UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Faculdade de Saúde Pública

Tese de Doutorado

**EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL ÀS RADIAÇÕES ELETRO-
MAGNÉTICAS NÃO-IONIZANTES DE FISIOTERAPEUTAS
QUE OPERAM EQUIPAMENTOS DE DIATERMIA DE
ONDAS CURTAS EM PRESIDENTE PRUDENTE-SP**

IRACIMARA DE ANCHIETA MESSIAS

São Paulo

2003

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Faculdade de Saúde Pública

**EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL ÀS RADIAÇÕES ELETRO-
MAGNÉTICAS NÃO-IONIZANTES DE FISIOTERAPEUTAS
QUE OPERAM EQUIPAMENTOS DE DIATERMIA DE
ONDAS CURTAS EM PRESIDENTE PRUDENTE-SP**

IRACIMARA DE ANCHIETA MESSIAS

Tese de Doutorado apresentada ao Departamento
de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde
Pública da Universidade de São Paulo para
obtenção do grau de Doutor em Saúde Pública.

Área de Concentração:
Saúde Ambiental

ORIENTADOR: Prof. Dr. Sérgio Colacioppo

CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. Emico Okuno

São Paulo

2003

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, por processos fotocopiadores.

Assinatura:

Data:

44365 / 2003 doc

*Aos meus pais, J.M. Anchieta e Iraci S.
Anchieta, que acreditaram antes mesmo
de acontecer.*

*Ao Marcelo, presente de Deus para o
compartilhamento das bênçãos e mazelas da
vida.*

À Sofia.

VENCEDOR DESTA BATALHA

*Quem vence esta batalha,
Quem nela se laureia
E daqui consegue sair herói,
Possivelmente,
Já venceu por antecipação,
- Tantos foram os percalços a transpor -,
A própria guerra da Vida!*

*J.M.Anchieta,
em A Batalha de Mogi,
MAGEART, São Paulo, 1995.*

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Aos meus orientadores, Professor Sérgio Colacioppo e Professora Emico Okuno. Sou grata ao destino, que de forma sutil e inesperada me ofertou Mestres que foram fundamentais no aprendizado obtido nesta escalada. O apreço que tenho a vocês, queridos Mestres, e a gratidão por tanto apoio e zelo a mim dispensados sem dúvida alguma serão levados vida afora e com certeza servirão de exemplo nos momentos em que talvez eu esteja na posição de mestre de alguém. A vocês, meu muito obrigado!

Ao Marcelo pela participação e ajuda nas correções e elaboração deste trabalho, e por cuidar da Sofia na minha ausência.

*... “Tudo posso naquEle que me fortalece.” (Filipenses 4:13),
a Deus, que fortaleceu alma e corpo nesta trajetória.*

AGRADECIMENTOS

Quando se conclui um trabalho que levou alguns anos para ser realizado, temos uma grande lista para agradecer, pois foram muitos, que de alguma forma contribuíram.

Agradeço a IBRAMED pelo empréstimo do equipamento de diatermia de ondas curtas, que possibilitou a realização do estudo piloto.

Agradeço ao CREFITO – 3, pelo apoio e acesso a sua base de dados.

Agradeço a Profa. Raquel Casarotto, do Ambulatório de Fisioterapia da USP, que permitiu a realização de medidas de campos elétrico e magnético nos equipamentos de diatermia do Ambulatório.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Dosimetria do Instituto de Física da USP, Professoras Beth e Ana Regina, Martha, Carla, Renatinha, Almy, Marcelo Freitas, Chiquinho, Bob, Gabriel, Eduardo, Salete, Serjô, e a Nancy que se tornou amiga para desabafos não só no Laboratório, mas também de Saúde Pública. Foi muito gratificante o convívio, o carinho e o apoio recebido, a participação como voluntários do estudo piloto e os agradáveis bate-papos nos fins de tarde. Enfim, vocês com certeza fizeram a diferença na minha formação como “doutora”, pois pude saborear e aprender como pode ser agradável e saudável o trabalho sério num laboratório de pesquisa.

Agradeço as secretárias da CPG – Comissão de Pós-graduação, Ângela, Marilene e Sílvia, e do Serviço de Aprimoramento, Cidinha, Renilda e Márcia, da Faculdade de Saúde Pública da USP, pela disposição em ajudar em tudo quanto foi possível.

Aos meus pais que tanto torceram e se entusiasmaram comigo nesta empreitada, sem a força dos quais seria impossível chegar até aqui.

A minha sogra, Da. Ernesta, que ajudou no cuidado da Sofia na minha ausência. Ao meu sogro, Seu Francisco, que não está mais aqui junto de nós para ver esse trabalho concluído, mas em seus últimos minutos de vida, esteve comigo ajudando no transporte meu e dos equipamentos no trabalho de campo.

Aos amigos que me hospedaram nas idas a São Paulo.

Aos professores da Saúde Coletiva da UNOESTE, Jaime, Marinês e Loris, por me substituírem na ausência, quando foi preciso.

A CAPES pelo apoio financeiro, através da bolsa de doutorado, sem o qual teria sido impossível a realização deste trabalho.

A Professora Mirian da UNESP de Presidente Prudente pelas discussões relativas à análise estatística dos dados.

Aos fisioterapeutas das clínicas de fisioterapia de Presidente Prudente-SP, por compreenderem o caráter científico deste trabalho e terem aceitado participar do mesmo, cooperando de forma significativa do desenvolvimento das medidas.

RESUMO

Messias, IA. **EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL ÀS RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS NÃO-IONIZANTES DE FISIOTERAPEUTAS QUE OPERAM EQUIPAMENTOS DE DIATERMIA DE ONDAS CURTAS EM PRESIDENTE PRUDENTE-SP.** São Paulo; 2003. [Tese de Doutorado – Faculdade de Saúde Pública da USP].

Objetivo. Avaliar a exposição ocupacional às radiações eletromagnéticas não-ionizantes dos fisioterapeutas da cidade de Presidente Prudente que operam equipamentos de Diatermia de Ondas Curtas - DOC, através da medida da intensidade dos campos elétrico e magnético provenientes de tais equipamentos, no seu ambiente de trabalho. **Metodologia.** Foram analisados 17 equipamentos de DOC, sendo este o total de equipamentos em funcionamento na cidade, no período de realização do trabalho. Utilizou-se o equipamento EMR-200 da Wandel & Goltermann para medida dos campos elétrico e magnético em 6 pontos de medida previamente selecionados na sala de tratamento com DOC, que foram: próximo da cabeça e da região pélvica do operador; próximo da cabeça e da região pélvica do paciente; próximo dos cabos que ligam o equipamento aos eletrodos e próximo aos eletrodos de aplicação. Foi realizada também uma análise do decaimento da intensidade dos campos em função da distância ao painel de controle do equipamento de DOC. Os resultados obtidos foram comparados com os limites de exposição ocupacional recomendados pela ICNIRP – Comissão Internacional de Proteção a Radiação Não-Ionizante. **Resultados.** Os locais que apresentam maior intensidade dos campos elétrico (E) e magnético (H) são próximos dos cabos condutores e dos eletrodos de aplicação, sendo que nestes pontos todos os equipamentos produziram campos E e H acima dos limites de exposição ocupacional sugeridos pela ICNIRP, e a maioria dos equipamentos ultrapassou em muito estes limites. Os campos decaem exponencialmente em função da distância da fonte de radiação. Fora das salas de tratamento com DOC não existem campos acima dos limites, em nenhum dos locais pesquisados. Com base nos resultados obtidos foram calculados tempos máximos de permanência dos fisioterapeutas em alguns pontos dentro da sala de tratamento. **Conclusões.** O risco de exposição ocupacional às radiações eletromagnéticas

provenientes do equipamento de DOC, acima dos limites recomendados, de fato existe. Este risco pode e deve ser evitado pelos fisioterapeutas, através do controle do tempo e dos locais de permanência durante a sessão de tratamento.

Descritores: Exposição ocupacional. Radiação eletromagnética não-ionizante. Fisioterapia. Diatermia de ondas curtas. Eletroterapia.

SUMMARY

Messias IA. **EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL ÀS RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS NÃO-IONIZANTES DE FISIOTERAPEUTAS QUE OPERAM EQUIPAMENTOS DE DIATERMIA DE ONDAS CURTAS EM PRESIDENTE PRUDENTE-SP.** [Occupational Exposure To Non—Ionizing Electromagnetic Radiation Of Physiotherapists Operating Shortwave Diathermy Equipment In Presidente Prudente-SP]. São Paulo (BR); 2003. [Tese de Doutorado – Faculdade de Saúde Pública da USP].

Purpose. To assess the occupational exposure to non-ionizing electromagnetic radiation of physiotherapists operating Shortwave Diathermy equipment – SWD – in the city of Presidente Prudente, by measuring the electric and magnetic field intensities from such equipments in their work place. **Methodology.** Seventeen SWD machines – the total number of SWD machines operating in town – have been analyzed in this work. A Wandel & Goltermann EMR-200 equipment was used to measure the electric and magnetic fields in six points, previously selected, in the treatment room with the SWD equipment. The points were: near the operator's head and pelvic region, near the patient's head and pelvic region, near the cables connecting the equipment to the electrodes and near the application electrodes. An analysis of the decay of both fields with distance from the SWD equipment control panel was also performed. The results obtained were compared to the occupational exposure limits recommended by the ICNIRP (International Committee on Non-Ionizing Radiation Protection). **Results.** Near the conducting cables and application electrodes were found the highest intensity of electric (E) and magnetic (H) fields. In such places all the machines produced E and H fields above the occupational exposure limits recommended by ICNIRP and for most of the machines the values found exceeded quite a lot these limits. The intensity of E and H fields decays exponentially with distance from the radiation source. Outside the treatment room, the detected fields were always much below the recommended limits. Based on the obtained results, the maximum period of time that physiotherapists may stay in some

places inside the treatment room have been evaluated. **Conclusions.** The risk of occupational exposure to electromagnetic radiation from SWD equipment above the recommended limits, in fact, exists. Such risk can and must be avoided by physiotherapists by controlling the time and places they remain during treatment session.

Descriptors: Occupational exposure. Non-ionizing electromagnetic radiation. Physiotherapy. Shortwave diathermy. Electrotherapy.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. As Radiações Não-Ionizantes (RNIs) e o Espectro Eletromagnético	4
1.2. Estudos Científicos Relacionados a Exposição às RNIs	7
1.3. Exposição Ocupacional às RNIs de Alta Frequência na Área da Saúde	10
1.4. O Equipamento de Diatermia de Ondas Curtas – DOC	14
1.4.1. A Produção de Calor nos Tecidos Através da Aplicação da DOC	15
1.4.2. Os Métodos Capacitivo e Indutivo de Aplicação da DOC	17
1.4.3. Absorção da Energia de Alta Frequência Produzida pela DOC	20
1.4.4. Modo Contínuo e Modo Pulsátil	21
1.4.5. Cuidados, Indicações e Contra-Indicações no uso da DOC	22
1.5. Equipamentos de DOC Existentes na Cidade de São Paulo	23
1.6. População Escolhida para o Trabalho de Campo	25
1.7. Limites de Exposição Ocupacional	26
2. OBJETIVOS	30
2.1. Objetivo Geral	30
2.2. Objetivos Específicos	30
3. METODOLOGIA	32
3.1. Tipo de Estudo	32
3.2. Local de Estudo	32
3.3. O Equipamento Usado nas Medidas dos Campos Elétrico e Magnético	34
3.4. Estudo Piloto e Desenvolvimento da Metodologia para Realização das	

Medidas dos Campos Elétrico e Magnético	37
3.4.1. Estudo Piloto	37
3.4.2. Metodologia Adotada na Realização das Medidas	40
3.5. Metodologia Adotada na Análise e Interpretação dos Resultados	47
3.5.1. Comparação com os Níveis de Referência ICNIRP	47
3.5.2. Análise Relativa à Limitação do Tempo de Exposição	49
3.5.3. Comparação com os Resultados Obtidos no Estudo Piloto	52
4. RESULTADOS	54
4.1. Sobre o Funcionamento dos Equipamentos de DOC Estudados	54
4.2. Quantidade de Tratamentos com o Equipamento de DOC	57
4.3. Estabelecimentos que Possuem Gaiola de Faraday	57
4.4. Resultados das Medidas do Campo Elétrico	58
4.4.1. Resultados do Campo Elétrico em Seis Pontos Diferentes Dentro da Sala de Tratamento com o Equipamento de DOC	59
4.5. Resultados das Medidas do Campo Magnético	64
4.5.1. Resultados do Campo Magnético em Seis Pontos Diferentes Dentro da Sala de Tratamento com o Equipamento de DOC	65
4.6. Medidas dos Campos em Função da Distância	71
4.6.1. Medidas do Campo Elétrico em Função da Distância ao Pannel de Controle do Equipamento de DOC	71
4.6.2 Medidas do Campo Magnético em Função da Distância ao Pannel de Controle do Equipamento de DOC	76
4.6.3 Análise dos Coeficientes de Atenuação	80
4.7. Medidas Realizadas Fora da Sala de Tratamento com o DOC	83

4.8. Análise dos Dados com Relação à Limitação do Tempo de Exposição	86
4.9. Estimativa da Exposição Ocupacional do Fisioterapeuta da Cidade de Presidente Prudente aos Campos Elétrico e Magnético Provenientes dos Equipamentos de Ondas Curtas	89
4.10. Discussão	90
5. CONCLUSÕES	95
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	97
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
ANEXOS	112

ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1.1	Espectro eletromagnético	5
Figura 1.2	Onda eletromagnética, constituída de campos elétrico e magnético oscilantes e perpendiculares entre si, que se propaga na direção x	6
Figura 1.3	Aplicação transversal	18
Figura 1.4	Aplicação longitudinal	18
Figura 1.5	Aplicação Coplanar	19
Figura 1.6	Área do corpo envolvida pela bobina	20
Figura 3.1.	Foto do equipamento EMR-200, da Wandel & Goltermann (medidor e sondas) utilizado para realização das medidas.	34
Figura 3.2	Pontos de medida próximos dos corpos da fisioterapeuta e do paciente	44
Figura 3.3	Pontos de medida próximos do equipamento de DOC	44
Figura 3.4	Medidas realizadas afastando-se a sonda do painel do equipamento de DOC, para estudo do decaimento dos campos com a distância	45
Tabela 3.1.	Limites de exposição ocupacional a campos elétrico, magnético e densidade de potência, recomendados pela ICNIRP	48
Figura 4.1.	Intensidade do campo elétrico no ponto 1, próximo a região pélvica do operador, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente	59
Figura 4.2	Intensidade do campo elétrico no ponto 2, próximo a cabeça do operador, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente	60
Figura 4.3	Intensidade do campo elétrico no ponto 3, próximo a	

	região pélvica do paciente, em 17 equipamentos de DOC na cidade de Presidente Prudente	61
Figura 4.4	Intensidade do campo elétrico no ponto 4, próximo a cabeça do paciente, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente	62
Figura 4.5	Intensidade do campo elétrico no ponto 5, próximo aos cabos condutores, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente	63
Figura 4.6	Intensidade do campo elétrico no ponto 6, próximo aos eletrodos, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente	64
Figura 4.7	Intensidade do campo magnético no ponto 1, próximo a região pélvica do operador, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente	65
Figura 4.8	Intensidade do campo magnético no ponto 2, próximo a cabeça do operador, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente	66
Figura 4.9	Intensidade do campo magnético no ponto 3, próximo a região pélvica do paciente, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente	67
Figura 4.10	Intensidade do campo magnético no ponto 4, próximo a cabeça do paciente, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente	68
Figura 4.11	Intensidade do campo magnético no ponto 5, próximo aos cabos condutores, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente	69
Figura 4.12	Intensidade do campo magnético no ponto 6, próximo aos eletrodos, em 17 equipamentos de DOC na cidade de Presidente Prudente	70

Figura 4.13	Intensidade do campo elétrico em função da distância ao painel de controle, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente.	71
Figura 4.14.	Intensidade do campo elétrico em função da distância ao painel de controle, em equipamentos de DOC com intensidade de campo abaixo do limite ICNIRP, na cidade de Presidente Prudente.	72
Figura 4.15.	Intensidade do campo elétrico em função da distância ao painel de controle, em equipamentos de DOC, que apresentaram intensidade de campo acima dos limites da ICNIRP, na cidade de Presidente Prudente.	75
Figura 4.16.	Decaimento (escala semi-log) do campo elétrico E em função da distância.	76
Figura 4.17.	Decaimento (escala semi-log) do campo elétrico E em função da distância.	76
Figura 4.18.	Decaimento (escala semi-log) do campo elétrico E em função da distância	76
Figura 4.19.	Intensidade do campo magnético em função da distância ao painel de controle, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente	77
Figura 4.20	Intensidade do campo magnético em função da distância ao painel de controle, em equipamentos de DOC, que apresentaram intensidade de campo abaixo dos limites da ICNIRP, na cidade de Presidente Prudente.	78
Figura 4.21	Intensidade do campo magnético em função da distância ao painel de controle, em equipamentos de DOC, que apresentaram intensidade de campo acima dos limites da ICNIRP, na cidade de Presidente Prudente.	78
Figura 4.22	Decaimento (escala semi-log) do campo magnético H em	

	função da distância	79
Figura 4.23	Decaimento (escala semi-log) do campo magnético H em função da distância.	79
Figura 4.24	Decaimento (escala semi-log) do campo magnético H em função da distância	80
Figura 4.25	Decaimento da intensidade da radiação do campo elétrico e do campo magnético em função da distância obtidos no estudo piloto e ajustados pela equação 4.3	83
Tabela 4.1	Marca dos equipamentos de DOC medidos e suas características funcionais	54
Tabela 4.2	Relação da quantidade de equipamentos de DOC nas clínicas estudadas e suas respectivas marcas	56
Tabela 4.3	Valores dos campos elétrico e magnético com o equipamento desligado e o μ tanto para campo elétrico como para campo magnético, que é o coeficiente de atenuação da radiação proveniente da fonte emissora	81
Tabela 4.4	Medidas da intensidade do campo elétrico, em V/m, realizadas em locais de permanência do fisioterapeuta fora da sala de tratamento com equipamento de DOC, durante sua jornada de trabalho	84
Tabela 4.5	Medidas da intensidade do campo magnético, em A/m, realizadas em locais de permanência do fisioterapeuta fora da sala de tratamento com equipamento de DOC, durante sua jornada de trabalho	85
Tabela 4.6.	Tempo máximo de exposição, em cada Ponto, com relação a cada equipamento, para campo elétrico (E) e campo magnético (H)	88

1. INTRODUÇÃO

A Saúde do Trabalhador, termo que nas décadas de 60 e 70 passou a ser usado para designar o estudo e a pesquisa dos efeitos do trabalho sobre a saúde, de acordo com Laurell e Noriega (1989)³⁹, tem seus pilares baseados na Epidemiologia Social, pois seu estudo está diretamente relacionado com os sinais sintomas e o modo de vida da população jovem-adulta de uma sociedade: os trabalhadores em geral.

