtidos para o mesmo equipamento na posição frontal (gráfico 5), nota-se que ao mensurar o campo emitido na lateral da carcaça do equipamento os níveis do campo elétrico reduzem muito, o que confirma o fato de que o *layout* do equipamento e seu posicionamento interferem na intensidade do campo elétrico emitido e no nível de exposição.

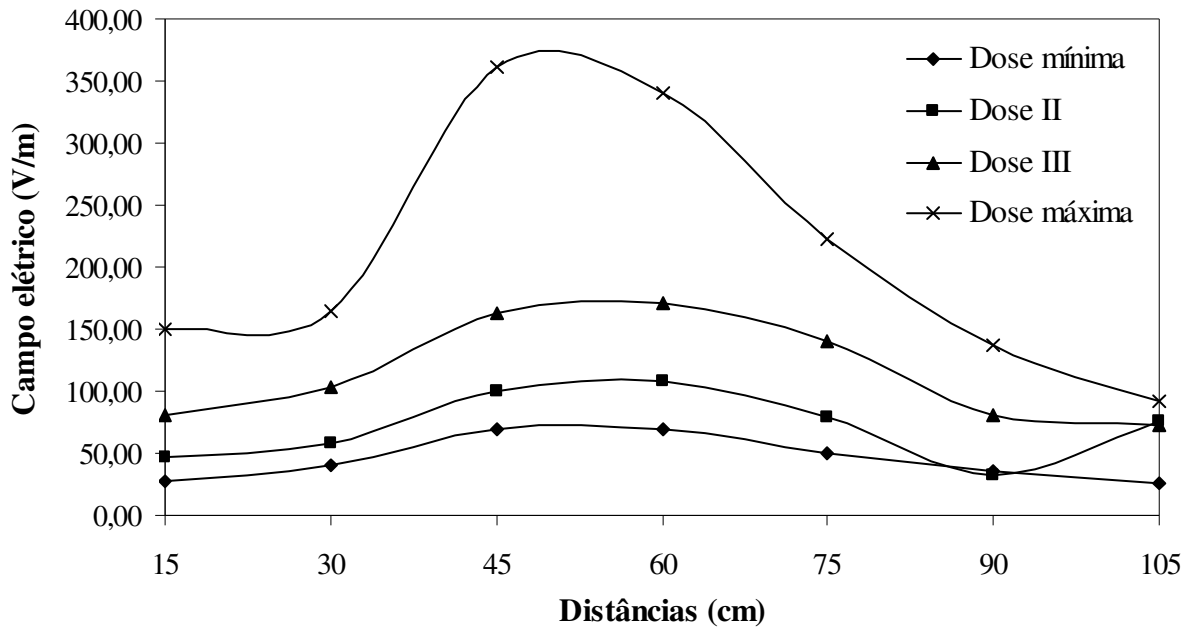


Figura 25: Campo elétrico medido com o equipamento 2 de DOC operando no modo contínuo nas doses mínima, II, III e máxima e sensor de teste na posição vertical

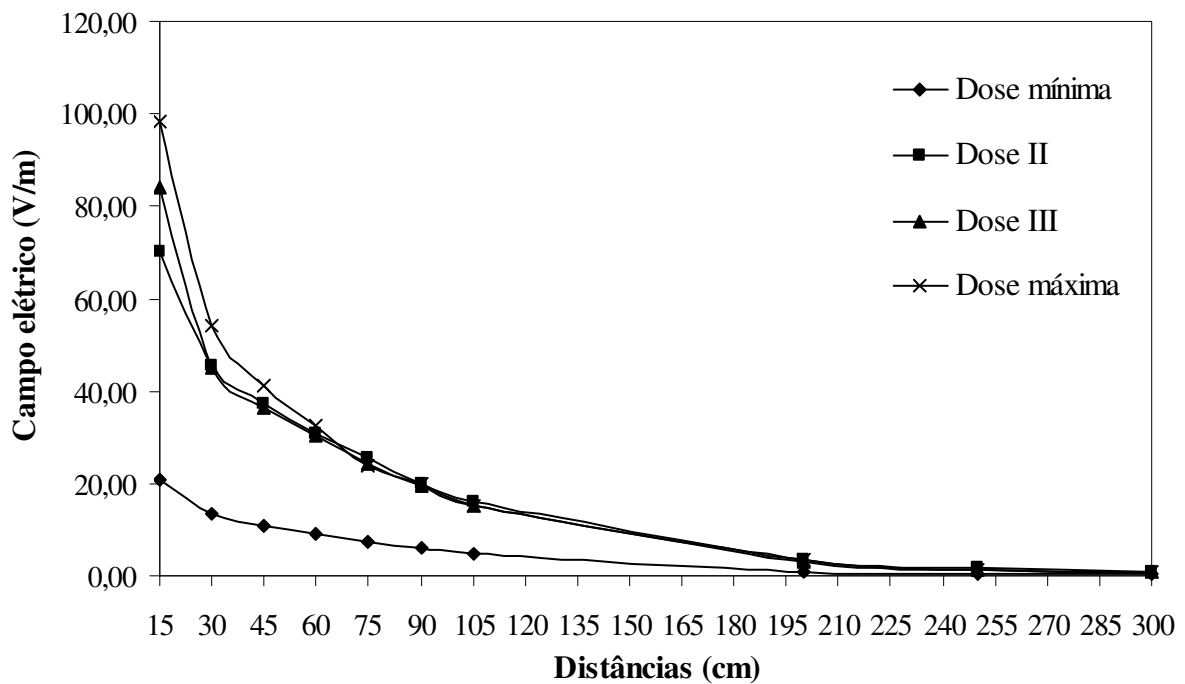


Figura 26: Campo elétrico medido com o equipamento 5 de DOC operando no modo contínuo nas doses mínima, II, III e máxima e sensor de teste posicionado na horizontal

A Tabela 18 apresenta os valores para o campo elétrico mensurado com o sensor na

vertical com relação ao equipamento 5 de DOC. Nota-se que os valores para o campo na horizontal apresentam-se superiores aos do sensor na vertical, porém ambos excedem os limites especificados para o público geral e nas distâncias próximo ao equipamento de DOC excedem também os limites ocupacionais.

Tabela 18: Campo elétrico (V/m) medido com o equipamento 5 de DOC operando no modo contínuo nas doses mínima, II, III e máxima e sensor de teste posicionado na vertical

<b>Distâncias</b> <b>(cm)</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>60</b>	<b>75</b>	<b>90</b>	<b>105</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
<b>Doses</b> Mínima	16,83	15,94	13,28	10,60	7,66	5,90	4,33	1,17	0,63	0,35
II	47,34	40,59	29,50	22,61	21,77	16,42	11,86	2,65	1,26	0,35
III	64,26	52,18	39,72	35,45	24,58	18,18	13,31	3,10	1,53	1,06
Máxima	64,01	51,80	41,64	34,22	25,83	19,75	14,17	3,21	1,50	1,03

Os demais equipamentos (sensor de teste posicionado horizontalmente à lateral dos equipamentos de DOC) mantiveram certa estabilidade no funcionamento, apresentando tendência a queda exponencial bem como baixo desvio padrão quando relacionado às demais mensurações. Porém, sempre próximo ao equipamento de DOC o campo elétrico foi alto, excedendo os limites especificados para o público geral assim como os limites ocupacionais nas doses II, III e máxima a 15 cm (Figura 27).

Ainda para os demais equipamentos com o sensor posicionado na vertical vê-se uma coerência nos valores obtidos apresentando queda com o aumento da distância e com a diminuição da dosagem. Observa-se que até 60 cm de distância do equipamento de DOC o campo permanece acima do limite especificado para o público geral, com exceção da dose I e na dose II a 60 cm (Figura 28).



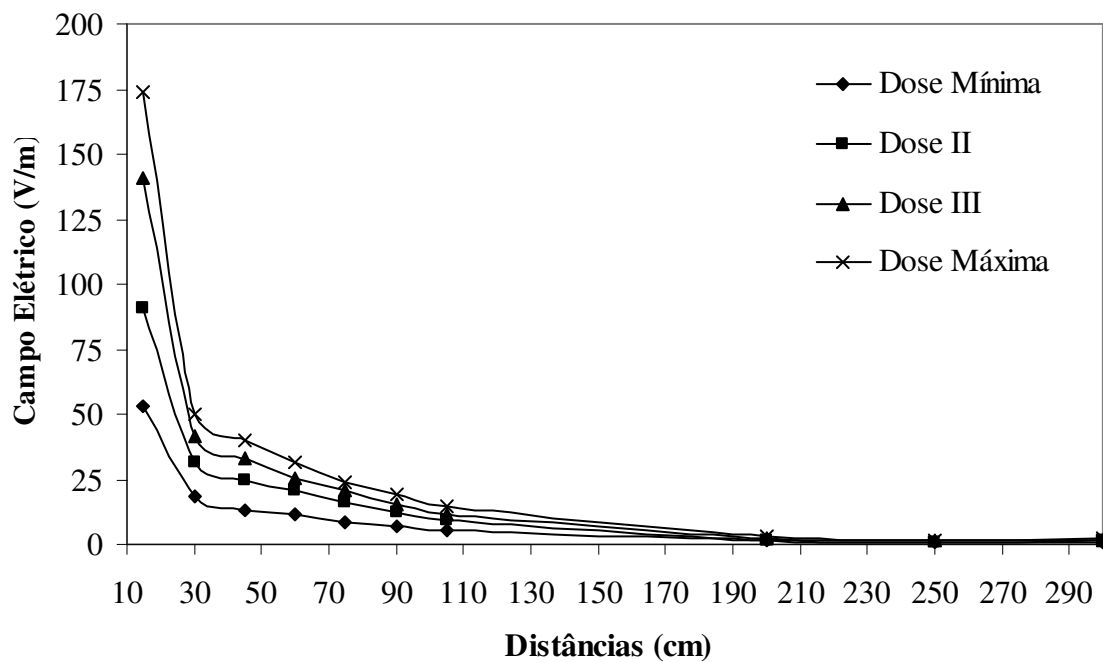


Figura 27: Campo elétrico médio medido lateralmente aos equipamentos de DOC 1, 3 e 4 operando nas doses mínima, II, III e máxima e sensor na posição horizontal