Desde a revolução industrial, no século XVIII, observam-se grandes mudanças no âmbito da saúde do trabalhador. Neste período, a exploração da força de trabalho ocasionada pelo aumento do capital, mudou a forma de produção e organização do trabalho, o que repercutiu no modo de vida dos trabalhadores e também no seu adoecer e morrer⁶. O excesso de carga de trabalho levou ao adoecimento em massa da classe trabalhadora, tendo como consequência incapacidades e perdas de vidas prematuramente. Isso gerou uma atenção especial para a organização do trabalho e também a criação de associações que visavam lutar por melhores condições de trabalho e pela manutenção da saúde dos trabalhadores⁴⁹.

Após a Segunda Guerra Mundial houve mudanças não só no modo de vida das pessoas, mas também na organização e adoção de novas técnicas no processo de produção e, conseqüentemente, de trabalho. Com isso, desenvolveu-se o estudo do trabalho e suas relações com a saúde por profissionais de várias áreas do conhecimento, surgindo assim a Saúde Ocupacional, tendo como uma de suas características principais a interdisciplinaridade dos profissionais que nela atuavam⁴⁹.

Entretanto, o tratamento interdisciplinar proposto pela Saúde Ocupacional mostrou-se insuficiente para resolver os problemas oriundos da dinâmica dos

diferentes processos de trabalho e produção, especialmente do trabalhador em seu ambiente de trabalho. Detectou-se que havia também a necessidade de uma participação efetiva do próprio trabalhador nas questões relativas a sua segurança e saúde, extrapolando a observação das alterações fisiológicas do organismo para uma dimensão maior, incorporando o contexto social, político e econômico da sociedade em que está inserido este trabalhador. Surgiu então o conceito de Saúde do Trabalhador^{10, 22}.

Nos anos 90 ocorreu o processo conhecido como a Terceira Revolução Industrial, que é entendido como uma nova forma de produção, calcada nos avanços tecnológicos e nas novas formas de gerir e organizar o trabalho, levando mais uma vez a mudanças na forma de viver e adoecer das pessoas^{10, 68}.

Esse processo de mudança e transformação ocorreu quase simultaneamente em todo o mundo devido ao grande progresso dos processos de informática e de transmissão da informação. Segundo o filósofo e cientista social francês Felix Guattari, citado por Buschinelli (1994)¹⁰, “o planeta Terra vive um período de intensas transformações técnico-científicas, em contrapartida das quais engendram-se fenômenos de desequilíbrio ecológico que, se não forem remediados, no limite, ameaçam a implantação da vida em sua superfície...”. Esse pensamento leva a refletir sobre o avanço tecnológico, que tem influenciado a vida do ser humano e dos organismos vivos em geral, no meio ambiente e, particularmente, no seu ambiente de trabalho.

Pode-se dizer que atualmente a grande maioria dos indivíduos, das diferentes sociedades organizadas em todo o mundo, independente da região em que estão localizadas, seja no Primeiro, Segundo ou mesmo no Terceiro Mundo, não

consegue desenvolver grande parte de suas atividades sem o apoio e o conforto proporcionado pela tecnologia. Como seria viver sem a eletricidade, sem a luz elétrica, sem aquecimento no frio ou refrigeração no calor, sem a conservação dos alimentos e os mais variados tipos de lazer proporcionados pela tecnologia?

Neste contexto, a população mundial está exposta a um agente físico, resíduo do avanço tecnológico, ainda desconhecido com relação aos seus efeitos de longo prazo para os organismos vivos e o meio ambiente: as radiações eletromagnéticas não-ionizantes.

É fato que as radiações eletromagnéticas não surgiram somente nos últimos anos, devido ao progresso tecnológico humano. Na verdade, fazem parte da vida do ser humano desde os primórdios, pois são emitidas não somente por fontes artificiais, mas também por fontes naturais. É o caso do Sol, que emite ondas eletromagnéticas, como os raios ultravioleta e infravermelho, que são radiações do tipo não-ionizante.

Entretanto, especialmente no último século, as radiações não-ionizantes passaram a fazer parte do meio ambiente e conseqüentemente da nossa vida, em escala cada vez maior. A expansão extremamente rápida das redes de eletricidade, a proliferação de equipamentos eletro-eletrônicos e de telecomunicações, tem provocado um aumento significativo da exposição do ser humano e do meio ambiente à radiação eletromagnética não-ionizante. Diz-se que o nível de radiação existente no nosso planeta tem aumentado exponencialmente nos últimos trinta anos, levando a um tipo especial de poluição do meio ambiente, chamado por alguns autores de “*eletrosmog*”, ou poluição eletromagnética.

Assim, a comunidade científica e a população em geral têm se preocupado com os possíveis efeitos negativos, relativos a exposição às radiações

eletromagnéticas não-ionizantes, para o meio ambiente e para os organismos vivos em geral, especialmente para a vida humana^{4, 13, 17, 20, 45, 62, 63, 65, 69}.

Mas, afinal, o que é a radiação eletromagnética não-ionizante?

1.1. As Radiações Não-Ionizantes - RNIs e o Espectro Eletromagnético

O termo radiação vem do latim *radiare* e indica a propagação de energia no espaço, ainda que interceptada pela matéria, podendo ser essa propagação oriunda de uma fonte natural ou artificial⁶⁰. A radiação é classificada em dois tipos, de acordo com os seus efeitos quando interage com a matéria. Pode ser *ionizante*, possuindo energia suficiente para, quando em contato com a matéria, provocar a ionização dos átomos, alterando a sua estrutura. Em seres vivos pode causar, por exemplo, alterações nas funções celulares e nos tecidos, provocando o início de um câncer. A radiação também pode ser *não-ionizante*, que é aquela que não possui energia suficiente para ionizar a matéria, sendo apenas capaz de excitá-la, não levando a alterações imediatas da estrutura ou das funções de células e tecidos.

Na categoria de radiação ionizante se encontram feixes de partículas atômicas e subatômicas (por exemplo, radiações α e β) e as ondas eletromagnéticas (radiações γ , por exemplo). Na categoria de radiação não-ionizante, entram ondas eletromagnéticas de menor energia. Na Figura 1.1 apresenta-se o espectro eletromagnético, que mostra a diferença entre as radiações ionizantes e não-ionizantes, com relação ao seu comprimento de onda e sua frequência.

Comprimento de onda (m)	Outras unidades	Espécimes	Radiação
10-15		núcleo dos átomos	raios gama raios X
10-12	1,24 MeV		
10-11	0,1 Å		
10-10	1,0 Å	átomos	ultravioleta
10-9	1 nm	vfrus moléculas	
10-8	100 Å		
10-7	1 000 Å	células	luz visível
	4 000 Å		
	7 000 Å		
10-6	1 µm	insetos	infravermelha
10-5	10 µm		
10-4	100 µm		
10-3	1 mm	ondas de rádio	
10-2	1 cm		
10-1	10 cm		
1	300 MHz		televisão e FM
10	30 MHz		
10 ²	3 MHz		
10 ³	1 km		

Figura 1.1. Espectro eletromagnético, Okuno, E. et al 1982⁶¹.

As ondas eletromagnéticas são constituídas por campos elétricos e magnéticos oscilantes, perpendiculares entre si, que se propagam com velocidade constante de 300.000 km/s no vácuo, que é a velocidade da luz, denotada pela letra c , conforme cita Okuno et al⁶¹. A Figura 1.2 mostra uma onda eletromagnética se propagando na direção x , cujo campo elétrico oscilante está no plano xy e o campo magnético oscilante, no plano xz . Pode-se observar pelo espectro que nomes diferentes são dados a onda eletromagnética dependendo da faixa de comprimento de onda, simbolizado pela letra grega λ (lambda), ou da sua frequência f , que é a quantidade de vezes que a onda efetua um movimento ondulatório completo, por unidade de tempo⁷⁰. A relação entre a f e λ é dada por: $f\lambda = c$, onde c é a velocidade da luz no vácuo. Assim, pode-se observar que quanto maior o comprimento de onda, menor a frequência e quanto maior a frequência, menor o comprimento de onda (isto

é, frequência e comprimento de onda são grandezas inversamente proporcionais).

Além disso, quanto maior a frequência, maior é a energia da onda.

Figura 1.2. Onda eletromagnética, constituída de campos elétrico e magnético oscilantes e perpendiculares entre si, que se propaga na direção x .

A unidade de medida da frequência da radiação eletromagnética é o hertz (Hz) e 1 Hertz vale um ciclo por segundo. Por exemplo, se em um segundo a onda efetuar cinco ciclos completos, diz-se que sua frequência é de 5Hz. As radiações eletromagnéticas não-ionizantes são ondas eletromagnéticas cujos comprimentos de onda são maiores que 100 nm, ou seja, abrange todo o espectro, com exceção dos raios X e raios gama, que são ionizantes.

As radiações eletromagnéticas não-ionizantes recebem denominações diferentes, dependendo da faixa de frequência: radiação ultravioleta, luz visível, radiação infravermelha, microondas, ondas longas, ondas curtas etc. Entre 0 Hz e o início da radiação infravermelha consideram-se duas regiões: a de baixa e a de alta frequência. Como exemplo de fontes de radiação de baixa frequência há as redes de geração e transmissão de energia elétrica, equipamentos eletrodomésticos e, de alta frequência, os radares, geradores de microondas, estações de rádio e alguns equipamentos eletro-eletrônicos, dentre os quais se insere o equipamento terapêutico de Diatermia de Ondas Curtas - DOC, que será estudado neste trabalho.

1.2. Estudos Científicos Relacionados a Exposição às RNIs

Um dos primeiros estudos epidemiológicos na área de radiações eletromagnéticas não-ionizantes está relacionado a linhas de transmissão de energia elétrica (LTs), consideradas de baixa frequência. O estudo, desenvolvido por Nancy Wertheimer e Ed Leeper, foi publicado em 1979, e citado pela Comissão Internacional de Proteção à Radiação Não-Ionizante - ICNIRP (1998)²⁸. Ele indicou uma relação entre a incidência de câncer (leucemia) em crianças e as linhas de transmissão de energia elétrica. Entretanto, depois deste estudo inicial, mais de 100 outros estudos epidemiológicos foram realizados, por diversos autores de vários países, sem que se chegasse a uma conclusão definitiva⁴⁵ sobre essa relação.

Vários outros estudos epidemiológicos foram realizados, com o objetivo de se conhecer os efeitos deste tipo de radiação no que diz respeito à sua interação com o ser humano^{24,54,67,72,76,77}, sendo a associação dos efeitos dos campos eletromagnéticos com o câncer uma das maiores, se não a maior preocupação, nesses estudos^{14, 21, 27, 30, 88}.

Outro ponto que é motivo de discussão é a exposição a baixos níveis de radiação eletromagnética e seus efeitos para saúde, em longo prazo^{65,83}, além de preocupações com relação às radiações de alta frequência.

Devido ao uso constante dos telefones celulares, por exemplo, que são uma fonte emissora e receptora de radiação eletromagnética não-ionizante de altíssima frequência, a atenção com relação à exposição do ser humano a esse tipo de radiação tem sido grande no meio acadêmico e científico^{4,13,73}. Estudos realizados demonstram que o uso do telefone celular tem se expandido de tal forma que hoje ele

não é mais um objeto de uso somente para comunicação rápida e urgente, mas está tomando forma de bibelô e brinquedo. Devido ao lançamento, pelas empresas fabricante de celulares, de modelos com logotipos de personagens infantis, seu uso tem aumentado entre crianças, levando a uma grande preocupação da comunidade científica, pois se os efeitos da radiação emitida pelos celulares em um adulto ainda não são totalmente conhecidos, os possíveis riscos podem ser maiores ainda quando se trata de crianças. Schönborn, Burkhardt e Kuster⁷¹ demonstraram, através de simulações computacionais, que a absorção da radiação pela cabeça de crianças é diferente, se comparada com a cabeça de um adulto.

A Organização Mundial de Saúde – OMS tem trabalhado para que se tenha uma sistematização dos conhecimentos científicos existentes sobre os reais efeitos que os campos eletromagnéticos podem causar a saúde humana, e também para uma padronização dos diferentes limites existentes, relacionados à exposição a esse tipo de radiação^{5, 69, 86}.

Neste contexto, a OMS iniciou em 1996 um grande projeto de estudos aprofundados sobre campos eletromagnéticos, com o objetivo de responder parte das questões relativas a esse tipo de radiação e seus efeitos (maléficos e benéficos) para a população em geral, que é o EMF PROJECT⁶⁹. Tal projeto tem como data final para sua conclusão o ano de 2006, devendo consumir recursos da ordem de US\$ 1 milhão por ano. Participam dele instituições e cientistas de várias partes do mundo e, desta forma, pretende-se fornecer informações para que as autoridades responsáveis administrem adequadamente as questões relativas à radiação eletromagnética, levando à criação de um consenso internacional referente aos limites de exposição a essa radiação²⁸.

Está sendo desenvolvido, também sob a coordenação da OMS e em conjunto com a Agência Internacional de Investigação do Câncer – IARC (pertencente a OMS), um estudo epidemiológico em grande escala, incluindo aproximadamente 10 países, para identificar se existe relação entre o uso de telefones celulares e a incidência de câncer de cabeça e pescoço.

Alguns estudos realizados demonstram a existência de relação entre a presença de campos eletromagnéticos, tanto de baixa quanto de alta frequência, no ambiente de trabalho e diversos efeitos à saúde, devidos à exposição ocupacional^{3, 23, 58, 66, 74}.

Com relação à exposição ocupacional aos campos eletromagnéticos não-ionizantes de baixa frequência, o assunto de interesse tem sido o estudo com eletricitários, como o desenvolvido por van Wiljngaarden e colaboradores (2000)⁸⁹, que mostram evidências de associação com uma maior incidência de casos de suicídios entre estes trabalhadores. Existem também estudos que relatam problemas fetais, como malformação, quando o pai é eletricitário⁷, além de infertilidade e alterações cromossômicas. Entretanto, todos esses estudos apontam para a necessidade de mais pesquisas para mostrar a associação dos danos à saúde com os campos eletromagnéticos existentes no ambiente de trabalho^{17, 19, 33}.

Os estudos de exposição ocupacional a campos de alta frequência mostram que determinados equipamentos médicos, como o equipamento terapêutico de diatermia de ondas curtas, que funciona na frequência de 27,12 MHz, e o bisturi elétrico que funciona na frequência de 0,3-0,5 MHz, são fontes de radiação que podem levar a uma exposição ocupacional acima dos limites recomendados⁸⁴. Assim

sendo, deve-se ter constante atenção com relação à exposição ocupacional nos ambientes clínicos e hospitalares^{30, 78, 85, 87}.

1.3. Exposição Ocupacional às RNIs de Alta Frequência na Área da Saúde

É grande a utilização de equipamentos eletro-eletrônicos na área da saúde, tanto para fins diagnósticos como terapêuticos. A realização de exames como tomografia computadorizada e ressonância magnética, faz parte da conduta médica atual para se obter um diagnóstico preciso das doenças.

Na terapêutica, ou seja, no tratamento de doenças, a utilização desses equipamentos tem se mostrado bastante eficaz. Os fisioterapeutas utilizam diversos equipamentos eletro-eletrônicos, conhecidos como eletroterápicos, de várias marcas, potências e modelos, que emitem radiação eletromagnética, tanto de alta quanto de baixa frequência, no tratamento de lesões de tecidos e órgãos do corpo humano⁸².

Dentre os equipamentos usados na Fisioterapia, o equipamento de Diatermia de Ondas Curtas – DOC é um dos mais utilizados, pois proporciona a única forma de se obter aquecimento dos tecidos profundos do corpo humano, promovendo desta forma a terapia através da interação da energia eletromagnética com as moléculas de água. Pela frequência da radiação eletromagnética usada, pode-se dizer que ela é não-ionizante de alta frequência^{36, 54}.

Entretanto, no tratamento com DOC podem ocorrer danos em uma única aplicação, se a dosagem for muito alta. Porém, o corpo humano tem uma

sensibilidade térmica ao calor e quando o paciente sente um calor incômodo pede ao fisioterapeuta para diminuir a dose, evitando assim danos aos tecidos profundos, como queimaduras.

Já o profissional que opera equipamentos de DOC se encontra diariamente exposto à radiação emitida por eles, em baixas intensidades e durante muitos anos de trabalho. A preocupação com esse fato tem motivado a realização de diversas pesquisas com o objetivo de se verificar e quantificar o nível de exposição destes profissionais e os possíveis efeitos sobre a sua saúde.

Källén et al³⁴ realizaram um estudo epidemiológico de possíveis efeitos sobre a reprodução humana entre fisioterapeutas, na Suécia, e observaram uma incidência de morte e de malformações acima do normal em bebês nascidos de mães fisioterapeutas que operaram equipamentos de DOC durante a gravidez.

Em 1983, Hamburguer et al²⁶ realizaram uma pesquisa epidemiológica na qual verificou-se a associação entre radiações não-ionizantes e cardiopatias. Após aplicação de questionários em fisioterapeutas do sexo masculino, constatou-se a existência de ligação entre a ocorrência de cardiopatias nos profissionais que tiveram exposição elevada à radiação emitida pela DOC.

Em Ivrea, na Itália⁸³, foram estudados os efeitos da radiação eletromagnética com baixa intensidade, em ratas grávidas expostas continuamente a campos de $0,1 \text{ mW/cm}^2$ em 27,12 MHz, em diferentes períodos da gestação. Observou-se redução do peso corporal e ossificação incompleta da caixa craniana de seus filhotes.

Taskinen et al⁸⁰, em um estudo de caso-controle, analisaram os efeitos do ultra-som, de ondas curtas e do esforço físico em fisioterapeutas durante a gestação.

Observaram que o esforço físico se apresentou como um fator de risco para aborto espontâneo, principalmente no início da gestação. Os equipamentos de ultra-som e DOC apresentam dados potencialmente prejudiciais, porém afirmaram não ter dados suficientes para avaliar os efeitos, necessitando de mais estudos.

Em Cuba, Cabrera e Suarez¹¹ avaliaram a exposição a campos eletromagnéticos provenientes de equipamentos de DOC de profissionais de sete hospitais de Havana. Através dos resultados conseguidos com a avaliação e das informações obtidas na literatura, observaram a presença de riscos devido à exposição nestes postos de trabalho e apresentaram recomendações para diminuí-los.

Anders et al² constataram a ocorrência de baixo peso em recém nascidos do sexo masculino, filhos de mães fisioterapeutas que operaram equipamentos de DOC durante a gestação.

Stuchly et al⁷⁸ mapearam campos de radiação emitidos por sete equipamentos de diatermia de ondas curtas no Canadá. Constataram que em todos os equipamentos, a 0,5 metro da fonte de radiação, a intensidade dos campos elétrico e magnético ultrapassa os limites de exposição recomendados pelo governo canadense.

Skotte⁷⁵ mapeou campos eletromagnéticos gerados por diferentes tipos de eletrodos dos equipamentos de DOC. Observou que os eletrodos de discos metálicos emitem altos índices de radiação, quando comparados com outros tipos. O autor, com base nos resultados, propõe modificações no "design" dos equipamentos de DOC e seus eletrodos.

Martin et al⁴⁸ verificaram que equipamentos de diatermia de ondas curtas contínuo e equipamentos de diatermia de microondas apresentam maior potencial de riscos para exposição a 1 metro dos eletrodos e cabos de aplicação, e em

equipamentos de DOC pulsátil a distância que apresenta maior risco de exposição é 0,5 metro.

Estes e outros trabalhos demonstram a preocupação sobre o assunto em diversos países^{9,32,35,38,40,41,42,43,44,59}. No Brasil, entretanto, existem poucos trabalhos de pesquisa sobre este tema.

Em trabalhos realizados em conjunto com esta autora^{1, 81}, junto às clínicas de fisioterapia de Presidente Prudente-SP, verificou-se que os operadores, quando se encontram a uma distância de até 0,5 metro dos cabos condutores, placas e painel de controle do equipamento de diatermia de ondas curtas, estão expostos a campos elétrico e magnético de intensidades superiores aos limites recomendados internacionalmente. Nos referidos trabalhos, para comparação dos resultados obtidos foi considerada a tabela da OIT - Organização Internacional do Trabalho³¹ sobre limites de exposição ocupacional a radiações não-ionizantes.

Em medidas de campos elétrico e magnético realizadas em um equipamento de DOC, também por esta autora, em conjunto com Okuno e Colacioppo^{50, 51, 52}, no Ambulatório de Fisioterapia da USP, foi possível verificar que existem campos de intensidade acima dos limites recomendados pela ICNIRP²⁸, principalmente próximo aos cabos e eletrodos do equipamento analisado.

As pesquisas acima não respondem a todas as questões referentes aos campos eletromagnéticos provenientes dos equipamentos de DOC, fazendo-se necessária a realização de novos estudos para se chegar a um conhecimento mais profundo e detalhado sobre esse tipo de radiação e seus possíveis danos à saúde do trabalhador, que é o objetivo central deste trabalho.

1.4. O Equipamento de Diatermia de Ondas Curtas - DOC

As primeiras referências ao uso clínico de correntes elétricas de alta frequência, faixa no espectro eletromagnético onde se encontram as ondas curtas, datam do século XIX, em torno de 1890. Em Paris, D'Arsonval, citado em Kitchen³⁶, fez passar uma corrente alternada de alta frequência com intensidade de 1 Ampère através do seu próprio corpo e também de um assistente. Mesmo tendo conhecimento de que as intensidades similares de corrente elétrica com baixa frequência fossem potencialmente fatais, D'Arsonval descreveu o resultado de sua experiência apenas como uma *sensação de calor*. Desenvolvendo-se trabalhos nesta área, chegou-se aos métodos de aplicação das correntes de alta frequência com fins terapêuticos.

Na Conferência de Atlantic City em 1947^{36, 37}, alocaram-se três valores de alta frequência para equipamentos eletrônicos utilizados para uso terapêutico. O objetivo desta determinação na frequência de funcionamento destes equipamentos foi o de se evitar a ocorrência de interferências com as ondas eletromagnéticas de alta frequência empregadas nas comunicações, evitando também a interferência desse tipo de campo com os campos emitidos por outros equipamentos.

Diatermia é o termo utilizado para aplicação de radiação eletromagnética de alta frequência no aquecimento dos tecidos profundos do corpo humano^{36, 53}. A profundidade de penetração para onda eletromagnética de 27,12 MHz é aproximadamente 14,3 cm para tecido muscular e 2 a 3 cm para tecido ósseo. Entretanto, ainda é pequena a compreensão dos mecanismos responsáveis pelos seus efeitos clínicos. Sabe-se que através desse aquecimento pode-se obter efeitos terapêuticos pelo calor, como analgésico, anti-inflamatório e anti-espasmódico⁵⁴.

O metabolismo celular é o conjunto de reações químicas produzidas pelas células. De acordo com a Lei de Van't Hoff essas reações são intensificadas com a elevação da temperatura. A taxa metabólica pode sofrer cerca de 13% de elevação para cada aumento de 1°C na temperatura do tecido. Como consequência, ocorre uma elevada demanda do tecido por oxigênio e nutrientes, e um aumento da eliminação dos produtos do catabolismo, ou catabólitos³⁰.

Com a elevação da temperatura o fluxo sanguíneo aumenta devido à dilatação de vasos e capilares sanguíneos, o que consequentemente leva a um aumento do metabolismo no local. É providencial a boa irrigação sanguínea para o restabelecimento do tecido lesado. Com o aumento da irrigação tem-se o aumento da presença de sangue arterial, ou seja, sangue rico em oxigênio que favorecerá a cicatrização, ou, no caso de uma inflamação, o aumento do número de leucócitos e de exsudatos, ajudando na destruição das bactérias.

1.4.1. A Produção de Calor nos Tecidos Através da Aplicação da DOC

O corpo humano possui grande abundância de moléculas carregadas eletricamente, principalmente íons e certas proteínas, que, quando expostas a um campo eletromagnético, são aceleradas ao longo das linhas de força elétrica, oscilando em consonância com os campos elétrico e magnético em torno de uma posição média, sendo essa oscilação em um meio viscoso uma forma eficiente de produção de calor^{25, 54}.

Há também no corpo moléculas dipolares, constituídas de água e certas proteínas, que são igualmente afetadas pelo campo eletromagnético. O pólo positivo da molécula alinha-se no sentido do pólo negativo do campo elétrico, e assim o campo produzido pela DOC provoca a rotação destas moléculas, o que resulta num arrasto friccional entre as moléculas⁸², havendo assim o aquecimento da região envolvida.

No corpo humano estão presentes também moléculas apolares, como, por exemplo, aquelas que constituem o tecido adiposo ou as células de gordura. Mesmo não possuindo íons livres ou pólos carregados, ainda assim essas moléculas respondem à influência do campo criado pela DOC. Existe uma certa controvérsia sobre o aquecimento ou não do tecido adiposo. Goats (1989) e Ward (1980) citados por Kitchen³⁶, sugerem que o tecido adiposo vivo está permeado de diversos vasos sanguíneos de pequeno calibre, que proporcionariam condições de absorção da radiação eletromagnética, podendo ocorrer intensa produção de calor no interior do tecido.

Segundo alguns autores, as diferenças de aquecimento de acordo com o tecido, muscular ou adiposo, podem estar associadas com as duas técnicas de aplicação de DOC, indutiva e capacitiva. Segundo Guy (1990)²⁵, a aplicação de DOC pelo método indutivo eleva seletivamente as temperaturas dos tecidos mais profundos, e de acordo com van der Esch e Hoogland, citados por Kitchen³⁶, a utilização da aplicação pelo método capacitivo eleva significativamente os tecidos superficiais, aquecendo conjuntamente os tecidos profundos.

1.4.2. Os Métodos Capacitivo e Indutivo de Aplicação da DOC

No método capacitivo, a área do corpo a ser tratada é colocada entre duas placas capacitivas, conhecidas como eletrodos, formando entre elas um campo eletromagnético.

Existem dois tipos diferentes de eletrodos para a aplicação da DOC no paciente pelo método capacitivo: 1) placas metálicas flexíveis (eletrodos maleáveis), que são folhas planas de metal revestidas com uma camada espessa de borracha ou feltro, de forma a garantir um espaçamento suficiente entre o eletrodo e a pele do paciente; 2) discos metálicos rígidos (eletrodos de disco), que são eletrodos metálicos planos, circulares, cobertos de plástico transparente, sendo conhecidos como eletrodos de Schielepake .

No método capacitivo de aplicação os eletrodos podem estar dispostos de três formas com relação a área do corpo a ser tratada, descritas a seguir:

1. *Aplicação transversal ou contra-coplanar*: as várias camadas de tecidos tissulares estão localizadas uma após a outra, transversalmente às linhas de campo produzidas pelo aparelho. Do ponto de vista dielétrico se encontram conectadas em série, e a intensidade da corrente total é semelhante em todos os tecidos (Figura 1.3).

Figura 1.3. Aplicação transversal. Kitchen, S. 1998³⁶.

2. *Aplicação longitudinal:* as diversas camadas de tecido estão dispostas na mesma direção do campo entre as placas de aplicação. Pode-se dizer que os tecidos estão conectados em paralelo, isto é, a voltagem através dos tecidos é a mesma e a corrente seguirá a via de menor resistência, ou seja, através dos músculos e tecidos ricos em água e íons (Figura 1.4).

Figura 1.4. Aplicação longitudinal. Kitchen, S. 1998³⁶.

3. *Aplicação coplanar*: neste tipo de aplicação, ambos os eletrodos estão localizados no mesmo plano da área do corpo a ser tratada. Neste caso, a absorção de energia nas camadas mais profundas será baixa, conseqüentemente não teremos aquecimento dos tecidos mais profundos, sendo muito utilizada em tratamento da região posterior do tronco (coluna vertebral, por exemplo) onde não se pretende o aquecimento das vísceras e órgãos internos (Figura 1.5).

Figura 1.5. Aplicação Coplanar. Kitchen, S. 1998³⁶.

Com o método indutivo se obtém o efeito terapêutico colocando-se a área do corpo a ser tratada em um campo elétrico alternado, que é gerado mediante corrente elétrica alternada de alta frequência, através de uma bobina, originando uma voltagem de indução no tecido. O calor gerado usando este método depende da condutividade do tecido; assim os tecidos ricos em água e íons se aquecem com mais facilidade que o tecido adiposo.

Nas aplicações com eletrodos de bobinas pode-se ter duas configurações possíveis: a área do corpo a ser tratada se encontra fora da bobina ou no interior da bobina. No primeiro caso, as camadas superiores dos tecidos estão mais próximas das bobinas, portanto é maior a concentração de energia nas camadas superficiais que nas mais profundas. No segundo caso se envolve a região do corpo a ser tratada com

um cabo de indução, sendo que as linhas de campo magnético dentro da bobina correm paralelas com as linhas de indução (Figura 1.6).

Figura 1.6. Área do corpo envolvida pela bobina. Kitchen, S. 1998³⁶.

1.4.3. Absorção da Energia de Alta Frequência Produzida pela DOC

A elevação da temperatura dos tecidos depende do fator conhecido como Taxa de Absorção de Energia por unidade de massa do tecido, ou SAR (sigla para o termo em inglês de *Specific Absortion Rate*). A SAR é uma taxa calculada em unidade de Watts por quilograma (W/kg)^{53,56}.

A SAR é função da condutividade e da densidade dos tecidos e da magnitude do campo elétrico induzido nos tecidos, ou seja, a produção do calor depende das propriedades elétricas do tecido dentro do campo eletromagnético. A concentração do campo elétrico nos tecidos será mais elevada em tecidos com maior condutividade.

1.4.4. Modo Contínuo e Modo Pulsátil

Existem duas formas de funcionamento do equipamento de DOC, que é o modo contínuo e o modo pulsátil. Dependendo do ano de fabricação e modelo do equipamento de DOC, pode-se ter a opção de tratamento no modo pulsátil, enquanto que o modo contínuo está presente em todos os equipamentos.

No modo contínuo, a interação da radiação eletromagnética com o objetivo de aquecimento terapêutico é realizada continuamente durante o tratamento, ou seja, se o tratamento for de 20 minutos o campo é passado de um eletrodo ao outro, sem interrupção, durante todo o período.

No modo pulsátil, o fisioterapeuta pode selecionar o tempo de passagem da corrente com intervalos, sendo que nos mesmos 20 minutos de um tratamento o campo é emitido por um determinado período, é interrompido por um instante, e depois volta a ser emitido, e assim sucessivamente. O benefício dessa alternativa de tratamento, segundo a literatura pesquisada³⁶, é que o modo pulsátil proporcionaria o efeito terapêutico nos tecidos lesados pela passagem da radiação eletromagnética sem que ocorra o efeito de aquecimento destas estruturas, sendo indicado principalmente no caso onde o efeito de aquecimento não é eficiente, como é o caso de lesões em estados sub-agudos.

1.4.5. Cuidados, Indicações e Contra-Indicações no uso da DOC

Os procedimentos terapêuticos para aplicação da DOC devem assegurar ao terapeuta e ao paciente um nível ótimo de segurança para ambos. O paciente deve ser informado sobre a sensação que deve sentir. O aquecimento não deve causar desconforto ou dor. O terapeuta deve verificar se o paciente não tem comprometimentos da sensibilidade térmica, deve assegurar que todos os objetos metálicos (anéis, jóias, óculos de metal, etc) tenham sido removidos da área a ser tratada, como também aparelhos de surdez; a pele tem de estar seca e o terapeuta deve também se certificar que toda e qualquer contra-indicação foi excluída.

Com relação ao equipamento, deve-se observar se os cabos de aplicação não estão muito próximos ou mesmo cruzados e se estes não estão tocando em superfícies metálicas; se os eletrodos não estão muito próximos ou se tocando; se as gônadas não estão submetidas à irradiação.

Com respeito às contra-indicações à aplicação de DOC, pode-se relacionar: nos indivíduos com marcapasso implantado, o campo eletromagnético pode interferir no ritmo cardíaco; roupas com metal ou fixadores externos, pode ocorrer uma concentração de calor nas proximidades desses objetos; áreas com alteração de sensibilidade térmica, ocorrência de queimadura; pacientes que têm a sua compreensão intelectual comprometida ou não podem permanecer quietos durante o tratamento; em pacientes grávidas, o campo eletromagnético pode alterar o oxigênio da placenta; em áreas hemorrágicas, o calor favorece o aumento de fluxo sanguíneo; em caso de tumores malignos pode-se favorecer a ocorrência da metástase; tuberculose ativa; trombose venosa recente.

Como mencionado, tomando-se os cuidados acima, a aplicação da DOC não é nociva para o paciente já que o seu contato com a radiação emitida será apenas por alguns minutos, durante as sessões de tratamentos, e por um curto período de tempo.

1.5. Equipamentos de DOC Existentes na Cidade de São Paulo

São Paulo é a maior cidade da América Latina. É um grande centro financeiro onde decisões importantes são tomadas, que podem afetar um grande número de pessoas e cidades.

Na área da saúde a situação não é diferente. A cidade de São Paulo possui os principais centros de tratamentos, pesquisas, diagnósticos, além de sediar constantemente importantes eventos nacionais e internacionais de divulgação dos avanços científicos na área da saúde. Por esses motivos se achou necessário conhecer um pouco os equipamentos de DOC existentes nas clínicas de fisioterapia daquela cidade, para se ter uma idéia da dimensão de sua utilização em território brasileiro, uma vez que essa é uma das principais capitais do Brasil.

Assim, com o apoio do Conselho Regional de Fisioterapia e Terapia Ocupacional da 3ª Região - CREFITO - 3, que disponibilizou sua base de dados, devido a parceria e colaboração que tem nesse trabalho (conforme Anexo 1), foi feito um levantamento dos equipamentos de DOC existentes em São Paulo. De acordo com os dados fornecidos, a cidade de São Paulo possui registrados 464 estabelecimentos que prestam serviços fisioterápicos, constituindo-se de clínicas,

hospitais, clubes e associações filantrópicas, com atendimentos a particulares, conveniados e público. Uma listagem contendo o nome do estabelecimento, endereço, telefone, responsável técnico e tipo de estabelecimento, foi fornecida pelo CREFITO – 3.

Os estabelecimentos constantes da listagem fornecida foram contatados via telefone, com o que foram obtidos os seguintes dados:

- Dos 464 estabelecimentos, foi possível estabelecer contato com 358. Com os outros 106 estabelecimentos não foi possível estabelecer contato, pelos seguintes motivos: em 42 estabelecimentos o endereço e/ou telefone fornecidos mudaram ou são, atualmente, inexistentes; em 61 dos locais não foi atendida a ligação (tendo sido feitas um mínimo de 3 vezes, em dias e horários alternados) e 3 dos estabelecimentos não possuem telefone em seu cadastro;
- Dos 358 estabelecimentos com os quais foi possível o contato, 182 possuem equipamentos de diatermia de ondas curtas; 162 estabelecimentos não possuem equipamentos de DOC; em 9 dos estabelecimentos, os responsáveis técnicos não retornaram a ligação com a informação solicitada, em 3 o responsável se negou a dar a informação e, em 2 estabelecimentos, os equipamentos existentes estavam quebrados, sem previsão de data para conserto;
- Segundo as informações fornecidas, foi constatado que existem, atualmente, 500 equipamentos de DOC em uso, nos 182 estabelecimentos que os possuem. Para se chegar a essa quantidade total de equipamentos, levantou-se o número de equipamento existente em cada um dos estabelecimentos.

Essa informação sem dúvida reforça a importância de se estudar os aspectos relativos à exposição ocupacional relacionada à radiação eletromagnética emitida

pelo equipamento de DOC. Pela representatividade, em quantidade, de profissionais que fazem uso deste equipamento na cidade de São Paulo, torna-se evidente a necessidade de se conhecer o máximo possível sobre a exposição ocupacional que podem sofrer os profissionais fisioterapeutas que operam tais equipamentos e se existem meios de minimizar essa exposição.

1.6. População Escolhida para o Trabalho de Campo

Devido à impossibilidade técnica de se realizar medidas da intensidade dos campos elétrico e magnético nos 500 equipamentos existentes em São Paulo, e também devido às dificuldades práticas em se realizar tais medidas em uma amostra significativa de equipamentos, neste trabalho optou-se pela realização do estudo em uma população menor. Assim, em virtude das condições pré-existentes, escolheu-se uma localidade que fosse representativa, e na qual pudessem ser realizadas medidas em todos os equipamentos de DOC. A localidade escolhida foi a cidade de Presidente Prudente – SP, que se encontra a 560km de São Paulo, e é a principal cidade da região do Oeste Paulista, sendo a capital da Alta Sorocabana. Sua economia se baseia principalmente na pecuária, agricultura e no comércio. Na área da saúde é referência para as demais cidades da região, sendo que, no tratamento de doenças cardiovasculares, desenvolveu técnicas que a colocam como referência no setor em nível nacional.

Além destes aspectos, a cidade de Presidente Prudente tem 200.000 habitantes, possui duas Universidades, sendo uma pública e a outra particular (um

campus da UNESP e a UNOESTE – Universidade do Oeste Paulista), e mais duas Faculdades, tendo uma população flutuante acadêmica considerável. Possui todos os cursos da área da saúde, entre eles o Curso de Fisioterapia, que é oferecido pelas duas Universidades, e forma em média 100 novos fisioterapeutas a cada ano. Trata-se, portanto, de um ambiente rico e propício para o desenvolvimento do trabalho proposto, que é diretamente relacionado ao profissional fisioterapeuta. Os dados relativos ao número de clínicas e estabelecimentos que prestam serviços fisioterápicos e sobre os equipamentos de ondas curtas existentes na cidade, também obtidos com o apoio do CREFITO 3, encontram-se detalhados no Capítulo 3.

1.7. Limites de Exposição Ocupacional

Existem diferentes referências relacionadas a limites para exposição à radiação eletromagnética não-ionizante. Entidades como o IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers²⁹, ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists³, NCRP - National Council on Radiation Protection⁵⁷, ICNIRP - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection²⁸, EBU – European Broadcasting Union¹⁸, desenvolveram estudos a partir dos quais inferiram limites de exposição às RNIs, que são utilizados em muitos países, inclusive Brasil. Alguns países têm seus próprios limites estabelecidos através de leis, como por exemplo Itália⁸⁶, Canadá¹⁵ e Suíça⁷⁹.