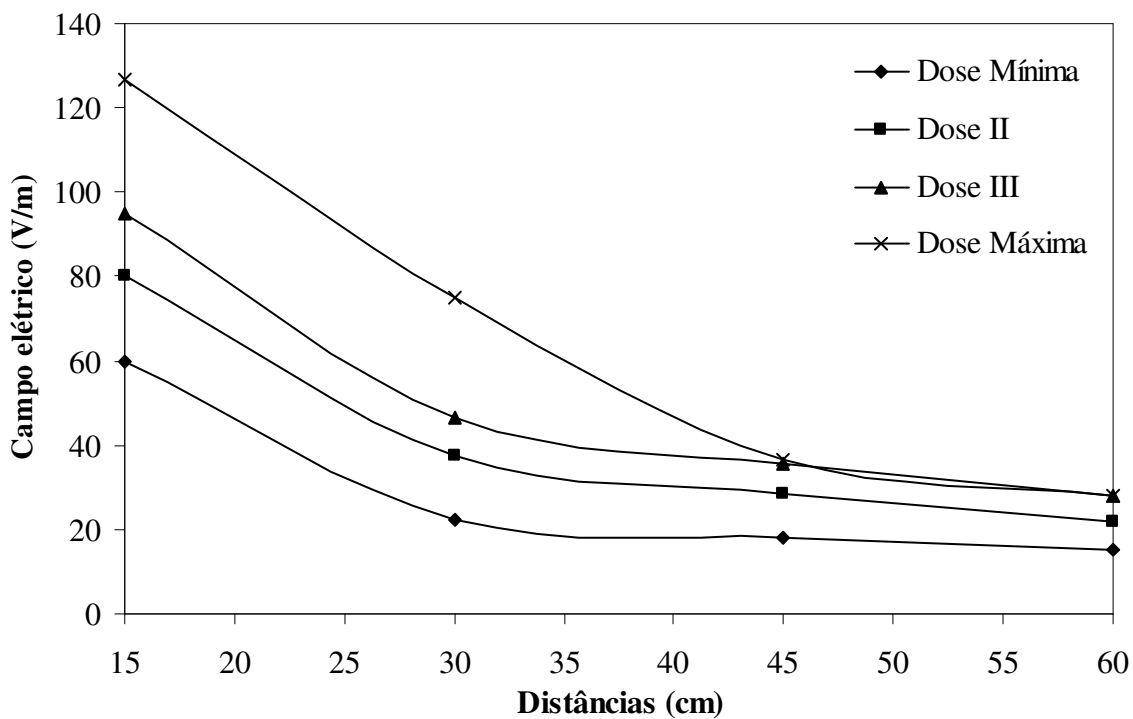


Figura 28: Campo elétrico médio medido com os equipamentos 1, 3 e 4 de DOC operando no modo contínuo nas doses mínima, II, III e máxima e sensor de teste na posição vertical

## CAPÍTULO VI

### DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

#### 6.1 PESQUISA DIAGNÓSTICA

Com relação à pesquisa diagnóstica realizada pôde-se observar a situação de uso e funcionamento dos equipamentos de DOC bem como a preocupação e rotina dos fisioterapeutas para com a manutenção dos equipamentos.

A data da compra dos equipamentos não era conhecida pelos usuários para 16 (80%) equipamentos. Isso associado à ausência dos certificados de garantia e demais documentos relacionados ao equipamento dificultam o processo de manutenção preventiva já que para tal é necessário que todos os documentos e informações referentes ao equipamento sejam arquivados.

Todos os 10 fisioterapeutas entrevistados desconheciam as normas da ABNT que especificam testes e recomendações na instalação e utilização para equipamentos de terapia por ondas curtas. Isso pode impossibilitar a organização de um local apropriado para tratamento, o controle de alguns parâmetros de segurança especificados pelas normas, bem como verificar se o equipamento que está sendo utilizando está adequado para o trabalho, já que as normas trazem especificações importantes para o controle. Apesar das normas servirem principalmente para os fabricantes, muitas informações contidas nelas podem auxiliar o fisioterapeuta no controle e manutenção dos equipamentos.

Observou-se que existe grande divergência de opiniões principalmente no que diz respeito à periodicidade de manutenção, testes utilizados na aquisição, condições de bom funcionamento e manuseio do equipamento. A ausência de homogeneidade nas respostas obtidas demonstra que não existe padronização no gerenciamento dos equipamentos de DOC.

#### 6.4 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Conforme explicado na metodologia o processo de manutenção preventiva constituiu-se de inspeção visual dos equipamentos, verificação dos documentos acompanhantes, inspeção visual dos ambientes, testes de segurança elétrica e campo elétrico emitido.

A inspeção visual é um item importante do controle de equipamentos. Muitos problemas podem ser detectados visualmente (WEBSTER, 1998). Os equipamentos foram inspecionados para identificar possíveis falhas em sua condição de utilização que adversamente afetariam a segurança do paciente ou operador. Os equipamentos devem conter especificações de acordo com as normas NBR IEC 601-1 e NBR IEC 601-2-3 (ABNT, 1994; ABNT, 1997), porém nota-se que a maioria não apresenta todas as especificações. Além disso, 5 (25%) dos equipamentos avaliados estavam apresentando problemas de ordem mecânica, o que demonstra falha no processo de manutenção preventiva. Um estudo realizado por SHIELDS *et al.* (2003) detectou que de 20 equipamentos submetidos à verificação mecânica, a maioria estava adequada sob esse aspecto. Comparando-se com o trabalho desenvolvido pela autora, nenhum dos 20 instrumentos verificados estava inteiramente de acordo com as normas, seja pela ausência de especificações externas, seja pela presença de problemas de ordem mecânica. Também, foi detectado pela autora que nenhum dos itens verificados estava presente em todos os equipamentos e os mesmos não possuíam todas as especificações.

A ausência de documentos acompanhantes impossibilita o usuário de consultá-los quando há necessidade, além de dificultar um programa de manutenção como citado anteriormente. Dos 20 equipamentos verificados, em apenas 12 (60%) foi constatada a presença dos seus documentos. Os documentos foram também verificados quanto à presença de especificações solicitadas pelas normas ABNT e pôde-se constatar que somente os itens de descrição técnica e instruções de utilização estavam presentes em todos os documentos verificados.

Fabricantes de equipamentos de DOC especificam que o móvel usado com esses equipamentos deve ser absolutamente livre de metal assim, o ambiente deve ser visualmente avaliado para assegurar que a radiação emitida da DOC não cause nenhuma interferência em outros equipamentos e que objetos metálicos na área não causem a concentração da radiação (SHIELDS *et al.*, 2003). Entretanto, nenhum dos 12 ambientes inspecionados foi considerado totalmente adequado para a aplicação da terapia por ondas curtas, seja pela presença e utilização de outros equipamentos de eletrotermofototerapia dentro de 300 cm do equipamento de DOC, que podem ser influenciados pela radiação emitida da DOC, seja pela presença de objetos de metal (dobradiças, macas, mesas de suporte, janelas) que favorecem a concentração da radiação. Objetos de metal na área de tratamento podem causar um aumento localizado na radiação de RF, distorção do campo de RF e um aumento no risco de queimaduras por RF. Radiação de RF emitida pode interferir com outros equipamentos de

eletroterapia em um raio de 3 a 5 m (CSP, 1994).