Alguns desses limites têm por objetivo a prevenção dos possíveis efeitos nocivos das RNIs à saúde humana, ainda não conhecidos. Mas por outro lado, todos

visam a prevenção dos efeitos conhecidos, que são: queimaduras e choques, aumento da temperatura corporal, efeitos não térmicos diretos quando da interação dos campos eletromagnéticos com os tecidos biológicos^{16, 28, 76, 77}.

Os níveis de referência ou limites de exposição são obtidos através de modelos matemáticos, elaborados com base em dados obtidos experimentalmente, de acordo com frequências específicas. Para se estabelecer esses limites consideram-se condições de acoplamento máximo do campo eletromagnético com o indivíduo exposto ao campo, buscando sua proteção máxima.

Não existe uma padronização dos limites de exposição aos campos eletromagnéticos, sendo ainda um assunto de discussão dentro da comunidade científica¹⁶. Alguns países utilizam os limites estabelecidos pela ICNIRP, mas, por considerarem-nos incompletos com relação à prevenção de possíveis danos à saúde, são complementados com leis próprias, como é o caso da Suíça, que adota o limite da ICNIRP para exposição ambiental, mas impõe restrições quanto a construção dos equipamentos e cabos condutores, de maneira a limitar o campo emitido na fonte⁷⁹.

A Organização Mundial de Saúde indica como referência para limitação à exposição, tanto do público em geral como ocupacional, os limites estabelecidos pela ICNIRP, que tem por função investigar os perigos à saúde humana e ao meio ambiente decorrentes das diferentes formas de RNIs, informar sobre os aspectos de proteção e desenvolver diretrizes internacionais relacionadas aos limites de exposição²⁸. As diretrizes da ICNIRP são para efeitos na saúde de caráter imediato, ou seja, em curto prazo, como: estimulação dos nervos periféricos e músculos, choques e queimaduras causadas por tocar em objetos condutores e elevação da temperatura nos tecidos, resultante da absorção de energia durante a exposição. No

caso dos efeitos potenciais em longo prazo, tais como o possível aumento de risco de câncer, a ICNIRP conclui que os dados disponíveis atualmente são insuficientes para servir como base para fixação de restrições à exposição.

Desse modo, os limites da ICNIRP, apesar de recomendados pela OMS, são criticados por não levarem em consideração o princípio da precaução da Declaração das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – Declaração do Rio, de 1992, que diz: “Existindo dúvida sobre a possibilidade futura de dano ao homem e ao ambiente, a solução deve ser favorável ao ambiente e não a favor do lucro imediato, por mais atraente que seja para as gerações presentes... Quando houver ameaça de danos sérios ou irreversíveis, a ausência de absoluta certeza científica não deve ser utilizada como razão para postergar medidas eficazes e economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental”⁵⁵.

Baseada nesse princípio, a FUNASA – Fundação Nacional de Saúde, órgão ligado ao Ministério da Saúde – Brasil, promoveu em Abril de 2002, o “Seminário Nacional sobre os efeitos à saúde relacionados a exposição humana aos campos eletromagnéticos gerados por linhas de transmissão de energia elétrica”, com a participação de representantes de diversas instituições de pesquisa e de empresas do setor elétrico, que teve por objetivo subsidiar o posicionamento do Ministério da Saúde sobre o assunto. Dando seqüência aos encaminhamentos do Seminário foi publicada no Diário Oficial da União a Portaria FUNASA n.º 220, de 20 de junho de 2002, instituindo um Grupo de Trabalho (GT) com o objetivo de propor normas e procedimentos referentes aos limites máximos de exposição humana a campos eletromagnéticos provenientes de linhas de transmissão de alta tensão. O GT foi composto por representantes de diferentes instituições, sendo que a Faculdade de

Saúde Pública da USP foi representada por esta autora, conforme pode ser observado nos anexos 2 e 3. Entre as conclusões a que chegou esse grupo de trabalho, pode ser citada aqui a necessidade de uma normatização relacionada à exposição humana aos campos eletromagnéticos, que compreenda todo o espectro não-ionizante (0 a 300 GHz)⁶¹, e não somente a faixa das linhas de transmissão de energia elétrica, e também a criação de uma câmara técnica de avaliação para esse fim. As demais conclusões podem ser observadas no anexo 4.

Existe uma regulamentação da ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicação, para que as empresas de telefonia celular obedeçam as diretrizes da ICNIRP. De fato, instaurou-se uma situação polêmica para a normatização no Brasil. De um lado, temos as diretrizes da ANATEL e, de outro, a proposta da FUNASA representando o Ministério da Saúde, propondo a criação de uma Câmara Técnica para a normatização da exposição as RNIs.

Frente à polêmica instaurada, e também devido a esta Câmara Técnica ainda não ter sido criada de fato, neste trabalho optou-se por seguir as diretrizes para limites de exposição sugeridas pela ICNIRP, por um lado, por serem recomendadas pela OMS e, por outro, devido ao fato que, comparados aos limites de exposição de outras instituições, os da ICNIRP são os mais restritivos, com relação a exposição ocupacional. De acordo com os Manuais de Legislação de Segurança e Medicina do Trabalho Brasileira, a Norma Regulamentadora - NR 9, no seu subitem 9.3.5.1, alínea c⁴⁷, dispõe que na ausência de limites para exposição ocupacional devem-se obedecer os limites da ACGIH³ ou outro que venha a ser escolhido em negociação coletiva com os trabalhadores, desde que mais rigorosos que os critérios técnicos legais estabelecidos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a exposição ocupacional à radiação eletromagnética não-ionizante dos fisioterapeutas da cidade de Presidente Prudente-SP que operam equipamentos de Diatermia de Ondas Curtas, através da medida da intensidade dos campos elétrico e magnético provenientes de tais equipamentos, no seu ambiente de trabalho.

2.2. Objetivos Específicos

- a) Desenvolver e aplicar metodologia, ainda não sistematizada e inexistente no Brasil, de medida de campos elétrico e magnético no ambiente de trabalho e na atividade do fisioterapeuta, provenientes de equipamentos de Diatermia de Ondas Curtas.
- b) Compilar as medidas efetuadas, apresentando-as de forma a servir de parâmetro para avaliação do risco de exposição ocupacional.
- c) Comparar os resultados obtidos com os limites de exposição ocupacional recomendados pela ICNIRP.

- d) Divulgar os resultados entre as clínicas e profissionais avaliados, e também auxiliar na interpretação dos valores e na introdução de medidas de controle, quando necessárias e suficientes para redução da exposição ocupacional.

3. METODOLOGIA

3.1. Tipo de estudo

Estudo analítico e experimental⁶⁴ da população de profissionais fisioterapeutas que trabalham na cidade de Presidente Prudente – SP, visando analisar o nível de exposição ocupacional em razão da operação do equipamento de Diatermia de Ondas Curtas (DOC). A possibilidade de risco ocupacional foi avaliada através do estabelecimento de metodologia adequada à medida da intensidade dos campos elétrico e magnético das ondas eletromagnéticas provenientes destes equipamentos e posterior comparação com os limites de exposição ocupacional.

3.2. Local de estudo

Foram avaliados os estabelecimentos que prestam serviços de fisioterapia na cidade de Presidente Prudente e utilizam equipamentos de DOC no tratamento de pacientes.

O acesso aos estabelecimentos foi possível devido ao apoio e colaboração do CREFITO 3 (Conselho Regional de Fisioterapia e Terapia Ocupacional da 3ª Região, que inclui a cidade de Presidente Prudente), conforme carta de colaboração expedida por aquele órgão (ver Anexo 4). Através dessa colaboração, foi disponibilizado pelo CREFITO 3 o acesso à sua base de dados, contendo os registros dos estabelecimentos que prestam serviços de fisioterapia na cidade de Presidente

Prudente. É necessário, pela legislação vigente, que todo profissional fisioterapeuta e também todo estabelecimento que presta serviço de fisioterapia seja registrado no CREFITO de sua comarca, pois sem o devido registro não é possível o exercício profissional, de forma regulamentada.

Segundo os dados fornecidos pelo CREFITO 3, existem 49 estabelecimentos que prestam serviços fisioterápicos registrados na cidade de Presidente Prudente, constituindo-se de clínicas, que prestam atendimentos particulares, conveniados e públicos. Uma listagem contendo o nome do estabelecimento, endereço, telefone e responsável técnico foi fornecida pelo CREFITO 3.

Como o objetivo do trabalho está diretamente relacionado aos estabelecimentos que possuem e operam equipamentos de diatermia de ondas curtas (DOC), foram contatados, por telefone, os 49 estabelecimentos constantes da listagem fornecida, tendo sido levantados os seguintes dados: na cidade de Presidente Prudente-SP, existem 22 equipamentos de DOC, localizados em 10 clínicas de fisioterapia. Entretanto, no período decorrente do contato telefônico até a coleta de dados (medidas dos campos elétrico e magnético), 5 equipamentos quebraram, sem perspectivas de conserto. Portanto, foram realizadas medidas em um total de 17 equipamentos de DOC.

Os responsáveis pelos estabelecimentos estudados foram informados sobre o caráter científico e acadêmico da pesquisa, sendo solicitado a eles a assinatura de um termo de aceitação e compromisso, relativo a realização da pesquisa, ou seja, realização das medidas e coleta de informações julgadas necessárias (ver Anexo 5).

3.3. O Equipamento Usado nas Medidas dos Campos Elétrico e Magnético

O equipamento utilizado para medir a intensidade dos campos elétrico e magnético provenientes dos equipamentos de DOC foi o EMR-200, da marca Wandel & Goltermann (Figura 3.1), estando devidamente calibrado no período da coleta dos dados (Anexo 6).

Figura 3.1. Foto do equipamento EMR-200, da Wandel & Goltermann (medidor e sondas) utilizado para realização das medidas.

O equipamento é alimentado por baterias recarregáveis e, caso seja necessário, pode-se utilizar também pilhas comuns não recarregáveis e opera com sondas tri-axiais, que são escolhidas de acordo com o tipo de campo e a faixa de frequência da onda eletromagnética. Para medidas de campo elétrico, foi utilizada a sonda tipo 9 de campo E , que opera na faixa de frequência de 3 MHz a 18 GHz. Para

medidas de campo magnético utilizou-se a sonda 10 de campo H , que opera na faixa de frequência de 27,12 MHz a 1 GHz.

O equipamento oferece diversas opções para se realizar as medidas. A primeira delas é a inserção do fator de calibração para ajustar os resultados obtidos, que depende obviamente do tipo de campo a ser medido. De acordo com a tabela fornecida pela própria Wandel & Goltermann, para a frequência de 27,12 MHz, que é a emitida pelo equipamento de diatermia de ondas curtas, o fator de calibração para campo elétrico é 1,04 e para campo magnético 1,30. Assim sendo, estes foram os fatores utilizados para a realização das medidas, no presente trabalho.

O fator de calibração é inserido na memória do equipamento, que realiza os ajustes necessários automaticamente. A seguir, seleciona-se o intervalo de tempo em que se deseja que as médias dos resultados dos campos medidos, sejam mostrados no visor do equipamento, durante a medida. Como o tempo de tratamento com o equipamento de DOC geralmente é de 15 ou 20 minutos, os intervalos de tempo escolhidos para amostragem das médias foram: 40 segundos para tratamentos de 15 minutos e 1 minuto para tratamentos de 20 minutos. Ou seja, nos tratamentos de 15 minutos os valores da intensidade do campo são mostrados no visor do equipamento a cada 40 segundos, o mesmo ocorrendo a cada 1 minuto, nos tratamentos de 20 minutos. Esses dados foram utilizados na construção dos gráficos mostrados no Capítulo 4.

O equipamento de medida também permite que se façam medições de 4 modos diferentes, que são: instantâneo, instantâneo máximo, média e média máxima. No primeiro modo, os resultados do campo medido aparecem instantaneamente, conforme a radiação vai sendo captada pela sonda. Esta forma de medida é ideal para

medidas rápidas ou quando não se sabe a frequência da fonte de radiação. No segundo modo, aparecem os valores máximos (picos) do campo medido. No terceiro modo, os valores dos campos medidos são mostrados na forma de valor médio, para um intervalo de tempo selecionado. No último modo, são registradas as médias máximas medidas pelo equipamento, ou seja, as médias dos picos máximos medidos durante um intervalo de tempo fixado.

O modo selecionado para a realização das medidas no trabalho de campo foi o modo da média, no qual os resultados apresentados são as médias dos valores dos campos medidos no período de tempo pré-determinado, que foi, conforme dito acima, de 40 segundos ou 1 minuto, de acordo com o tempo de tratamento. A opção por esse modo se deu em decorrência do estudo piloto realizado, pois após a realização de diversos experimentos, utilizando-se os quatro tipos de medida possíveis, o modo da média apresentou-se mais adequado pelo fato de se ter um tempo determinado para a realização das medidas, que é o tempo de tratamento, e por se conhecer a frequência da fonte de radiação, excluindo os outros modos de medida (instantâneo, instantâneo máximo e média máxima), que são mais indicados quando não se dispõe de um tempo determinado para realização das medidas e quando não se conhece a frequência de campo elétrico e magnético da fonte de radiação.

3.4. Estudo Piloto e Desenvolvimento da Metodologia para Realização das Medidas dos Campos Elétrico e Magnético do Equipamento de DOC

3.4.1. Estudo Piloto

O treinamento sobre o funcionamento e utilização do equipamento EMR-200 e do software que o acompanha, a definição dos parâmetros descritos na seção anterior e utilizados nas medidas realizadas, bem como a definição da técnica de medida em uma situação real, foi realizado através de um longo estudo piloto, desenvolvido no Laboratório de Dosimetria do Instituto de Física da USP, sob a orientação e supervisão da Profa. Dra. Emico Okuno, co-orientadora desta tese. Nos parágrafos seguintes é apresentada uma descrição sucinta sobre este estudo, sendo que uma apresentação completa, com todo o procedimento envolvido, encontra-se no Anexo 7, onde todos os resultados obtidos com o estudo são descritos e apresentados através de gráficos e tabelas.

O estudo piloto, além de servir para o aprendizado e treinamento sobre o funcionamento do equipamento EMR-200, teve por objetivo determinar parâmetros para a realização das medidas de campo nos equipamentos de diatermia da cidade de Presidente Prudente. Neste estudo foram realizados diferentes tipos de medidas, para se poder precisar quais as diferentes variáveis que poderiam influenciar no desenvolvimento do trabalho de campo. Além disso, foram realizadas medidas experimentais em diversos pontos, dentro de uma sala que simulou uma sala de tratamento com o equipamento de DOC, para se estabelecer os locais adequados para realização das medidas da radiação eletromagnética originadas pelos equipamentos.

Foram realizados, ao todo, mais de uma centena de experimentos, sendo que cada experimento constou de diversos valores medidos, tanto de campo elétrico quanto de campo magnético.

Participaram desse estudo piloto pessoas voluntárias, que receberam aplicação da terapia com DOC, fazendo o papel de pacientes. Tais pessoas são alunos de iniciação científica, pós-graduação e professores do Laboratório de Dosimetria do IF/USP. Foram também utilizados simuladores de pacientes (conhecidos da literatura como *phantoms*)⁹⁰, que permitiram uma observação do grau de influência dos pacientes humanos na intensidade dos campos eletromagnéticos gerados pelos equipamentos de DOC. A utilização dos *phantoms* é importante, pois as medidas “*in loco*”, realizadas nas clínicas, com pacientes, são demoradas e em geral dispõe-se de pouco tempo para realizá-las, pois o aquecimento das partes tratadas ocorre em tempo pequeno (da ordem de dez minutos) e as dosagens são mudadas, durante o tratamento, para diminuir o aquecimento, a pedido dos pacientes. Esse problema obviamente não ocorre com os *phantoms*. Foram utilizados dois tipos de *phantoms*: um recipiente plástico rígido (pequena bacia de plástico), contendo 1,5 litro de solução salina, chamado *Phantom 1*; e outro recipiente plástico flexível (saco plástico), com 1,0 litro de água pura, denominado *Phantom 2*.

As medidas foram realizadas durante procedimentos que simulavam tratamentos com o equipamento de diatermia. Esses tratamentos foram possíveis primeiramente pela concessão de um equipamento de diatermia da IBRAMED, empresa nacional que fabrica e comercializa equipamentos de diatermia, conforme carta de empréstimo da empresa e carta de aceite pelo IF/USP que podem ser observados nos Anexos 8 e 9 respectivamente. Durante os tratamentos, foram

realizadas medidas de campo elétrico e magnético em pontos ao redor do equipamento de diatermia e próximo ao corpo do operador. A preocupação principal foi que os experimentos realizados em laboratório simulassem fielmente o ambiente de trabalho do fisioterapeuta que opera equipamentos de diatermia.

Foram medidas as intensidades dos campos elétrico e magnético junto ao equipamento de DOC (na frente do painel de controle; nas suas laterais e atrás), nas proximidades dos cabos condutores que ligam os eletrodos ao console do equipamento, nos eletrodos de aplicação, em regiões do corpo do paciente onde foi efetuado o tratamento, e em regiões do corpo do operador do equipamento. O fisioterapeuta se posiciona em todos esses locais para operar o equipamento de DOC e manipular o paciente e os eletrodos durante as sessões de tratamento. Foram realizadas também medidas afastando-se gradativamente a sonda do painel de controle do equipamento, dos cabos e eletrodos, para estudo do decaimento da intensidade dos campos com a distância.

O equipamento de medida realiza diversas medidas durante cada procedimento de medição, ou seja, os valores são medidos a cada milissegundo, implicando em um número excessivo de medidas realizadas. Assim, recomenda-se selecionar intervalos de tempo, para que sejam apresentadas as médias dos valores medidos em cada intervalo. No estudo com DOC, o intervalo de tempo selecionado para apresentação das médias foi de 40 segundos para tratamentos de 15 minutos e de 1 minuto para tratamentos de 20 minutos, totalizando um número de 22 e 20 médias registradas, respectivamente. Observou-se que, após decorridos 2 minutos do início do tratamento, a intensidade dos campos medidos se estabiliza e o resultado

apresentado é o mesmo, em todo tempo restante de tratamento (Ver gráficos 3 e 4 do Estudo Piloto – Anexo 7).

3.4.2. Metodologia Adotada na Realização das Medidas

Medidas de campo elétrico e magnético podem ser realizadas nas imediações da fonte emissora de radiação eletromagnética ou afastadas desta^{8,46}. Próximo da fonte emissora de radiação o campo é conhecido fisicamente como *campo próximo*, e afastado da fonte de radiação como *campo afastado*¹². No campo afastado a onda eletromagnética se comporta como uma onda plana e vale a relação abaixo entre campo elétrico e magnético:

$$E = c\mu_0 H = (377\Omega)H \quad (3.1)$$

onde E é a intensidade do campo elétrico, c é a velocidade da luz no vácuo, que é igual a 3×10^8 m/s, μ_0 , a permeabilidade magnética do vácuo e vale $4\pi 10^{-7}$ weber·A⁻¹·m⁻¹ e H , a intensidade do campo magnético. O produto $c\mu_0$, chamado impedância do espaço livre, é constante e dá 377 Ω . Assim, basta medir uma das intensidades do campo, pois a outra pode ser calculada pela fórmula citada.