Ainda com relação aos ambientes salienta-se que somente os documentos de uma marca de equipamento de terapia por ondas curtas recomendavam a utilização de Gaiola de Faraday que tem o intuito de evitar que a radiação externa interfira nos equipamentos em utilização. Além disso, somente um dos locais verificados apresentava uma Gaiola de Faraday, porém com falhas nas instalações elétricas. Sinais de advertência quanto ao uso de telefonia celular estavam presentes somente em um local e mesmo assim os pacientes entravam na clínica com seus aparelhos ligados, guardando seus pertences em um suporte de madeira localizado a 300 cm do equipamento de DOC.

Com relação aos testes de segurança elétrica observou-se que existem falhas nas instalações elétricas (inversão entre os condutores fase e neutro e ausência de condutor de aterramento) o que pode predispor o paciente a choques elétricos e/ou danificar o equipamento. Entretanto, os valores medidos para corrente de fuga estavam dentro dos limites de normalidade especificados. No estudo realizado por SHIELDS *et al.* (2003) todos os testes para segurança elétrica estavam dentro do limite de normalidade.

## 6.5 INTENSIDADE DE CAMPO ELÉTRICO

No que diz respeito à verificação da intensidade de campo elétrico emitido por equipamentos de DOC notou-se que os maiores campos (acima dos limites ocupacionais – 61 V/m) concentram-se próximos aos equipamentos de diatermia, local no qual o fisioterapeuta está mais exposto aos efeitos da radiação eletromagnética.

Para os dados obtidos e apresentados nas figuras e tabelas foi efetuado um ajuste exponencial aos valores e calculada a correlação entre os dados e a curva, mostrando alta correlação ( $R^2$  próximo de 1). As curvas de ajuste apresentadas representam uma exponencial simples significando que o que estava sendo medido era realmente o campo elétrico emitido pelo equipamento de DOC. Isto só não ocorreu em algumas mensurações (vide Figura 25) onde o ambiente externo deve ter influenciado as medições. Uma outra razão para as alterações encontradas, por exemplo, na Figura 25, pode ser devido a problemas no potenciômetro de ajuste do nível de radiação de saída do equipamento.

O campo elétrico é reduzido significativamente com o afastamento do sensor de teste do equipamento de DOC, sendo que a 2 e a 3 metros de distância dos equipamentos de DOC, o campo elétrico apresentou-se próximo de zero em todas as mensurações. SHIELDS,

O'HARE e GORMLEY (2004) concluíram em seu trabalho que os fisioterapeutas deveriam permanecer 2 m de distância dos equipamentos de DOC que operam no modo contínuo com eletrodos do tipo capacitivo, a 1,5 m dos que operam no modo pulsado e a 1 m dos que operam tanto no modo contínuo quanto no pulsado com eletrodos do tipo indutivo.

O equipamento 2 foi o que mostrou maior instabilidade funcional predispondo tanto paciente quanto terapeuta a campos excessivos. A irregularidade nos valores de campo elétrico conforme já discutido acima, pode ser decorrente da utilização de outros equipamentos de eletrotermofototerapia (DOC e eletroestimulação transcutânea) nas salas ao lado da realização do ensaio.

O equipamento 5 foi o que gerou intensidades de campo elétrico mais altas principalmente em regiões próximas ao equipamento de DOC (próximo aos cabos), quando o campo foi mensurado na região frontal do equipamento de DOC, possivelmente pelo fato de que seu suporte é de metal favorecendo a concentração do campo elétrico e pelo seu *layout* diferenciado dos demais equipamentos, onde a saída dos eletrodos é voltada diretamente para o fisioterapeuta juntamente com posicionamento do painel de controle do equipamento. Com o sensor de teste posicionado na lateral desse equipamento (Figura 26 e Tabela 18) quando comparado à medição com o sensor na posição frontal (Tabela 9 e Tabela 15), houve uma redução do campo elétrico da ordem de quatro vezes, mostrando a forte interferência dos cabos na intensidade do campo medido. O mesmo comportamento foi observado com o equipamento 2 ao se posicionar o sensor de teste na saída dos eletrodos (próximo aos cabos). Segundo GRANDOLFO e SPINELLI (2002) campos de alta intensidade são produzidos próximos aos cabos.

Cabe ressaltar que a utilização de equipamentos de telefonia celular em áreas próximas aos equipamentos de DOC pode interferir na emissão da radiação e favorecer o aumento dessa e dos riscos para pacientes e fisioterapeutas.

## 6.4 CONCLUSÕES

Com base na revisão de literatura elaborada constatou-se que o equipamento de DOC é um equipamento que se utilizado de forma incorreta pode aumentar os riscos de efeitos adversos para o paciente e para o operador e o tratamento tornar-se menos eficaz.

Apesar da existência de normas que especificam parâmetros de controle e funcionamento para a prática adequada com terapia por ondas curtas bem como com

equipamentos eletromédicos de forma geral observou-se através da literatura consultada e da pesquisa diagnóstica realizada que as mesmas nem sempre são seguidas. Isto é observado pela pouca disponibilidade de protocolos de controle e pela ausência de uma especificidade no tratamento e controle dos locais de aplicação da terapia por ondas curtas, o que predispõe ao aumento do risco tanto para o usuário quanto para o paciente. Conclui-se que não existe uma padronização no que diz respeito ao que é efetuado na prática clínica tanto para cuidados e utilização de equipamentos de DOC quanto para o controle e manutenção de tais equipamentos.