Entretanto, no campo próximo a onda eletromagnética não é plana e a relação citada não vale, sendo necessário efetuar medidas de ambas as intensidades dos campos, separadamente. Onde termina o campo próximo e inicia o campo afastado é função do comprimento da onda eletromagnética e do tipo de antena emissora. Cálculos físicos mostram que se o local de medida estiver a uma distância

da fonte emissora igual ou maior do que 3 vezes o comprimento da onda eletromagnética há segurança de estar no campo afastado.

O comprimento de onda λ da onda eletromagnética pode ser obtido usando a equação 3.2:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (3.2)$$

onde c é a velocidade da luz no vácuo e f , a frequência da onda eletromagnética em questão. Portanto, no caso das ondas curtas emitidas pelo equipamento de DOC, o comprimento de onda é dado por

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{27,12 \times 10^6 \text{ Hz}} = 11 \text{ m} \quad (3.3)$$

Assim, $3 \times 11 \text{ m} = 33 \text{ m}$, indicando que só a partir de 33 m pode-se garantir estar no campo afastado. Em geral, como os locais das medidas estavam sempre a uma distância menor do que 33 m da fonte emissora de onda eletromagnética, neste trabalho mediu-se a intensidade do campo elétrico E e a do campo magnético H , separadamente. Para o procedimento de troca das sondas de medida dos campos elétrico e magnético gastava-se em média 5 minutos, o que representa 25% do tempo de tratamento de 20 minutos.

Então, a regra adotada para realização das medidas foi a de se medir os campos separadamente, utilizando-se as unidades V/m (Volts por metro), para campo elétrico, e A/m (Ampéres por metro), para campo magnético.

Como dito no item 3.3 referente ao equipamento utilizado para a medida do campo de radiação, a sonda de medida é triaxial, ou seja, faz a medida tanto do campo elétrico quanto do campo magnético em três direções ortogonais, e faz a soma

vetorial, o que está de acordo com as orientações da União Européia de Difusão de Rádio e Televisão – EBU¹⁸, que cita a necessidade de um medidor isotrópico.

Com base no estudo piloto, foram determinados alguns pontos de medida, dentro e fora da sala de tratamento com o equipamento de DOC, para realização do trabalho de campo, tanto para campo elétrico E quanto para campo magnético H , conforme descrito a seguir.

A. Pontos de medida selecionados dentro da sala de tratamento

Conforme representado na Figura 3.2, os pontos escolhidos para realização das medidas foram próximos do operador e do paciente. Devido ao caráter do trabalho ser a avaliação da exposição ocupacional do fisioterapeuta, os pontos de medida 1 e 2, ou seja, próximo a região pélvica e próximo a cabeça, foram escolhidos por serem locais no corpo do operador que podem estar mais sensíveis ao efeito da radiação eletromagnética. As regiões próximas ao corpo do paciente, região pélvica e cabeça, pontos 3 e 4 respectivamente, foram escolhidos para se realizar medidas, por serem locais em que o fisioterapeuta geralmente fica durante a sessão de tratamento com DOC, ou para acomodar o paciente, ou para conversar com ele durante a realização da terapia e também para questioná-lo sobre a sensibilidade ao aquecimento.

Foram selecionados pontos de medida próximos ao equipamento de DOC (conforme pode ser observado na Figura 3.3). Os pontos próximos aos cabos condutores e eletrodos, respectivamente pontos 5 e 6, foram escolhidos por serem locais que apresentam alta intensidade de campo elétrico e magnético conforme pôde

ser observado durante as medidas realizadas no estudo piloto e estarem geralmente em local de permanência e passagem do fisioterapeuta. Foram adotadas as seguintes definições para estes pontos, no decorrer deste trabalho:

Ponto 1: próximo à pelve do operador;

Ponto 2: na região da cabeça do operador;

Ponto 3: próximo à pelve do paciente;

Ponto 4: na região da cabeça do paciente;

Ponto 5: ao redor dos cabos elétricos que ligam os eletrodos ao equipamento;

Ponto 6: nas proximidades dos eletrodos (aplicadores) do equipamento.

Neste ponto, a sonda de medida foi posicionada próxima a área do corpo onde era realizada a aplicação e, conseqüentemente, próxima da parte do eletrodo que fica para fora do corpo do paciente. Os eletrodos das clínicas pesquisadas, quando posicionados na área a ser tratada, ficam com uma parte fora do corpo do paciente.

Figura 3.2. Pontos de medida próximos dos corpos da fisioterapeuta e do paciente.

Figura 3.3. Pontos de medida próximos do equipamento de DOC.

B. Estudo do decaimento da intensidade dos campos com a distância da fonte

Foi realizado estudo do decaimento da intensidade dos campos com relação a distância, afastando-se gradativamente a sonda de medida do painel de controle do equipamento de DOC, e medindo-se os campos às seguintes distâncias: 5, 30, 50, 70 e 100 cm (conforme mostrado na Figura 3.4).

Figura 3.4. Medidas realizadas afastando-se a sonda do painel do equipamento de DOC, para estudo do decaimento dos campos com a distância.

C. Pontos fora da sala de tratamento

Em locais fora da sala de tratamento, nos quais o fisioterapeuta costuma circular durante seu expediente de trabalho, como por exemplo, corredores próximo a sala de tratamento, salas onde são realizados outros tratamentos fisioterápicos, salas de descanso, espera e avaliação. Esse item variou de estabelecimento para estabelecimento, de acordo com a distribuição do espaço físico e a organização do trabalho.

Foi assinado um Termo de Consentimento (Anexo 5) pelo profissional fisioterapeuta, responsável pelo estabelecimento, concordando em participar desta pesquisa, no qual é assumido, por parte da pesquisadora e da Instituição à qual ela está vinculada, manter em sigilo o nome do estabelecimento e dos fisioterapeutas que ali trabalham. Portanto, cada estabelecimento foi identificado por um número, que neste caso foi de 1 a 10, pois ao todo foram pesquisados 10 estabelecimentos, aos quais pertencem os 17 equipamentos medidos.

Para facilitar a exposição gráfica dos resultados, cada marca de equipamento pesquisado será identificada por uma letra maiúscula. Entretanto, essa informação não será mantida em sigilo, pois se trata de uma informação importante saber qual a marca mais usada ou aquela que emite radiação num nível superior aos limites estabelecidos.

Será adotada a seguinte legenda para designar os equipamentos:

A: KLD – 350 p
B: IBRAMED – T 54
C: MEDICAL CIRÚRGICA - Piroflux
D: KLD – 200
E: KW - EFROM 400

O único estabelecimento em que foi necessário utilizar o *phantom* durante a realização das medidas, foi a clínica número 1, pois, conforme relatado pelo fisioterapeuta responsável, a demanda de pacientes que utilizam terapia com DOC é muito pequena. Por esta razão, não foram medidos os campos elétrico e magnético dos pontos 3 e 4, respectivamente a cabeça e região pélvica do paciente. Em todos os outros estabelecimentos as medidas foram realizadas durante o trabalho, nos atendimentos normais do fisioterapeuta, no tratamento de pacientes, tendo sido tomados todos os cuidados necessários para não interferir na realidade da prática profissional do mesmo.

3.5. Metodologia Adotada na Análise e Interpretação dos Resultados

3.5.1. Comparação com os Níveis de Referência da ICNIRP

Os resultados obtidos com as medidas foram comparados com os níveis de referência para exposição ocupacional para campos elétrico e magnético, recomendados pela ICNIRP²⁸ e mostrados na Tabela 3.1. Segundo as normas estabelecidas por esta Comissão, os níveis de referência apresentados na tabela não devem ser ultrapassados. É importante observar que tais níveis de referência se referem a uma exposição de 6 minutos.

A frequência das ondas curtas emitidas pelo equipamento de diatermia é de 27,12 MHz. Portanto, pela tabela acima, utilizando o intervalo de frequência de 10-

400 MHz, o **limite de exposição ocupacional** para campo elétrico é de 61 V/m e para campo magnético, de 0,16 A/m.

TABELA 3.1. Limites de exposição ocupacional a campos elétrico, magnético e densidade de potência, recomendados pela ICNIRP ²⁸.

Intervalo da frequência	Limite de exposição a campo elétrico <i>E</i> (V/m)	Limite de exposição a campo magnético <i>H</i> (A/m)	Densidade de Potência de onda plana equivalente <i>S</i> _{eq} (W/m ²)
Até 1 Hz		1,63x10 ⁵	-
1-8 Hz	20 000	1,63x10 ⁵ / <i>f</i> ²	-
8-25 Hz	20 000	2x10 ⁴ / <i>f</i>	-
0,025-0,82 kHz	500/ <i>f</i>	20/ <i>f</i>	-
0,82-65 kHz	610	24,4	-
0,065-1 MHz	610	1,6/ <i>f</i>	-
1-10 MHz	610/ <i>f</i>	1,6/ <i>f</i>	-
10-400 MHz	61	0,16	10
400-2000 MHz	3 <i>f</i> ^{1/2}	0,008 <i>f</i> ^{1/2}	<i>F</i> /40
2-300 GHz	137	0,36	50

Fonte: ICNIRP²⁸.

Legenda: *E* (V/m): Campo Elétrico, medido em Volts por metro;
H (A/m): Campo Magnético, medido em Ampères por metro;
MHz: Megahertz; W/m²: watts por metro quadrado;
f: frequência como indicada na 1ª coluna
Para frequências entre 100 kHz e 10 GHz, os valores de *E*², *H*², e *S*_{eq} devem ser considerados como a média calculada durante um intervalo de tempo de 6 min.

3.5.2. Análise Relativa à Limitação do Tempo de Exposição

Para a verificação de obediência aos limites de exposição às ondas eletromagnéticas com frequência entre 100 kHz e 10 GHz, deve-se considerar o intervalo de tempo de exposição à energia transportada pela onda eletromagnética, durante o qual se faz a média dessa exposição. A densidade de potência, também chamada *vetor de Poynting*, é a quantidade de energia transportada por uma onda eletromagnética e é igual ao produto vetorial de E por H que, no caso do campo afastado, por existir uma relação entre ambos os campos, valem as relações:

$$S_{eq} = \frac{E^2}{377} = 377H^2. \quad (3.4)$$

Os equipamentos existentes medem experimentalmente E ou H e depois se calcula o S_{eq} . Como no campo próximo (que é o caso de medidas realizadas nesta tese) não vale a relação entre E e H , a segunda igualdade da Equação (3.4) não vale, e ambas as intensidades dos campos devem ser medidas.

Tanto para exposição ocupacional quanto para a do público em geral, o intervalo de tempo de exposição é de 6 minutos para os níveis de referência estabelecidos em norma, apresentados na Tabela 3.1. Este intervalo de tempo de exposição a que se refere a norma da ICNIRP é baseado na Constante de Tempo Térmica do tecido biológico e foi estabelecido ao redor de 1966¹. Define-se constante de tempo térmica como sendo o intervalo de tempo necessário para que o tecido exposto à onda eletromagnética de frequência alta atinja 63% da temperatura final.

¹ Comunicação pessoal entre A. Guy, da Universidade de Washington, e E. Okuno, do IF-USP.

Se, por exemplo, o nível de exposição for 2 vezes o de referência (limite), o tempo de exposição permitido seria de 3 min, contanto que a pessoa não tenha sido exposta durante os anteriores ou subseqüentes 3 minutos. Passados então esses 3 minutos sem se expor, pode novamente ser exposto, seguindo a mesma regra acima. Várias combinações de exposição e de tempo podem ser obtidas, dependendo dos níveis de exposição e das atividades ou tarefas do trabalhador.

O limite de exposição ocupacional da ICNIRP para densidade de potência equivalente (S_{eq}) ao de uma onda plana, para ondas eletromagnéticas com frequência entre 10 e 400 MHz, que é de 10 W/m^2 , é uma média durante 6 min. Para estar dentro dos limites, deve-se então obedecer à regra²:

$$S_{\text{exp}} t_{\text{exp}} \leq S_{\text{limit}} t_{\text{limit}} \quad (3.5)$$

onde S_{exp} é o nível de densidade de potência a que o trabalhador está exposto, t_{exp} é o tempo de exposição permitido para S_{exp} ; S_{limit} , o limite de exposição e t_{limit} , o intervalo de tempo de 6 min.

Assim, o t_{exp} pode ser calculado de:

$$t_{\text{exp}} \leq \frac{S_{\text{limit}} t_{\text{limit}}}{S_{\text{exp}}} \quad (3.6)$$

Da expressão (3.6) segue que o limite de exposição acaba redundando em tempo de exposição, após a determinação de densidade de potência. Assim, substituindo-se (3.4) em (3.5), chegam-se às equações para E^2 e H^2 equivalentes:

$$\begin{aligned} \frac{E_{\text{exp}}^2}{377} t_{\text{exp}} &\leq \frac{E_{\text{limit}}^2}{377} t_{\text{limit}} ; \\ E_{\text{exp}}^2 t_{\text{exp}} &\leq E_{\text{limit}}^2 t_{\text{limit}} \end{aligned} \quad (3.7)$$

ou

² Comunicação pessoal de E. Okuno, do IF-USP.

$$\begin{aligned}
 377H_{\text{exp}}^2 t_{\text{exp}} &\leq 377H_{\text{limit}}^2 t_{\text{limit}} ; \\
 H_{\text{exp}}^2 t_{\text{exp}} &\leq H_{\text{limit}}^2 t_{\text{limit}}
 \end{aligned}
 \tag{3.8}$$

O termo t_{limit} que comparece nestas expressões é sempre igual a 6 min, e calcula-se o tempo de exposição (t_{exp}) a partir ou da equação (3.7) ou (3.8), e por segurança usa-se o menor entre os dois valores obtidos.

Assim, a primeira recomendação é ficar o mais distante possível da fonte emissora de onda eletromagnética, pois tanto a intensidade do campo elétrico quanto do campo magnético diminuem com a distância. Se não houver possibilidade de se afastar, deve-se limitar o tempo de exposição.

De acordo com a bibliografia pesquisada^{3, 28, 29, 57} existem diferentes fontes de referência de limites de exposição ocupacional, propostos pelas Agências Internacionais de Proteção à Saúde Pública e Ocupacional (ACGIH, NRPB CENELEC, IEEE), sendo que diversos países possuem seus próprios limites de exposição à radiação eletromagnética não-ionizante. Entretanto, nesse trabalho optou-se por comparar os resultados obtidos com os limites de exposição ocupacional à radiação eletromagnética publicados pela ICNIRP, que é um órgão independente, cujos níveis de referência são recomendados pela OMS – Organização Mundial de Saúde, aos países que não possuem padrão de limite para exposição ocupacional a esse tipo de radiação.

A ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações, em sua Resolução Nº 303, de 02/07/2002, aprovou o regulamento sobre limitação da exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na faixa de radiofrequência entre 9 kHz e 300 GHz. Nessa faixa, os limites de exposição da ANATEL coincidem com os da ICNIRP, tanto os ocupacionais quanto para o público em geral. Portanto, os

limites ocupacionais apresentados na Tabela 3.1 são também os da ANATEL, o que contribuiu para a escolha dos níveis da ICNIRP como referência, neste trabalho. Convém mencionar novamente que o Brasil caminha no sentido de estabelecer limites próprios de exposição às radiações não-ionizantes, conforme indicam as discussões que se iniciaram em 2002, com a criação do GT – FUNASA, pela Portaria 220, citada na introdução.

3.5.3. Comparação com os Resultados Obtidos no Estudo Piloto

A comparação dos limites da ICNIRP com os resultados obtidos no trabalho de campo foi realizada em função de duas variáveis: campo elétrico e campo magnético.

Foi feita, também, uma comparação entre os resultados obtidos nos equipamentos da cidade de Presidente Prudente e os resultados encontrados no estudo piloto, realizado no Laboratório de Dosimetria do Instituto de Física da USP, com relação às mesmas variáveis definidas acima.

Devido às condições adotadas e controladas na coleta de dados do estudo piloto, é importante analisar os resultados das medidas de campo e fazer uma comparação com relação aos resultados obtidos no estudo piloto. Neste estudo, todas as variáveis passíveis de controle foram observadas e controladas. O equipamento de diatermia de DOC utilizado no estudo foi um equipamento novo e em excelentes condições de uso. O ambiente onde foram realizadas as medidas foi organizado para simular as salas de tratamento com equipamentos de diatermia de ondas curtas

existentes nas clínicas de fisioterapia, todas as possíveis interferências internas e externas que poderiam ocorrer durante as medidas foram controladas. A seleção da dose do equipamento de DOC do estudo piloto, que como foi citado na introdução é geralmente escolhido empiricamente, foi a mesma durante cada uma das medidas, sendo isso possível devido a utilização do *phantom* no lugar do paciente. Por essas razões, os resultados obtidos no estudo piloto foram comparados com os resultados obtidos nas medidas de campo, com o objetivo de se apurar possíveis diferenças dos resultados de ambos os estudos, levando-se em conta que, no trabalho de campo, as condições existentes para a realização das medidas não podem, em geral, ser totalmente controladas, como é feito no laboratório. Assim, os dados obtidos com o estudo piloto serviram como parâmetro norteador do trabalho de campo.

4. RESULTADOS

4.1. Sobre o Funcionamento dos Equipamentos de DOC Estudados

Os equipamentos estudados apresentam diferentes formas de seleção de dose e sintonia (ver Tabela 4.1), o que leva a um empirismo na escolha desses parâmetros pelo operador, nas sessões de tratamento.

TABELA 4.1. Marca dos equipamentos de DOC medidos e suas características funcionais.

Marca	Sintonia	Dose	Pulsátil	Contínuo
A*	% de RF de power (1 a 100)	Sem numeração	X	X
B	1-10 lâmpadas	Números 1-7 (1 menor dose; 7 maior dose)	X	X
C	1 –300 mA	Números de 1-10 (1 menor dose; 10 maior dose)	-	X
D*	% RF	Sem numeração	-	X
E	1-7 lâmpadas	Números de 1 a 10(1 menor dose; 10 maior dose)	-	X

* Os botões de dose desses equipamentos não apresentam numeração, mas pelo seu *layout* pode-se saber se a intensidade selecionada é mais alta ou mais baixa.

Observa-se que não é possível precisar a dose e a sintonia adequada a ser usada durante as sessões de tratamento com o DOC, pois não existe uma padronização dos equipamentos quanto à forma de ajuste desses parâmetros nos

aparelhos. O que ocorre na prática é que o profissional adota, de acordo com seu critério, uma dosagem julgada adequada e vai acertando esta dosagem de acordo com o nível de aquecimento e sensibilidade relatados pelo paciente, durante as sessões de tratamento. Estes níveis são distintos, variando de paciente para paciente.

Os equipamentos de DOC podem funcionar em modo contínuo ou pulsátil e conforme pode ser observado na Tabela 4.1, somente os equipamentos das marcas A e B podem funcionar nos dois modos, podendo o operador utilizar um ou outro conforme descrito na introdução.

A Tabela 4.2 apresenta a relação dos estabelecimentos onde foram realizadas as medidas, a quantidade de equipamentos de DOC em cada um destes estabelecimentos, o número que o equipamento de DOC recebeu na apresentação gráfica dos resultados das medidas e suas respectivas marcas. Na representação gráfica dos resultados, feita no decorrer deste capítulo, é possível relacionar com facilidade o equipamento de DOC (de 1 a 17), sua marca (de A a E) e o estabelecimento ao qual ele pertence (1 a 10).