Conclui-se também que é necessário mais informação e conhecimento por parte dos fisioterapeutas que utilizam esta terapia no que diz respeito à verificação e controle de seus equipamentos para assegurar correto funcionamento e não fornecer riscos para o tratamento do paciente. Ainda, por parte dos fabricantes, há a necessidade de especificarem as informações solicitadas pelas normas nos documentos do equipamento e as devidas marcações no próprio. Isso auxilia sobremaneira o processo de manutenção preventiva. Além disso, devem seguir rigorosamente as especificações das normas com relação à segurança.

Quanto ao item segurança elétrica cabe aos fisioterapeutas confiarem suas instalações elétricas a profissionais qualificados para que problemas não ocorram e riscos envolvendo o equipamento e a instalação não sejam criados, evitando assim danos para o paciente e para o operador. Já os fabricantes devem se preocupar mais com o projeto e a construção de seus equipamentos, cujos requisitos de segurança elétrica são definidos em normas, de tal forma que esses requisitos sejam rigorosamente respeitados sob pena de não haver a proteção elétrica esperada quando da utilização desses equipamentos.

Quanto ao item medição de campo elétrico conclui-se que a intensidade, para todos os equipamentos avaliados atuando no modo contínuo, é maior quando mensurada próxima ao equipamento de DOC, sendo esse também o local onde os valores para o campo elétrico mais excederam os limites ocupacionais especificados (61 V/m).

Comparando-se os modos de aplicação contínuo e pulsado conclui-se que no modo de aplicação pulsado os equipamentos avaliados não apresentaram campos elétricos excessivos para o fisioterapeuta, proporcionando, assim, uma prática segura para os mesmos. Por outro lado, os valores de campo elétrico para o equipamento de DOC operando no modo pulsado excederam em algumas medições (a 15 cm) os níveis de exposição para o público geral (28 V/m).

Assim, o risco de exposição adicional (ocupacional e do público geral) às radiações eletromagnéticas provenientes do equipamento de DOC acima dos limites recomendados de

fato existe. Com a análise dos resultados obtidos, conclui-se que para maior segurança do fisioterapeuta, este deve permanecer à maiores distâncias dos equipamentos de DOC já que com o aumento delas ocorre diminuição da intensidade do campo elétrico.

Outra questão diz respeito à forma de utilização dos equipamentos de DOC, os quais podem ser utilizados de forma diferente na prática. Alguns fisioterapeutas costumam permanecer durante todo o período de tratamento próximos ao equipamento, enquanto outros não. Assim, cabe aos profissionais controlarem os seus tempos de permanência junto aos equipamentos de DOC, de forma a sofrerem a menor exposição possível à radiação. Se o tempo de permanência não puder ser diminuído, o fisioterapeuta deve ao menos se manter a distâncias maiores dos equipamentos, para que a exposição seja menor. Nas instituições educacionais as precauções com relação ao discente e ao paciente devem ser as mesmas, acrescentadas de informações completas sobre os riscos e cuidados a serem tomados com a aplicação da DOC.

Para cuidados com o paciente, acrescenta-se o controle do tempo e da intensidade da terapia, a preocupação com o tipo de roupa utilizada, a presença de objetos de metal interna e externamente ao paciente, bem como a utilização de aparelhos celulares, auditivos e dispositivos elétricos implantados. Ainda, deve-se cuidar do posicionamento do equipamento evitando que os cabos fiquem em contato com partes metálicas e que móveis adequados sejam utilizados. Além disso, não se deve deixar a saída dos eletrodos voltada diretamente para o paciente pois sabe-se que nessa posição, a intensidade do campo elétrico é maior excedendo tanto limites ocupacionais como do público em geral.

Finalmente, considerando que o equipamento de terapia por ondas curtas é uma forma de eletroterapia que pode trazer riscos para paciente e operador quando utilizado incorretamente, utilizado com outros equipamentos e estiver com o desempenho comprometido, é indispensável a implementação de programas de controle e manutenção como o desenvolvido neste trabalho.

## 6.5 TRABALHOS FUTUROS

Para continuidade do trabalho sugere-se a ampliação e aplicação do programa desenvolvido em mais clínicas utilizando-se um número maior de equipamentos de DOC de diferentes marcas e modelos a fim de verificar a situação de utilização e funcionamento dos mesmos.

Especificamente para o item de radiação eletromagnética sugere-se a realização de testes de compatibilidade eletromagnética e a determinação da taxa de absorção específica para cada uma das intensidades de campo elétrico e potência. Além disso, seria interessante uma investigação dos efeitos da exposição prolongada em seres vivos (fisioterapeutas que utilizam a DOC e/ou animais).





## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE DOC

### INFORMAÇÕES GERAIS

- Nome da Clínica: \_\_\_\_\_
- Possui equipamento(s) de DOC? ( ) SIM ( ) NÃO Quantos? \_\_\_\_\_
- Fabricante: \_\_\_\_\_
- N° série: \_\_\_\_\_
- Modelo: \_\_\_\_\_
- Emissão: ( ) contínuo ( ) pulsado
- Data da compra do equipamento: \_\_\_\_\_
- Possui manual de operação do equipamento? ( ) SIM ( ) NÃO
- Possui manual técnico do equipamento? ( ) SIM ( ) NÃO
- Utiliza ou já utilizou o(s) manual(is)? ( ) SIM ( ) NÃO  
Se SIM com qual objetivo? \_\_\_\_\_
- Frequência de uso do equipamento: \_\_\_\_\_
- Localização do (s) equipamento na clínica: \_\_\_\_\_
- Existem outros equipamentos próximos? ( ) SIM ( ) NÃO  
Se SIM quais e onde ficam? \_\_\_\_\_
- As tomadas possuem o 3° condutor? Este está efetivamente conectado ao terra?  
( ) SIM ( ) NÃO ( ) NÃO SEI
- O(s) equipamento(s) é(são) enviado(s) para manutenção? Com que frequência?  
( ) SIM ( ) NÃO \_\_\_\_\_
- Qual foi a última vez que foi para manutenção? Qual o motivo? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- O(s) equipamento(s) está(ao) apresentando algum problema? ( ) SIM ( ) NÃO  
Se sim qual? \_\_\_\_\_
- Como sabe que o equipamento está em boas condições? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- Já teve algum problema com aplicações? Por exemplo, queimaduras, choques, superaquecimento. ( ) SIM ( ) NÃO \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- Conhece as normas da ABNT para terapia com DOC? ( ) SIM ( ) NÃO

**INSTRUÇÕES DE UTILIZAÇÃO**

- Na utilização os cabos são cruzados?  SIM  NÃO
  - Os cabos permanecem em contato com o paciente?  SIM  NÃO
  - Os cabos ficam sobre partes metálicas?  SIM  NÃO
  - As macas utilizadas são de madeira ou metal?  SIM  NÃO
  - São utilizadas extensões?  SIM  NÃO
  - O equipamento superaquece com frequência?  SIM  NÃO
  - Os eletrodos possuem o mesmo tamanho?  SIM  NÃO
  - É utilizado temporizador para controlar a terapia?  SIM  NÃO
  - Utilizam-se aparelhos celulares próximos?  SIM  NÃO
  - Qual a técnica mais utilizada para aplicação da DOC?
- 
- Pacientes com dispositivos elétricos implantados são submetidos ao tratamento com DOC?  SIM  NÃO
  - Outros equipamentos são conectados ao paciente ao mesmo tempo?  
 SIM  NÃO
  - Pacientes com sensibilidade térmica alterada utilizam o aparelho?  
 SIM  NÃO
  - A terapia é aplicada sobre roupa?  SIM  NÃO
  - Pacientes com implantes metálicos utilizam o equipamento?  SIM  NÃO
  - Pacientes que utilizam aparelhos auditivos retiram os mesmos para a aplicação da DOC?  
 SIM  NÃO
  - Quando o paciente relata estar muito quente o que é feito?
-



**APÊNDICE C - DOCUMENTOS ACOMPANHANTES**

- Fornece frequência de alimentação? ( ) SIM ( ) NÃO
- Fornece a frequência de operação em MHz? ( ) SIM ( ) NÃO
- Fornece potência de entrada? ( ) SIM ( ) NÃO
- Fornece a potência de saída da rede? ( ) SIM ( ) NÃO
- Fornece potência de saída declarada e resistência de carga para a qual esta potência está disponível? ( ) SIM ( ) NÃO
- Fornece classificação do equipamento? ( ) SIM ( ) NÃO
- Fornece declarações de advertência? ( ) SIM ( ) NÃO
- Determina o modo de operação (contínuo e pulsado)? ( ) SIM ( ) NÃO
- Fornece instruções para utilização? ( ) SIM ( ) NÃO
- Fornece descrição técnica? ( ) SIM ( ) NÃO
- Apresenta indicações e contra-indicações? ( ) SIM ( ) NÃO
- Descreve todo o equipamento? ( ) SIM ( ) NÃO
- Orienta quanto à utilização de tomada com 3 condutores? ( ) SIM ( ) NÃO
- Descreve cuidados a serem tomados? ( ) SIM ( ) NÃO
- Fornece uma referência de endereço ao qual o usuário possa reportar-se?  
( ) SIM ( ) NÃO

**APÊNDICE D – ITENS INSPECIONADOS NOS AMBIENTES**

Tipo de maca \_\_\_\_\_

Tipo de suporte \_\_\_\_\_

Presença de objetos de metal (cadeiras, escadas, janelas...) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Presença de outros equipamentos de eletrotermofototerapia \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Inspeção das tomadas \_\_\_\_\_

Inspeção dos plugues dos equipamentos \_\_\_\_\_

**APÊNDICE E - TESTES DE SEGURANÇA ELÉTRICA**

<b>PARÂMETROS</b>	<b>EQUIPAMENTO 1</b>	<b>EQUIPAMENTO 2</b>
Fase-neutro		
Fase-terra		
Neutro-terra		
Corrente de consumo (A)		
Polarização normal com terra – aparelho desligado		
Polarização normal sem terra – aparelho desligado		
Polarização reversa sem terra – aparelho desligado		
Polarização normal com terra – aparelho ligado		
Polarização normal sem terra – aparelho ligado		
Polarização reversa sem terra – aparelho ligado		

## REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Telecomunicações. ANATEL. **Diretrizes para limitação da exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos variáveis no tempo (até 300 GHz)**. Brasília, 1999.
- ANDREWS, J.R.; HARRELSON, G.L.; WILK, K.E. **Reabilitação física das lesões desportivas**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- ARAÚJO, M. C. Certificação de Equipamentos Eletromédicos no Brasil. **Memórias II Congresso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica**, Habana, 2001, Mayo.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 601-1 - Equipamento Eletromédico – Parte 1: Prescrições Gerais para Segurança**. Rio de Janeiro, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 601-2-3 - Equipamento Eletromédico – Parte 2: Prescrições Particulares para a Segurança de Equipamento de Terapia por Ondas Curtas**. Rio de Janeiro, 1997.
- BRANDT, A. C. **Programa de Verificação e Controle de Equipamentos de Ultra-Som Terapêutico**. Dissertação de mestrado, CEFET-PR. Curitiba PR, 2003.
- BRONZINO, J.D. **Management of Medical Technology – a Primer for Clinical Engineers**. Boston: Butterworth-Heinemann, 1992.
- CABRAL, S.C.B.; MÜHLEN, S.S. Interferência eletromagnética em equipamentos eletromédicos ocasionada por telefone celular. **Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica**. 2000. Disponível em CD-Rom.
- CABRAL, S.C.B.; MÜHLEN, S.S. Estudo da interferência eletromagnética em uma UTI pediátrica. **Anais do III Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica**. João Pessoa. 5(1): 221-224, 2004. Disponível em, CD-Rom.