Ao todo foram estudados: 10 equipamentos da marca A, 3 da marca B, 2 da marca C, 1 da marca D e 1 da marca E, distribuídos nos estabelecimentos conforme a Tabela 4.2.

Os equipamentos da marca A foram os mais encontrados nos estabelecimentos fisioterápicos. A marca B é, coincidentemente, a mesma do equipamento utilizado no estudo piloto. Os da marca C não são mais fabricados atualmente, sendo que os equipamentos de ambos os estabelecimentos têm mais de 20 anos. Os equipamentos das marcas C, D e E funcionam apenas no modo contínuo, e os da marca A e B funcionam nos modos contínuo e pulsátil.

TABELA 4.2. Relação da quantidade de equipamentos de DOC nas clínicas estudadas e suas respectivas marcas.

Clínica	Quantidade de Equipamentos	Número do equipamento	Marca
1	1	1	B
2	2	2 e 3	E; C
3	1	4	C
4	2	5 e 6	B
5	1	7	A
6	1	8	A
7	3	9,10 e 11	A
8	2	12 e 13	A; D
9	2	14 e 15	A
10	2	16 e 17	A

De acordo com os responsáveis pelos estabelecimentos visitados, os equipamentos nunca passaram por manutenção alguma, sendo que é realizada uma revisão neles somente no caso de troca de sua válvula elétrica. Entretanto a troca da válvula não é efetuada pelas empresas fabricantes e nem por assistência técnica autorizada ou especializada. Não foi possível o acesso aos manuais dos equipamentos, onde se poderia obter melhores informações sobre ano de fabricação e funcionamento, pois tais manuais se extraviaram, ou os estabelecimentos nunca os possuíram.

4.2. Quantidade de Tratamentos com o Equipamento de DOC

Quanto aos atendimentos com DOC, nos dez estabelecimentos pesquisados, com exceção da clínica número 1 que informou o número de tratamentos realizados, de um paciente por mês em média, todos os outros estabelecimentos não souberam precisar, mesmo pelas fichas de atendimento, qual o número exato de pacientes tratados com DOC no período de um dia, semana ou mês. Segundo as informações prestadas, a cada dia a demanda é diferente do dia anterior, pois o que conta no atendimento prático é a disponibilidade do equipamento para a realização da terapia, e também a ida do paciente à clínica para fazer o tratamento. Por isso, as fichas de atendimento e avaliação onde é prescrita a utilização da terapia por DOC e o número das sessões de tratamento, não retratam o que ocorre na realidade.

4.3. Estabelecimentos que Possuem Gaiola de Faraday

Em três dos estabelecimentos pesquisados, os de número 7, 9 e 10, aos quais pertencem os equipamentos de DOC 9, 10, 11, 14, 15, 16 e 17, todos da marca A, as salas de tratamento são revestidas por telas de metal, constituindo o que se chama Gaiola de Faraday. A instalação destas gaiolas têm por objetivo isolar as ondas eletromagnéticas emitidas pelos equipamentos de DOC, evitando desta forma que interfiram no funcionamento de outros equipamentos eletrônicos que estão fora da sala de tratamento com DOC. Do ponto de vista do responsável pelo estabelecimento e também dos operadores, um outro motivo para a instalação desses

equipamentos, seria o de evitar a exposição ocupacional desses profissionais. Cabe aqui ressaltar que isto somente é verdade quando eles se encontram *fora* da sala de tratamento com o DOC. Os responsáveis não souberam informar com precisão, os dados técnicos sobre essas Gaiolas de Faraday (espessura, tipo de material usado, tamanho da malha), necessários para assegurar que o isolamento dos campos seja de fato realizado.

Quando se coloca uma Gaiola de Faraday cercando a sala onde se encontra o equipamento emissor, as ondas emitidas se concentram dentro do equipamento emissor, pois a presença da gaiola não permite que elas saiam. Sempre há um pequeno vazamento, mas a maior parte fica dentro da gaiola, como ocorre com os fornos de microondas. No forno, até a janela de vidro possui uma grade metalizada, que faz parte da gaiola.

4.4. Resultados das Medidas do Campo Elétrico

Nesta seção os resultados das medidas são apresentados na forma de gráficos, nos quais pode-se comparar facilmente os resultados obtidos nos 17 equipamentos de DOC analisados, considerando-se os pontos de medida, descritos na metodologia. Nos gráficos são apresentados, além dos resultados obtidos, o limite de exposição ocupacional estabelecido nas normas da ICNIRP e também os resultados obtidos no estudo piloto, no mesmo ponto, para fins de comparação.

4.4.1. Resultados do Campo Elétrico em Seis Pontos Diferentes Dentro da Sala de Tratamento com o Equipamento de DOC

No gráfico apresentado na Figura 4.1 observa-se que, no ponto 1 (descrito na metodologia), sete equipamentos apresentam campo elétrico com intensidade acima do limite estabelecido nas normas da ICNIRP, sendo que dez deles apresentam campo elétrico abaixo desse limite. Portanto, 59% estão dentro das normas da ICNIRP e 41% estão acima. Os equipamentos 2, 7, 9 e 17 são os que apresentam maior campo elétrico neste ponto, acima de 100 V/m, chegando até a 330 V/m, como é o caso do número 7. Observa-se que três destes quatro são da marca A (KLD).

Figura 4.1. Intensidade do campo elétrico no **ponto 1**, próximo a região pélvica do operador, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente.

Figura 4.2. Intensidade do campo elétrico no **ponto 2**, próximo a cabeça do operador, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente.

No ponto 2, próximo à cabeça do operador, todas as medidas deram como resultado um campo elétrico de intensidade inferior ao limite estabelecido nas normas da ICNIRP (conforme gráfico apresentado na Figura 4.2). Portanto, pode-se dizer que não existe risco de exposição ocupacional para os fisioterapeutas que manipulam o equipamento nessa posição. Este resultado é corroborado pelas medidas efetuadas no estudo piloto que, também neste ponto, se encontram abaixo do limite proposto.

Figura 4.3. Intensidade do campo elétrico no **ponto 3**, próximo a região pélvica do paciente, em 17 equipamentos de DOC na cidade de Presidente Prudente.

No ponto 3, próximo à região pélvica do paciente, cinco equipamentos apresentaram campo elétrico acima do limite proposto (ver Figura 4.3). Dessa forma, 31% estão com campo elétrico acima do limite da ICNIRP e 69%, abaixo do limite. Nessa posição os que apresentaram maiores intensidades do campo elétrico foram os de número 8, 16 e 17, todos da marca A, com campo elétrico acima de 100 V/m.

Figura 4.4. Intensidade do campo elétrico no **ponto 4**, próximo a cabeça do paciente, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente.

No gráfico da Figura 4.4 observa-se que, no ponto 4, próximo à cabeça do paciente, três equipamentos apresentaram campo elétrico com intensidade acima dos níveis de referência da ICNIRP, ou seja, 18% dos equipamentos estão acima do limite e 82% estão dentro do limite. Destes, o que apresenta maior campo, nessa posição, é o equipamento 7, também da marca A, com campo de 180 V/m, quase o triplo do limite recomendado. O resultado obtido com o estudo piloto, neste mesmo ponto, está abaixo do limite estabelecido e também abaixo do campo encontrado em quase todos os equipamentos analisados, com exceção dos equipamentos 2 e 3.

Figura 4.5. Intensidade do campo elétrico no **ponto 5**, próximo aos cabos condutores, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente.

No ponto 5 (gráfico da Figura 4.5), todos os equipamentos apresentaram campo elétrico acima dos níveis de referência da ICNIRP, com campos extremamente altos, comparados ao limite estabelecido. Em cinco dos equipamentos analisados, a intensidade do campo elétrico medido foi dez vezes mais alta que o nível de referência considerado, chegando a ser vinte vezes mais alta, no caso dos equipamentos 2 (marca E) e 9 (marca A). Pode-se concluir assim que este é um local que deve ser evitado pelo fisioterapeuta, ao manipular o equipamento de DOC, durante as sessões de tratamento. Neste ponto, até mesmo o resultado obtido com o estudo piloto se encontra acima do limite estabelecido, sendo cerca de seis vezes superior a este limite. Trata-se, realmente, de um local que oferece risco de exposição ao operador do equipamento.

Figura 4.6. Intensidade do campo elétrico no **ponto 6**, próximo aos eletrodos, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente.

No gráfico da Figura 4.6 observa-se que no ponto 6, com exceção do equipamento número 1, todos os demais apresentaram campo elétrico com intensidade acima do limite aqui considerado. Nos equipamentos 16 e 17, o campo medido foi da ordem de dez vezes o limite, sendo que para o equipamento número 6, da marca B, o campo encontrado chegou a ultrapassar 30 vezes o limite da ICNIRP. Neste local, o campo encontrado no estudo piloto é também aproximadamente seis vezes superior ao limite estabelecido.

4.5. Resultados das Medidas do Campo Magnético

A seguir, são apresentados os resultados das medidas de campo magnético, realizadas nos mesmos 6 locais, dentro da sala de tratamento com equipamento de

DOC. A exposição dos dados obtidos segue o mesmo formato daquela utilizada na apresentação dos resultados para campo elétrico: são mostrados os gráficos com as medidas efetuadas nos 17 equipamentos, e também o limite de exposição ocupacional estabelecido pela ICNIRP e o resultado obtido no estudo piloto, no mesmo ponto de medida.

4.5.1. Resultados do Campo Magnético em Seis Pontos Diferentes Dentro da Sala de Tratamento com o Equipamento de DOC.

Figura 4.7. Intensidade do campo magnético no **ponto 1**, próximo à região pélvica do operador, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente.

No gráfico que mostra as medidas do campo magnético realizadas no ponto 1 (Figura 4.7), observa-se que os equipamentos 2, 4, 5, 7, 9, 11, 16 e 17 apresentaram

intensidades de campo magnético acima do limite da ICNIRP. O equipamento 7, da marca A, apresentou um campo magnético da ordem de quatro vezes o limite proposto. O resultado obtido no estudo piloto é, aproximadamente igual ao limite, se considerarmos os erros inerentes ao processo de medida.

Figura 4.8. Intensidade do campo magnético no **ponto 2**, próximo à cabeça do operador, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente.

De forma semelhante aos resultados das medidas da intensidade do campo elétrico, no ponto 2, todos os equipamentos apresentaram, neste local, campo magnético com intensidade abaixo do limite da ICNIRP (Figura 4.8). O resultado obtido com o estudo piloto corrobora esta tendência. Assim, pode-se concluir que, neste local, não há perigo de risco de exposição ocupacional à radiação proveniente do equipamento de DOC, para o operador.

Figura 4.9. Intensidade do campo magnético no **ponto 3**, próximo à região pélvica do paciente, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente.

No gráfico da Figura 4.9 pode-se observar que os equipamentos 4, 6, 10, 11, 12, 14, 15, 16 e 17, apresentaram campo magnético acima do limite proposto nas normas da ICNIRP. Destes nove equipamentos, sete são da marca A. Seis deles apresentam campo magnético com intensidade cerca de quatro vezes mais alta que o limite estabelecido. Observe que o resultado obtido no estudo piloto é também superior a esse limite.

Figura 4.10. Intensidade do campo magnético no **ponto 4**, próximo à cabeça do paciente, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente.

No ponto 4, próximo à cabeça do paciente, observa-se, no gráfico mostrado na Figura 4.10, que os equipamentos 2, 4, 7, 9, 11, 12 e 16, apresentaram campo magnético acima do limite considerado. Nos nove equipamentos restantes, e também no estudo piloto, o campo encontrado está abaixo desse limite.

No ponto 5, todos os equipamentos avaliados apresentaram campo magnético acima dos limites propostos pela ICNIRP (ver Figura 4.11). Determinados equipamentos apresentaram campos muito altos, excedendo até 100 vezes este limite, como é o caso dos equipamentos 9, 10, 16 e 17, todos da marca A. Um fato interessante a ser considerado é que estes equipamentos pertencem ao estabelecimento 7 (equipamentos 9 e 10) e ao estabelecimento 10 (equipamentos 16 e 17), que possuem Gaiola de Faraday. Essa constatação é bastante importante, pois tal equipamento foi instalado exatamente com o objetivo de proteger o operador e

outros equipamentos fora da sala de tratamento com o DOC das radiações eletromagnéticas, e está expondo mais o operador, quando ele se encontra dentro da sala de tratamento. Isso pode indicar a necessidade de uma revisão da função desse equipamento de proteção, quanto aos benefícios e malefícios, tanto para o funcionamento geral da clínica, quanto para o operador e até mesmo para o paciente.

Figura 4.11. Intensidade do campo magnético no **ponto 5**, próximo aos cabos condutores, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente.

Figura 4.12. Intensidade do campo magnético no **ponto 6**, próximo aos eletrodos, em 17 equipamentos de DOC na cidade de Presidente Prudente.

No gráfico da Figura 4.12 observa-se, inicialmente, que os resultados da intensidade do campo magnético no ponto 6, obtido no estudo piloto, é o mesmo que o nível de referência da ICNIRP, portanto uma linha se sobrepõe a outra no gráfico. Por outro lado, com exceção do equipamento e 13, todos os demais apresentam, neste local, campo magnético com intensidade acima do limite estabelecido pela ICNIRP, sendo que nos equipamentos 4, 10 e 17 a intensidade do campo magnético encontrado é mais de trinta vezes superior a este limite. Pode-se concluir que este é um local que deve realmente ser evitado pelo operador do equipamento, durante as sessões de tratamento. Lembremos que, neste ponto, o campo elétrico também é bastante alto, chegando a ultrapassar trinta vezes o limite da ICNIRP, em alguns equipamentos.

4.6. Medidas dos Campos em Função da Distância

4.6.1. Medidas do Campo Elétrico em Função da Distância ao Painel de Controle do Equipamento de DOC

No gráfico mostrado na Figura 4.13, são apresentadas as medidas de campo elétrico obtidas em função da distância da sonda ao painel de controle do equipamento de DOC. Os gráficos das Figuras 4.14 e 4.15 apresentam os mesmos resultados, divididos em equipamentos que apresentaram campo abaixo do limite e os que apresentaram campo acima do limite, respectivamente.

Figura 4.13. Intensidade do campo elétrico em função da distância ao painel de controle, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente.

Figura 4.14. Intensidade do campo elétrico em função da distância ao painel de controle, em equipamentos de DOC com intensidade de campo abaixo do limite da ICNIRP, na cidade de Presidente Prudente.

Figura 4.15. Intensidade do campo elétrico em função da distância ao painel de controle, em equipamentos de DOC, que apresentaram intensidade de campo acima dos limites da ICNIRP, na cidade de Presidente Prudente.

A uma distância de 5 cm do painel de controle dos equipamentos 2, 7, 8, 9, 11, 16 e 17, a intensidade do campo elétrico encontra-se acima do limite da ICNIRP, ou seja, 7 equipamentos (41%) apresentam valores acima do limite. A uma distância de 30 cm, apenas o campo dos equipamentos números 7 e 17 estão acima do limite e os 15 equipamentos restantes apresentam campos abaixo do limite estabelecido. Nas outras posições (50, 70 e 100 cm), o campo elétrico medido em todos os equipamentos está abaixo do limite proposto pela ICNIRP. Os resultados obtidos com o estudo piloto, em todas as distâncias consideradas, estão abaixo deste limite.

Convém observar que em alguns dados apresentados ocorre similaridade dos resultados obtidos a 5 cm de distância do painel de controle, com aqueles obtidos no ponto 1 (Figura 4.1) que é a região pélvica do operador, entretanto isto é apenas uma coincidência. Apesar de na Figura 8, no Capítulo 3, parecer que a região pélvica do operador (ponto 1) se encontra a frente do painel de controle do equipamento, isso não retrata o que ocorre na prática nas clínicas onde foram realizadas as medidas. Existem equipamentos de DOC portáteis e de console (gabinete), sendo que seu tamanho e altura variam e em alguns casos o painel dos mesmos se encontra junto a região torácica do operador. Em outros estabelecimentos, dependendo do tamanho da sala onde se encontra o equipamento de DOC e da disposição do mobiliário (maca, mesa, equipamento), o ponto 1 fica mais próximo dos eletrodos que do painel de controle. Por esses motivos é importante salientar que, apesar de parecer que existe uma igualdade entre as medidas obtidas na distância 5 cm da Figura 4.13 e aquelas obtidas no ponto 1, isso é apenas mera coincidência.

O decaimento da intensidade do campo com a distância d da fonte emissora (painel do equipamento) é um resultado esperado. Ele se deve à atenuação pelo vapor

d'água no ar e principalmente pela própria distribuição da energia por uma área cada vez maior quanto mais a sonda é afastada da fonte emissora. Esse último decaimento é quadrático se o tamanho da fonte emissora puder ser considerada pontual. Testes realizados mostraram que o decaimento exponencial, descrito pela equação (4.1), é o que melhor ajustou os dados experimentais:

$$E = E_o e^{-\mu_E d} \quad (4.1)$$

onde E_o é o valor do campo elétrico para distância $d = 0$ e μ_E é um parâmetro que se relaciona com o nível de decaimento do campo elétrico naquele ambiente e com algumas características da fonte emissora de radiação como tamanho, frequência, por exemplo, e será denominado coeficiente de atenuação linear.

A equação (4.1) pode também ser escrita:

$$\log E = \log E_o - \mu_E d \log e = \log E_o - \mu_E d 0,434 \quad (4.2)$$

Colocando os valores do campo elétrico E medido no eixo das ordenadas num gráfico semilogarítmico e as distâncias d correspondentes no eixo das abscissas a reta que ajusta os dados tem o coeficiente angular igual a $-\mu_E 0,434$. A partir do coeficiente angular obtido através do ajuste pode-se calcular o valor do μ_E .

Pode-se observar que as equações 4.1 e 4.2 valem também para campo magnético, bastando substituir E por H , E_o por H_o e μ_E por μ_H .

Cabe aqui ressaltar que o modelo exponencial se ajustou muito bem aos conjuntos de dados experimentais obtidos na maioria dos casos, havendo apenas algumas exceções (caso do campo elétrico do equipamento 3 e campo magnético do equipamento 1). Nestes casos ajustes mais elaborados poderiam dar um melhor resultado, porém não é esse o objetivo deste trabalho.

Para realização da análise de decaimento tanto do campo elétrico quanto do campo magnético com a distância, na escala semi-log, apresentada nas Figuras 4.16 a 4.18, os equipamentos foram agrupados por marcas, sempre que possível, ou por eles estarem numa sala com ou sem a gaiola de Faraday. Na Figura 4.16 a) foram agrupados os equipamentos da marca B; na Figura 4.16 b), os equipamentos das marcas C, D e E; na Figura 4.17 a), os equipamentos da marca A sem a gaiola de Faraday; na Figura 4.17 b), os equipamentos da marca A com a gaiola de Faraday do estabelecimento número 7; e na Figura 4.18, os equipamentos da marca A dos estabelecimentos 9 e 10, com a gaiola de Faraday.