- CALIL, S.J.; TEIXEIRA, M.S. **Gerenciamento de Manutenção de Equipamentos Hospitalares - Série Saúde & Cidadania**. vol .11. São Paulo: Fundação Peirópolis, 1998.
- CARVALHO, J.N. Poluição eletromagnética. Revista de direitos difusos. São Paulo: Esplanada, 2000.
- COFFITO (Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional). Equipamentos de fisioterapia: ordem no caos. **O COFFITO**. 2001.
- COFFITO (Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional). **A fisioterapia**. Disponível em: <http://www.fisioterapia.com.br/fisioterapia.asp>. Acessado em 26/09/2005.
- CSP (Chartered Society of Physiotherapy). Guidelines for the safe use of pulsed shortwave therapy equipment. **Physiotherapy**, 80: 233-35, 1994.
- CSP (Chartered Society of Physiotherapy). **Safe Practice with Electrotherapy (Short Wave Therapy)**, 1997. Disponível em: <http://www.csp.org.uk>. Acessado em: 04/12/2003.
- CSP (Chartered Society of Physiotherapy): **Important safety information regarding diathermy therapy in patients with implanted leads and implanted systems with leads**, 2001. Disponível em: <http://www.csp.org.uk>. Acessado em: 04/08/2005.
- DRAPER, D.O.; KNIGHT, K.; FUJIWARA, T.; CASTEL, J.C. Temperature change in human muscle during and after pulsed short-wave diathermy. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**. 29(1): 13-22, 1999.
- ECRI. Healthcare Product Comparison System (HPCS). **Diathermy Units, Microwave; Shortwave**. Apr 2002.
- FALCÃO, M.M. **Certificação de equipamentos eletromédicos: ensaios técnicos e implantação de laboratório**. Dissertação de mestrado, CEFET-PR 1997.

GAUCH, P.R.A.; HALPERIN, C.; GALVÃO, S.S. **Orientações a Respeito das Interferências sobre Marcapassos Cardíacos**. Arquivos Brasileiros de Cardiologia. 68(2), 1997.

GRANDOLFO, M.; SPINELLI, M.C. **Occupational exposure to shortwave and microwave electromagnetic fields during diathermy treatments**. 2<sup>nd</sup> International Workshop on Biological Effects of Electromagnetic Fields. 202 – 209, 2002.

GRUBER, C.R.; GEWEHR, P.M. Avaliação de equipamentos de terapia por ondas curtas baseada em normas brasileiras. **Anais do IV Congresso Latino Americano de Metrologia. Foz do Iguaçu**. 2004. Disponível em CD-Rom.

HECS – HEALTHY ENVIRONMENTS AND CONSUMER SAFETY: **Guidelines for limiting radiofrequency exposure – short wave diathermy – safety code 25**. Disponível em: <http://www.hc-sc.gc.ca/hecs-sesc/ccrpb/publication/83ehd98/chapter7.htm>. Acessado em 13/01/2004.

HILL, J.; LEWIS, M.; MILLIS, P.; KIEITY, C. Pulsed short-wave diathermy effects on human fibroblast proliferation. **Arch. Phys. Med. Rehabil.** 83: 832-836, 2002.

HRNJAK, M.; ZIVKOVIC, D. **Occupational exposure to radiofrequency radiation when using shortwave diathermy in physical therapy**. 2<sup>nd</sup> International Workshop on Biological Effects of Electromagnetic Fields. 532 – 535, 2002.

ICNIRP- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). **Health Physics.** 74(4): 494 – 522, 1998.

INTERNATIONAL ELETROTECHNICAL COMMISSION. **CISPR 11 – Industrial, scientific and material (ISM) radio-frequency equipment – Electromagnetic disturbance characteristics – Limits and methods of measurement**. Geneva, 1999.

ISP- Instituto São Paulo. Disponível em <http://www.institutosaopaulo.com.br>. Acessado em 20/10/2004.

JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, José. **Histologia Básica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995.

KAHN, J. **Principles and practice of electrotherapy**. 3<sup>rd</sup>. New York: Churchill Livingstone, 1994.

KLD Biosistemas. **Calibração**. Disponível em: [www.kld.com.br](http://www.kld.com.br). Acessado em: 08/07/04.

KOTTKE, F.J.; LEHMANN, J.F. **Tratado de medicina física e reabilitação de Krusen**. São Paulo: Manole, 1994.

LOW, J.; REED, A. **Eletroterapia Explicada – Princípios e Prática**. 3 ed. São Paulo: Manole, 2001.

MA, Y.; LI, J.; LIU, Y. Short wave diathermy for small spontaneous pneumothorax. **Thorax**. 52(6): 561-562, 1997.

MALUCELLI, A.; CETENARESKI, J.A.; SVEGNANI, P.O. **Gestão Tecnológica de Equipamentos Biomédicos**. Disponível em: [www.avesta.com.br/anais/dados/trabalhos/233.pdf](http://www.avesta.com.br/anais/dados/trabalhos/233.pdf). Acessado em 13/02/04.

MICHLOVITZ, S. **Thermal Agents in Rehabilitation**. 3 ed. Philadelphia: Davis Company, 1998.

MS (Ministério da Saúde) – Secretaria de Gestão de Investimentos em Saúde – Projeto **Equipamentos médico-hospitalares e o gerenciamento da manutenção**, REFORSUS, Brasília – DF – 2002; Coordenação: Prof<sup>o</sup> Dr. Saide Jorge Calil, MsC Eduardo Teixeira Gomide.

MOFFETT, K.J.; Richardson P.H.; Frost, H.; OSBORN, A. A placebo controlled double blind trial to evaluate the effectiveness of pulsed short wave therapy for osteoarthritic hip and knee pain. **Pain**. 67: 121-127, 1996.

MORAIS, V.C.; MÜHLEN, S.S. Metodologia de priorização de equipamentos médico

- hospitalares em programas de manutenção preventiva. **Anais do III Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica**. João Pessoa. 5(1): 365-368, 2004. Disponível em CD-Rom.
- MÜHLEN S. S. Certificação de qualidade em equipamentos médico-hospitalares no Brasil. **Memórias II Congresso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica**, Habana, 2001.
- OKUNO, E.; CALDAS, I.; CHOW, C. **Física para ciencias biológicas e biomédicas**. São Paulo: Harbra, 1982.
- OLIVEIRA, C.L.C. Avaliação do Risco de Produtos Médicos. **Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica**. 2000. Disponível em CD-Rom.
- OLIVEIRA, E.J.V.; BRITO, L. C.; BUTTON V. L. S. N. Análise da certificação de equipamentos eletromédicos no Brasil. **Anais do III Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica**. João Pessoa. 5(1): 991-994, 2004. Disponível em CD-Rom.
- PYE, S. D.; MILFORD, C. The Performance of Ultrasound Physiotherapy Machines in Lothian Region, Scotland, 1992. **Ultrasound in Medicine & Biology**. United States. 20(4): 347-359, 1994.
- ROBERTSON, V.J. **Guidelines for the clinical use of electrophysical agents**. Australia: Australian Physiotherapy Association, 2001
- RODRIGUES, E.M.; GUIMARÃES C. S. **Manual de recursos fisioterapêuticos**. Rio de Janeiro: Revinter, 1998.
- SCOTT, S. Diatermia por ondas curtas. In: KITCHEN, S.; BAZIN S. **Eletroterapia de Clayton**. 10 ed. São Paulo: Manole, 1998.
- SHIELDS, N.; O'HARE, N.; BOYLE, G.; GORMLEY, J. Development and application of a quality control procedure for short-wave diathermy units. **Med. Biol. Eng. Comput.** 41: 62-68, 2003.
- SHIELDS, N.; O'HARE, N.; GORMLEY, J. An evaluation of safety guidelines to restrict

exposure to stray radiofrequency radiation from short-wave diathermy units. **Physics in Medicine & Biology**. 49(13): 2999-3015, 2004.

STARKEY, C. **Recursos Terapêuticos em Fisioterapia**. 1ed São Paulo: Manole, 2001.

VIEIRA, J.B.M. **Setor de Manutenção de Equipamentos Eletromédicos: Avaliação e Implementação**. Dissertação de Mestrado. CPGEI/CEFET-PR, 1998.

WEBSTER, J.G.; COOK, A.M. **Clinical Engineering: Principles and Practices**. New Jersey: Prentice-hall, 1979.

WEBSTER, J.G. **Medical Instrumentation – Application and design**. 2<sup>nd</sup> ed. New York: John Wiley & Sons, 1992.

WEBSTER, J.G. **Medical Instrumentation – Application and design**. 3<sup>rd</sup> ed. New York: John Wiley & Sons, 1998.

ZEVZIKOVAS, M. **Efeitos da interferência eletromagnética conduzida em equipamentos eletromédicos no ambiente hospitalar**. Dissertação de mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. Campinas SP, 2004.

## RESUMO

A presente pesquisa apresenta o desenvolvimento e aplicação de um programa de verificação para equipamentos de diatermia por ondas curtas (DOC) que incluiu uma pesquisa diagnóstica apresentando dados relativos aos equipamentos, condições de uso, inspeção visual e análise dos documentos acompanhantes tendo como referência os requisitos descritos nas normas brasileiras NBR IEC 601-1 (geral) e NBR IEC 601-2-3 (específica), além da realização de testes de segurança elétrica efetuados nos equipamentos e nas instalações onde os mesmos são utilizados. O programa envolveu ainda a realização de testes para verificação da intensidade do campo elétrico emitido pelos equipamentos de DOC. Os resultados em geral mostraram que os fabricantes não seguem as normas para as especificações tanto do equipamento quanto do ambiente e dos documentos acompanhantes, e que há falta de conhecimento das normas por parte dos fisioterapeutas. Os testes de segurança elétrica envolvendo correntes de fuga dos equipamentos obtiveram valores dentro dos limites especificados pelas normas, porém algumas instalações elétricas apresentaram falhas. Com relação à intensidade do campo elétrico emitido, observou-se maior valor (muitas vezes acima do limite especificado de 61 V/m) em locais próximos aos equipamentos de diatermia em todas as mensurações. Conclui-se que deve haver maior conscientização por parte dos fabricantes e dos profissionais em relação aos requisitos das normas incluindo a segurança elétrica e a exposição a campos eletromagnéticos, com o intuito de não se fornecer riscos para o paciente e para o fisioterapeuta.

### PALAVRAS CHAVE

Terapia por ondas curtas, fisioterapia, avaliação de equipamentos, segurança elétrica, campo elétrico.

### ÁREA / SUB-ÁREA DE CONHECIMENTO

3.13.00.00-6 / Engenharia Biomédica

4.08.00.00-8 / Fisioterapia e Terapia Ocupacional

2005

Nº: 376