A radiação de fundo (BG) foi medida em cada estabelecimento, com os equipamentos desligados. Ela foi subtraída das medidas de campo em cada lugar, antes de sua colocação nos gráficos. Nas Figuras, os pontos são experimentais e as retas são aquelas obtidas por ajuste computacional, usando a equação (2). O ajuste dos valores obtidos pela funções mencionadas foi bastante preciso, apresentando um pequeno erro, em geral da ordem de cinco por cento.

Figura 4.16. Decaimento (escala semi-log) do campo elétrico E em função da distância. O número e a marca de cada equipamento é mostrado junto do gráfico de decaimento (na Figura (a), equipamento 1 da marca B, equipamento 6 da marca B, e assim por diante).

Figura 4.17. Decaimento (escala semi-log) do campo elétrico E em função da distância. O número, a marca e o modo de operação (contínuo c, pulsátil p), de cada equipamento, é mostrado junto do gráfico de decaimento (na Figura (a), equipamento 12 da marca A, operando no modo contínuo, e assim por diante).

Figura 4.18. Decaimento (escala semi-log) do campo elétrico E em função da distância. O número, a marca e o modo de operação (contínuo c, pulsátil p), de cada equipamento, é mostrado junto do gráfico de decaimento (equipamento 14 da marca A, operando no modo pulsátil, e assim por diante). A letra g indica que o estabelecimento possui Gaiola de Faraday.

4.6.2. Medidas de Campo Magnético em Função da Distância ao Painel de Controle do Equipamento de DOC

No gráfico da Figura 4.19 são apresentadas as medidas de campo magnético obtidas em função da distância da sonda ao painel de controle do equipamento de DOC. Somente os equipamentos 1 e 14 apresentam campo magnético com intensidade abaixo do limite, a uma distância de 5 cm do painel de controle, sendo

que os demais equipamentos apresentam intensidades acima do limite, nesta mesma posição, conforme pode-se observar na Figura 4.19. Entretanto, a 30 cm do painel de controle, somente os equipamentos 2, 4, 5 e 6 apresentam campo magnético acima do limite, corroborando o que já havia sido observado com as medidas de campo elétrico, que a intensidade do campo de radiação diminui muito com a distância da fonte.

Figura 4.19. Intensidade do campo magnético em função da distância ao painel de controle, em 17 equipamentos de DOC, na cidade de Presidente Prudente.

Figura 4.20. Intensidade do campo magnético em função da distância ao painel de controle, em equipamentos de DOC, que apresentaram intensidade de campo abaixo dos limites da ICNIRP, na cidade de Presidente Prudente.

Figura 4.21. Intensidade do campo magnético em função da distância ao painel de controle, em equipamentos de DOC, que apresentaram intensidade de campo acima dos limites da ICNIRP, na cidade de Presidente Prudente.

Fazendo o ajuste dos dados obtidos, pode-se constatar também, como no caso do campo elétrico, que esse decaimento do campo magnético com a distância é exponencial, de acordo com o modelo matemático dado pela equação 4.1.

Da mesma forma que foi feito para o decaimento do campo elétrico, nas Figuras 4.22, 4.23 e 4.24 são apresentados os decaimentos, na escala semi-log, do campo magnético dos dezesseis equipamentos estudados.

Figura 4.22. Decaimento (escala semi-log) do campo magnético H em função da distância. O número e a marca de cada equipamento é mostrado junto do gráfico de decaimento (na Figura (a), equipamento 1 da marca B, equipamento 5 da marca B, e assim por diante.)

Figura 4.23. Decaimento (escala semi-log) do campo elétrico H em função da distância. O número, a marca e o modo de operação (contínuo c, pulsátil p), de cada equipamento, é mostrado junto do gráfico de decaimento (na Figura (a), equipamento 12 da marca A, operando no modo contínuo, e assim por diante).

Figura 4.24. Decaimento (escala semi-log) do campo elétrico H em função da distância. O número, a marca e o modo de operação (contínuo c, pulsátil p), de cada equipamento, é mostrado junto do gráfico de decaimento (equipamento 14 da marca A, operando no modo pulsátil, e assim por diante). A letra g indica que o estabelecimento possui Gaiola de Faraday.

4.6.3. Análise dos coeficientes de atenuação

Pelas Figuras 4.16 a 4.18 e Figuras 4.22 a 4.24 observa-se que as retas representativas do decaimento não são paralelas para equipamentos da mesma marca ou de marcas diferentes, ou ainda por estarem numa sala com ou sem a gaiola de Faraday. Ou dito de outra forma, o decaimento dos campos independe da marca do equipamento ou da sala estar ou não blindada. Para uma análise quantitativa, foram calculados os valores dos coeficientes de atenuação linear para campo elétrico μ_E e para campo magnético μ_H , cujos valores estão na Tabela 4.3, juntamente com a marca dos equipamentos, e os valores do campo elétrico e do campo magnético de fundo.

A diferença dos coeficientes de atenuação de um aparelho para outro que, a princípio, não deveria existir, pode ser explicada pelas diferentes disposições dos equipamentos, com relação ao mobiliário das salas de tratamento e das demais fontes que emitem radiação, como os cabos e os eletrodos do próprio equipamento. De fato,

segundo Docker⁸², página 23, um dos maiores problemas com os emissores de radiação atualmente é a alta porcentagem de reflexão das ondas eletromagnéticas por eles geradas. Tais reflexões, causadas em grande parte pela disposição do mobiliário, pelo próprio corpo do paciente, somam-se aos campos gerados pela válvula emissora, incluindo as emitidas pelos cabos e pelos eletrodos, interferindo no decaimento do campo, conforme observado com os experimentos.

TABELA 4.3. Valores dos campos elétrico e magnético com o equipamento desligado, tanto para campo elétrico como para campo magnético, e o coeficiente de atenuação μ , da radiação proveniente da fonte emissora.

Equipamento	Marca	Modo de Operação	$E_{BG}(V/m)$	$H_{BG}(A/m)$	$\mu_E(cm^{-1})$ sem BG	$\mu_H(cm^{-1})$ sem BG
1	B	Pulsado	0,56	0,0112	0,0135	0,0534
2	E	Contínuo	0,45	0,018	0,0332	0,0663
3	C	Contínuo	0,45	0,018	0,0141	0,0394
4	C	Contínuo	0,68	0,014	0,0226	0,0302
5	B	Contínuo	0,65	0,0145	0,0146	0,0271
6	B	Contínuo	0,65	0,0145	0,0227	
7	A	Pulsado	0,32	0,0079	0,0299	0,0763
8	A	Pulsado	0,50	0,0283	0,0297	0,0668
9 - com gaiola	A	Contínuo	0,52	0,0068	0,0380	0,0207
10 - com gaiola	A	Contínuo e pulsado	0,52	0,0068	0,0176	0,0318
11 - com gaiola	A	Pulsado	0,52	0,0068	0,0168	0,0163
12	A	contínuo	0,19	0,0171	0,0091	0,0217
13	D	contínuo	0,19	0,0171	0,0095	0,0140
14 - com gaiola	A	pulsado	0,19	0,0150	0,0176	0,0235
15 - com gaiola	A	contínuo	0,19	0,0150	0,0224	0,0299
16 - com gaiola	A	pulsado	0,20	0,0113	0,0297	0,0223
17 - com gaiola	A	contínuo e pulsado	0,20	0,0113	0,0320	0,0364

média dos $\mu_E(cm^{-1})$ sem BG de equipamentos 1, 5, 3, 13, 12, 10, 11 e 14 = 0,0141

média dos $\mu_E(cm^{-1})$ sem BG de equipamentos 6, 4, 15 = 0,0225

média dos $\mu_E(cm^{-1})$ sem BG de equipamentos 2, 7, 8, 9, 16 e 17 = 0,0321

média geral $\mu_E = 0,0219 cm^{-1}$

média geral de $\mu_H = 0,0360 cm^{-1}$.

Outro fator que pode estar contribuindo para essa diferença no decaimento dos campos elétrico e magnético é a falta de manutenção dos aparelhos. Conforme observado anteriormente, alguns dos aparelhos tiveram suas válvulas trocadas, nos casos de queima, por profissional não especializado. As válvulas colocadas em substituição às queimadas podem ter características diferentes das originais, no que se refere principalmente à potência e frequência, o que pode influenciar no decaimento do campo.

Para avaliar como variam os campos elétrico e magnético com a distância, foi realizada uma análise destes decaimentos em função da distância com os dados obtidos no estudo piloto, no qual as medidas foram realizadas de forma a minimizar as influências externas, como outras fontes de radiação, disposição do mobiliário, movimentação de pessoas. Na figura 4.25 são mostrados os decaimentos dos campos elétrico e magnético. Para essa análise foram colocados num gráfico tipo log-log somente os pontos que ajustam a equação do tipo:

$$E \propto 1/d^t \text{ ou } H \propto 1/d^t \quad (4.3)$$

sendo E e H respectivamente o campo elétrico e magnético, d a distância e t um parâmetro que indica quão fortemente é o decaimento, sendo igual a 2 no caso em que a fonte pode ser considerada pontual e diz-se que vale a lei do inverso do quadrado da distância. O coeficiente angular da reta ajustada aos pontos experimentais dá o valor de t . Observa-se que para o pequeno intervalo (de 20 a 40 cm no caso do campo E e de 10 a 60 cm no caso do campo H) o decaimento ocorre praticamente com o inverso da distância, pois os valores de t obtidos foram, respectivamente, 0,98 e 1,12.

Figura 4.25. Decaimento da intensidade da radiação do campo elétrico e do campo magnético, em função da distância, obtidos no estudo piloto e ajustados pela equação (4.3).

4.7. Medidas Realizadas Fora da Sala de Tratamento com o DOC

Nesta seção serão apresentados os resultados das medidas de campos elétrico e magnético efetuadas nos estabelecimentos estudados, porém fora da sala de tratamento com DOC, para se observar o possível vazamento de radiação para o ambiente. Isto é importante, pois em sua jornada de trabalho, o fisioterapeuta não permanece o tempo todo nas salas de tratamento, mas sim circulando pelo ambiente, visitando um e outro paciente, e mesmo para realizar atividades burocráticas, como preenchimento de fichas. Em cada estabelecimento analisado, observou-se que os locais de permanência do fisioterapeuta variam bastante, de acordo com o espaço físico existente e a organização do trabalho no local. Assim, os resultados serão apresentados por cada estabelecimento, pois um difere do outro.

Na Tabela 4.4 apresentamos os resultados relativos ao campo elétrico e, na Tabela 4.5, aqueles relativos ao campo magnético.

Observa-se que nenhum dos resultados obtidos com as medidas realizadas fora das salas de tratamento, tanto para campo elétrico quanto para campo magnético, se apresenta superior aos limites estabelecidos pela ICNIRP, indicando que em nenhum destes locais o fisioterapeuta se encontra exposto à radiação eletromagnética, a níveis superiores aos propostos. Desse modo, pode-se afirmar com segurança que não ocorre exposição do profissional quando se encontra em qualquer um destes locais, fora da sala de tratamento com DOC.

TABELA 4.4. Medidas da intensidade do campo elétrico, em V/m, realizadas em locais de permanência do fisioterapeuta fora da sala de tratamento com equipamento de DOC, durante sua jornada de trabalho.

Estabelecimento	Corredor	Sala avaliação	Salas cinesio	Ginásio	Hidro- terapia	Sala descanso	Recepção
1	0,58	0,83	#	#	#	#	0,80
2	0,76	#	#	0,45	0,48	#	0,45
3	3,36	#	1,76	#	#	#	0,68
4	1,61	#	#	0,65	#	0,75	#
5	2,90	0,98	1,50	#	#	#	#
6	1,37	0,39	0,43	#	#	#	0,50
7	1,20	9,39	9,34	9,42	9,32	0,70	#
8	4,59	1,33	2,24	5,43	#	#	#
9	6,47	#	1,54	#	#	#	#
10	1,45	#	#	#	#	#	1,30

indica que não foram realizadas medidas nestes ambientes ou por não existirem no estabelecimento, ou pelo fato do fisioterapeuta que opera o equipamento de DOC não ficar nestes locais durante sua jornada de trabalho.

TABELA 4.5. Medidas da intensidade do campo magnético, em A/m, realizadas em locais de permanência do fisioterapeuta fora da sala de tratamento com equipamento de DOC, durante sua jornada de trabalho.

Estabelecimento	Corredor	Sala avaliação	Salas cinesio	Ginásio	Hidro- terapia	Sala descanso	Recepção
1	0,0126	0,0109	#	#	#	#	0,0112
2	0,0198	#	#	0,0181	0,0187	#	0,0210
3	0,0321	#	0,0504	#	#	#	0,0140
4	0,0461	#	#	0,0165	#	0,0280	#
5	0,0290	0,0257	0,0248	#	#	#	#
6	0,0222	0,0283	0,0245	#	#	#	0,0233
7	0,0098	0,0446	0,0535	0,0333	0,0480	0,0474	#
8	0,0205	0,0108	0,0114	0,0170	#	#	#
9	0,0198	#	0,0150	#	#	#	#
10	0,0155	#	#	#	#	#	0,0113

Nas Tabelas 4.4 e 4.5 observa-se que os estabelecimentos que possuem Gaiolas de Faraday apresentam valores para os campos elétrico e magnético, fora da sala de tratamento com DOC, semelhante aos valores obtidos para os estabelecimentos que não as possuem. Os valores obtidos chegam a ser superiores aos demais, como pode ser observado nos estabelecimentos 7 e 9, que possuem gaiolas. Portanto, apesar de ter sido dito pelos responsáveis dos estabelecimentos que o motivo da colocação das Gaiolas de Faraday é exatamente a proteção de funcionários e equipamentos quanto à radiação fora da sala de tratamento, isso na realidade não ocorre. O motivo dessa constatação não nos é claro neste momento, mas trata-se de um dado bastante interessante de ser notado, que requer um estudo mais detalhado. Não existe na proximidade do estabelecimento presença de antenas de rádio, TV ou celulares, pois estes poderiam colaborar para uma intensidade de campo elevada fora da sala de tratamento com DOC.

4.8. Análise dos Dados com Relação à Limitação do Tempo de Exposição

Com base nas medidas de campos elétrico e magnético realizadas em cada equipamento, nos diferentes pontos, conforme apresentado nas seções anteriores, foi construída, utilizando-se as fórmulas

$$\begin{aligned} \frac{E_{\text{exp}}^2}{377} t_{\text{exp}} \leq \frac{E_{\text{limit}}^2}{377} t_{\text{limit}} ; \quad \text{e} \quad 377 H_{\text{exp}}^2 t_{\text{exp}} \leq 377 H_{\text{limit}}^2 t_{\text{limit}} ; \\ E_{\text{exp}}^2 t_{\text{exp}} \leq E_{\text{limit}}^2 t_{\text{limit}} \quad \quad \quad H_{\text{exp}}^2 t_{\text{exp}} \leq H_{\text{limit}}^2 t_{\text{limit}} \end{aligned} \quad (4.4)$$

obtidas na Metodologia (Capítulo 3), a Tabela 4.6 a seguir, que dá o tempo limite (ou tempo máximo) de exposição permitido a cada 6 minutos, em cada ponto, com relação a cada equipamento.

Observa-se que, em cada seção de **vinte** minutos, o **tempo médio** de permanência do fisioterapeuta na sala de tratamento com DOC é de aproximadamente quatro minutos (**dois** no início da sessão e **dois** no final), pois ele permanece na sala principalmente no início e no final do tratamento, para ligar e ajustar o equipamento de acordo com a sensibilidade do paciente, primeiramente, e desligá-lo ao final. Assim, como na Tabela 4.6 são apresentados os **tempos máximos de exposição**, em cada local, com relação aos campos elétrico e magnético, os valores abaixo de dois minutos indicam que o operador fica potencialmente exposto à radiação, por um período de tempo além do permitido, naquele local. Assim, esses valores são assinalados em vermelho, na referida tabela. É claro que, quanto menor o valor dos campos onde o trabalhador fica, maior o período de tempo em que ele pode ficar exposto, acima do limite recomendado com base na Tabela 4.1. Por exemplo, no ponto 1, com relação ao equipamento 2, obteve-se que o tempo máximo de

exposição ao campo elétrico permitido é de 21 segundos. Logo, se permanecer durante os dois minutos neste local, o operador estará exposto a este campo por um tempo de 1 minuto e 39 segundos, **além do tempo máximo permitido.**

Pode-se observar com base nos cálculos efetuados que, com relação ao ponto 1, para os equipamentos 2, 7, 9 e 17, o tempo usual de permanência do operador neste local, supondo-se que seja de 2 minutos, excede o limite máximo de exposição ao campo elétrico; o mesmo ocorre com relação aos equipamentos 2, 4, 5 e 7, para campo magnético, também com relação ao ponto 1 (conforme Tabela 4.6).

No ponto 2 em nenhum dos campos o tempo de 2min que o fisioterapeuta costuma se expor é menor que o permitido dentro da norma.

Análise semelhante pode ser feita para os pontos 3 e 4. No caso de alguns equipamentos o tempo de permanência deve se restringido, pois os intervalos máximos de tempo permitidos são inferiores a 2 minutos.

Já no ponto 5, que se encontra próximo aos cabos condutores dos equipamentos, e no 6, próximo aos eletrodos, todos os equipamentos provocam exposição do operador, tanto ao campo elétrico quanto ao campo magnético, por um período de tempo superior ao tempo limite de exposição, durante uma sessão de tratamento. Isso corrobora os resultados que foram obtidos com as medidas da intensidade dos campos elétrico e magnético, apresentadas nas seções anteriores. Esses são realmente pontos críticos para o operador, no que diz respeito à exposição à radiação não-ionizante.

TABELA 4.6. Tempo máximo de exposição do operador, em cada ponto de medida, com relação a cada equipamento, para campo elétrico (E) e campo magnético (H).

	1		2		3		4		5		6	
	E	H	E	H	E	H	E	H	E	H	E	H
1	16h	50min	89h	6h	--	--	--	--	1,2min	0,70s	8 min	9s
2	21s	1min	10h	2h	51min	30min	1h	2,40min	0,61s	1 s	1,67s	1s
3	76h	5min	276h	3h	2h	6min	6h	1h	1min	0,46s	1min	4s
4	1h	1min	1h	1h	20min	2,30min	8min	2min	1s	0,049s	9s	0,45s
5	3h	1min	80h	2h	42min	8min	25min	14min	58s	0,46s	11s	0,96s
6	30min	6min	14h	2h	36min	43s	6min	22min	1s	0,42s	0,34s	1,77s
7	13s	20s	24min	44min	13min	1h	35s	3min	8s	1,36s	17s	19min
8	24min	8min	1h	1h	2min	26min	7min	13min	6s	0,10s	1s	21s
9	1min	4min	1h	18min	4min	12min	6min	3min	0,86s	0,03s	2s	0,94s
10	52min	12min	5h	4h	14min	36s	11min	17min	14s	0,034s	2s	0,36s
11	4min	2,5min	51min	24min	19min	42s	22min	53s	10s	0,096s	3s	0,95s
12	15min	7min	5h	4h	21min	30s	28min	4min	9s	0,76s	2,1min	25s
13	33min	5min	6h	39min	3min	5min	13min	10min	10s	0,49s	12s	3h
14	3h	33min	94h	2h	46min	45s	17min	13min	25s	0,28s	4s	0,67s
15	2,5min	12min	31min	2h	53min	1min	13min	53min	1min	0,15s	5s	2,89s
16	5min	2,5min	8h	1h	1min	41s	1min	1min	7s	0,018s	0,63s	1,17s
17	26s	2 min	9min	29min	1min	1min	2min	20min	1s	0,03s	0,72s	0,36s

- a) Tempo em vermelho: indica que o tempo usual de permanência (2 min) ultrapassou o tempo limite de exposição permitido.
- b) 1 a 6: pontos de medida, conforme item A, pg. 42 da metodologia.
- c) 1 a 17: número de cada equipamento, conforme Tabela 4.2.

4.9. Estimativa da Exposição Ocupacional do Fisioterapeuta aos Campos Elétrico e Magnético Provenientes dos Equipamentos de Ondas Curtas

O fisioterapeuta deve ter uma jornada de trabalho diária de seis horas, de acordo com a Lei Federal 8.856, de 1º de Março de 1994, Artigo 1º, que fixa a jornada de trabalho para os profissionais Fisioterapeuta e Terapeuta Ocupacional a no máximo 30 horas semanais.

Mesmo que ele faça diversas aplicações por dia com o equipamento de DOC, a exposição que ele sofre, e que pode causar efeitos danosos ao seu organismo, devido ao aquecimento do corpo, causado pela radiação eletromagnética, é somente durante o tempo que ele se expõe continuamente a campos elétrico e magnético. Uma vez que ele tenha saído da sala e voltado alguns minutos depois, ou para ajustar o equipamento ou para desligá-lo, não existe risco de dano. Ou seja, se respeitados os níveis de referência para o intervalo de tempo de exposição de 6 minutos. Entretanto se os níveis de referência forem ultrapassados deve-se diminuir o tempo de exposição de modo que haja obediência às equações 4 e 5 (citadas na metodologia no sub-iten 3.6). De acordo com o cálculo de tempo limite de exposição podemos afirmar que os equipamentos que mais expõem o profissional que os manipula, são os de número 16 e 17, onde pela Tabela 4.6 pode-se observar que são aqueles com menor tempo limite de exposição para os campos obtidos com as medidas. Isso indica que o estabelecimento número 10, onde se encontram esses equipamentos, é aquele no qual o fisioterapeuta na cidade de Presidente Prudente, se expõe acima dos limites da ICNIRP.

Pode também ser observado na Tabela 4.6 que o equipamento que menos expõe o fisioterapeuta é o de número 1, pertencente ao estabelecimento número 1, indicando que nele o profissional fisioterapeuta em Presidente Prudente tem probabilidade baixa de se expor acima dos limites da ICNIRP, uma vez obedecidas as regras de bom uso. Convém frisar a observação já citada no final da apresentação dos resultados de campo elétrico, onde se observa que neste estabelecimento a conduta adotada na aplicação da terapia de ondas curtas difere da prática diária dos demais estabelecimentos, ou seja, o equipamento de DOC é pouquíssimo utilizado, e quando seu uso é necessário, utiliza-se sempre no modo pulsátil, na menor intensidade de dose no botão seletor de dose do DOC. Esse seria o real motivo desse estabelecimento expor minimamente seus fisioterapeutas aos campos elétrico e magnético da DOC.

4.10. Discussão

Em alguns dos pontos onde foi medido o nível de radiação, tanto elétrica quanto magnética, dentro da sala de tratamento com o equipamento de DOC, os valores encontrados chegaram a superar 30 vezes o limite, no caso de campo elétrico, e até cem vezes o limite, no caso de campo magnético. Os maiores níveis de radiação foram encontrados nas proximidades dos cabos condutores e dos eletrodos de aplicação, sendo que nestes pontos *todos* os equipamentos analisados apresentam campo elétrico e magnético acima dos limites estabelecidos. Os dados obtidos estão de acordo com alguns trabalhos encontrados na literatura como, por exemplo, o de

Lau e Duscombe³⁸, no qual é sugerido que a distância do fisioterapeuta aos eletrodos durante o tratamento pode minimizar a intensidade de exposição, pois o maior risco de exposição a campos de radiação eletromagnética se dá nesse ponto.

Skotte⁷⁵ sugere que os equipamentos de DOC deveriam ter outro *design*, ou seja, um outro desenho quanto à disposição do console do equipamento, cabos e eletrodos. Segundo este pesquisador os cabos e eletrodos deveriam se posicionar atrás do painel de controle fazendo com que, desta forma, a exposição ocupacional dos trabalhadores diminuísse, uma vez que nas proximidades desta parte do equipamento se encontram os maiores níveis de radiação. Assim, quanto mais distante o fisioterapeuta permanece dos cabos e eletrodos, menor o risco de exposição. Martin et al⁴⁸, Cabrera e Suarez¹¹ e Stuchly et al⁷⁸, também observaram campos acima dos limites permitidos a uma distância de até 1 metro dos eletrodos e dos cabos, o que está de acordo com os nossos resultados, e indicam como seguras distâncias superiores a 1 metro dessas partes do equipamento, por apresentarem baixos campos de radiação eletromagnética.

Outra observação que pode ser feita com base nos resultados obtidos é que o equipamento que apresenta menor campo de radiação, em todos os pontos medidos, é o número 1, da marca B, de propriedade da clínica 1. Lembremos que, devido ao protocolo de tratamento adotado nesta clínica, a dose selecionada pelo fisioterapeuta no tratamento com este equipamento de DOC é a menor possível e o modo utilizado é sempre o pulsátil. Tal resultado também está de acordo com aqueles apresentados na literatura. No estudo de Lau e Dunscombe³⁸ é afirmado que a intensidade do campo de radiação proveniente do equipamento de DOC no ambiente depende da seleção da dose a ser aplicada. Segundo os autores, quanto maior a dose,

maior o campo eletromagnético emitido para o meio ambiente, e quanto menor a dose selecionada, menor o campo emitido.

Com relação aos modos contínuo e pulsátil, Tzima e Martin (1994)⁸⁵ argumentam que no modo contínuo de aplicação de DOC os campos elétrico e magnético no ambiente são maiores, se comparados com o modo pulsátil. Neste trabalho, além do caso particular apresentado acima, não foi encontrada diferença significativa quanto à radiação emitida pelos equipamentos de DOC durante tratamentos no modo contínuo e pulsátil. Cabe ressaltar que o modo contínuo é muito mais utilizado que o pulsátil, sendo que, dos 17 equipamentos analisados, apenas os equipamentos das marcas A e B operam nos dois modos, sendo que os das marcas C, D e E operam somente no modo contínuo.

Nos resultados obtidos, observou-se que três estabelecimentos instalaram Gaiolas de Faraday como uma forma de proteção, no ambiente de tratamento com o equipamento de DOC. No levantamento bibliográfico não foi encontrado nenhum trabalho relacionado ao assunto. O principal objetivo da instalação destes equipamentos é o de proteger equipamentos externos à sala de terapia com DOC, como bisturis elétricos e outros aparelhos eletro-eletrônicos de tratamento ou de diagnóstico, com relação à interferência das ondas eletromagnéticas. Entretanto, tais gaiolas podem intensificar a intensidade dos campos dentro do ambiente onde se encontra o equipamento de DOC, devido à reflexão das ondas eletromagnéticas quando se deparam com as gaiolas. Isto leva à exposição a campos intensos, não somente do trabalhador, mas também do paciente. Um dado interessante encontrado com as medidas realizadas é que, nos estabelecimentos onde foram instaladas essas gaiolas, a intensidade dos campos elétrico e magnético fora da sala de tratamento

com DOC, apesar de baixa, *não* é menor do que nas outras clínicas. Não se sabe ao certo por que isto ocorre, talvez devido a outras fontes de radiação, que não o equipamento de DOC, mas é um dado relevante, que será repassado aos responsáveis por estes estabelecimentos.

Segundo a ICNIRP²⁸, o chamado *homem padrão* (caucasiano, 1,70m de altura, 70 kg de peso), se não aterrado, tem uma frequência ressonante de absorção perto de 70 MHz. Isso é levado em conta nos limites recomendados. Entretanto, o limite de exposição ocupacional é o dobro daquele estabelecido para o público em geral, pois acredita-se que o trabalhador é um indivíduo adulto, que conhece os agentes ambientais a que está exposto no seu ambiente de trabalho e desta forma sabe como se prevenir quanto aos riscos devidos à exposição. Porém, o que de fato observamos através deste trabalho, é que em geral o profissional fisioterapeuta desconhece os riscos relativos da exposição às radiações eletromagnéticas não-ionizantes, durante a operação do equipamento de DOC.

Os resultados obtidos indicam também que o decaimento dos campos em função da distância não tem o mesmo comportamento em todos os equipamentos pesquisados, mesmo naqueles de mesma marca e modelo. Este é um ponto a ser destacado, já que a fonte de radiação é a mesma e a frequência de funcionamento também. Diferentes fatores podem contribuir para essa diferença no decaimento. Por exemplo, o fato da fonte de radiação não ser única e pontual, já que o equipamento tem como principais fontes o próprio magnetron, os cabos condutores e os eletrodos. Isso leva à interferência das ondas eletromagnéticas, que podem ser em cada ponto construtivas ou destrutivas, o que pode resultar na diferença nos decaimentos. Outro fator diz respeito a disposição do mobiliário dentro da sala de tratamento, que pode

também influenciar na dispersão das ondas eletromagnéticas no ambiente e, conseqüentemente, no decaimento de sua intensidade. A falta de manutenção periódica, por assistência técnica especializada e credenciada pelo fabricante do equipamento de DOC, também pode estar contribuindo para esta diferença encontrada nos decaimentos dos campos com a distância.

5. CONCLUSÕES

Em primeiro lugar pode-se concluir que, se forem considerados os limites de exposição ocupacional à radiação eletromagnética não-ionizante estabelecidos pela ICNIRP, existe de fato o risco de exposição do profissional fisioterapeuta a esse tipo de radiação, proveniente de equipamentos de DOC, além dos limites estabelecidos.

Esta conclusão se refere, a princípio, aos profissionais que atuam em clínicas de fisioterapia da cidade de Presidente Prudente-SP. Porém, considerando-se os resultados obtidos e também aqueles existentes na literatura, pode-se suspeitar que tal conclusão deve ser estendida aos fisioterapeutas em geral, que operam equipamentos de DOC como, por exemplo, aqueles que atuam na cidade de São Paulo, com seus quinhentos equipamentos.

Com relação ao *tempo de exposição* do fisioterapeuta, pode-se concluir da análise feita na seção 4.8 que, mesmo supondo-se que o tempo médio de permanência do fisioterapeuta na sala de tratamento com DOC seja de apenas 2 minutos no início e 2 minutos no final de cada sessão de tratamento de 20 minutos, este profissional corre o risco de estar exposto a campos de radiação elevada, além do tempo máximo permitido. Este é um dado bastante importante, pois poder-se-ia argumentar que, apesar de os níveis de radiação estarem além dos limites dentro da sala de tratamento, o operador de DOC permanece ali por pouco tempo, somente no início e final das sessões de tratamento. Porém, observou-se que, em alguns pontos, mesmo este curto intervalo de tempo é muito superior ao tempo máximo permitido, conforme mostrado na Tabela 4.6.

Pode-se concluir também que fora da sala de tratamento o fisioterapeuta não sofre nenhum tipo de exposição às radiações eletromagnéticas provenientes do equipamento de DOC, pois em todos os estabelecimentos pesquisados os níveis de radiação estão abaixo dos limites de exposição estabelecidos pela ICNIRP, nestes locais. Dentro das salas de tratamento conclui-se, pelos resultados obtidos, que o campo elétrico e magnético decai exponencialmente com a distância.

Com relação a metodologia utilizada para realização das medidas, observa-se que sempre se deve realizar as medidas de radiações eletromagnéticas provenientes do equipamento de DOC considerando-se o campo próximo, ou seja, deve-se medir separadamente o campo elétrico e o campo magnético; deve-se utilizar equipamentos de medida de campos elétrico e magnético devidamente calibrados, com sonda de medida do tipo triaxial, que capta o campo em três direções ortogonais, o que leva a maior precisão dos dados obtidos; deve-se considerar como fonte de radiação no equipamento de DOC a região do painel de controle e seu console, os cabos condutores e os eletrodos de aplicação, devido ao alto campo emitido pelos cabos e eletrodos e por estarem na posição que o fisioterapeuta adota durante o seu trabalho.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A primeira recomendação aos fisioterapeutas que operam equipamentos de DOC é que permaneçam o menor tempo possível dentro da sala de tratamento e, além disso, a uma distância de pelo menos um metro dos cabos e eletrodos de aplicação, sempre que possível e desde que esse procedimento não atrapalhe o bom desenvolvimento do tratamento, obviamente.

À primeira vista poderia ser sugerido que, além de cuidados com a distância da fonte de radiação e com o tempo de permanência na sala de tratamento, outros procedimentos fossem adotados para minimizar a exposição à radiação não-ionizante, como realizar tratamentos no modo pulsátil (quando este modo está disponível no equipamento) ou realizar a aplicação no paciente sem questionar sua sensibilidade durante a aplicação, selecionando a menor dose possível. Entretanto, se por um lado a utilização no modo pulsátil diminui a radiação emitida no ambiente, pois na média a intensidade pode apresentar-se mais baixa, por outro lado podem ocorrer picos muito intensos nos pulsos de radiação, sendo que os efeitos biológicos destes pulsos não são ainda conhecidos. Além disso, o uso do equipamento com doses baixas, sem considerar o limiar de aquecimento do paciente, pode comprometer a eficácia do tratamento. Portanto, com relação a estes dois pontos (dose baixa e modo de aplicação), novas pesquisas devem ser feitas, até se chegar a uma conclusão satisfatória. No presente trabalho, a preocupação principal foi estudar o risco de exposição do fisioterapeuta inserido no seu ambiente de trabalho, em sessões normais de tratamento com a DOC. Assim, estes pontos não foram abordados especificamente.

Na literatura científica pode-se encontrar vários trabalhos relacionados à exposição de mulheres fisioterapeutas, às radiações provenientes da DOC, quando em período gestacional, e se isto pode ou não acarretar problemas na gestação. Outillet-Hellstrom⁵⁹ associa risco de defeitos gestacionais com a exposição ocupacional ao equipamento de DOC. Taskinen⁸⁰ sugere que a profissional fisioterapeuta, quando em período gestacional, tem um maior risco de abortar se realizar atividades físicas, em comparação com o trabalho com equipamento de DOC e ultrasson, afirmando que dentre outras variáveis a doença febril no início da gestação está associada com malformação congênita, apesar das suspeitas de danos fetais devido à operação de equipamentos de DOC e ultrasson. Lerman⁴³ aponta a doença febril na gestação como fator estatisticamente significativo de baixo peso ao nascer de filhos de fisioterapeutas que operaram equipamentos de DOC durante a gestação. Estes trabalhos apresentam a doença febril como um fator de risco durante a gestação de fisioterapeutas que operam equipamentos de DOC, sendo que em trabalhos anteriores³⁴ a associação de morte e malformação congênita estava associada somente à radiação emitida pelos equipamentos de DOC.

No presente trabalho não houve a ocorrência de fisioterapeutas grávidas operando DOC, portanto este ponto não foi abordado. Porém, na dúvida, e com base nos trabalhos existentes na literatura, é recomendável que fisioterapeutas grávidas evitem operar equipamentos de DOC, durante o período gestacional.

Considerando-se os dados obtidos nos estabelecimentos que possuem revestimento das salas de tratamento com gaiolas de Faraday, que evidenciam o aumento da intensidade dos campos elétrico e magnético, em comparação com ambientes que não possuem tais equipamentos, sugere-se a realização de trabalhos

que abordem o padrão de confecção destas gaiolas e verifiquem sua eficácia com relação a diminuição da exposição, tanto dentro quanto fora das salas de tratamento.

Cabrera e Suarez¹¹ sugerem o rodízio dos fisioterapeutas que operam o equipamento de DOC como uma forma de prevenção da exposição às radiações não-ionizantes. Talvez essa seja uma boa sugestão.

É recomendável que os equipamentos passem por manutenção e revisões periódicas, com o objetivo de garantir que a potência e dose selecionadas sejam realmente aqueles necessários e suficientes para se atingir as finalidades terapêuticas desejadas.

Ao publicar os resultados deste trabalho, da forma mais ampla possível, pretende-se dar ciência ao profissional fisioterapeuta da existência dos riscos de exposição ocupacional à radiação eletromagnética não-ionizante, para que possam ser evitados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anchieta, I. **Levantamento dos riscos devido a exposição à radiação eletromagnética em operadores de aparelhos de Ondas Curtas**. Presidente Prudente-SP, 1995. [Trabalho apresentado à graduação do curso de Fisioterapia-UNESP, Presidente Prudente- São Paulo].
2. Anders IL, Olsen J, Svane O. Gender-specific reproductive outcome and exposure to high-frequency electromagnetic radiation among physiotherapists. **Scand. J. Wrk Environ. Health**. 1991; 17: 324-29.
3. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2002.
4. Anglesio L, Benedetto A, Bonino A, Colla F, Martire F, Saudino Fusette S, d'Amore G. Population exposure to electromagnetic fields generated by radio base station: evaluation of the urban background by using provisional model and instrumental measurements. **Radiat. Prot. Dosim**. 2001; 97(4): 355-358.
5. Bernhardt JH. Activities and future plans of the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). [Apresentado no Congresso IRPA – Associação Internacional de Proteção a Radiação; 2000 Maio; Osaka, Japão.
6. Bertolli Filho C. **História da saúde pública no Brasil**. 4ª ed. São Paulo: Ática; 2000.

7. Blaasaas KG, Tynes T, Irgens A, Lie RT. Risk of birth defects by parental occupational exposure to 50 Hz electromagnetic field: a population based study. **Occup. Environ. Med.** 2002; 59 (2): 92-97.
8. Borsero M, Crotti G, Anglesio L, d'Amore G. Calibration and evaluation of uncertainty in the measurement of environmental electromagnetic fields. **Radiat. Prot. Dosim.** 2001; 97 (4): 363-368.
9. Brown-Woodman PDC, Hadley JÁ, Richardson L, Bright D, Porter D. Evaluation of reproductive function of female rats exposed to radiofrequency fields (27.12 MHz) near a shortwave diathermy device. **Health Phys.** 1989; 56: 521-525.
10. Buschinelli JTP, Rocha LE, Rigotto RM. **Isto é trabalho de gente?** Petrópolis: Vozes; 1994.
11. Cabrera RS, Suárez RD. Valoración del riesgo ocupacional por exposición a campos electromagnéticos en trabajadores que aplican el tratamiento con diatermia. **Rev. Cubana Hig. Epidemiol.** 1990; 28(1): 81-87.
12. Cameron JR, Skofronick JG. **Medical Phys.** New York, John Wiley, 1978.
13. Cherry N. Probable health effects associated with base stations in communities: the need for health surveys.[periódico on-line]. Available < URL:<http://www.land-sbg.gv.at/celltower>>[23/03/2003].
14. Engström S, Fitzsimmons R. Five hypotheses to examine the nature of magnetic field transduction in biological systems. **Bioelectromagnetics** 1999; 20: 423-430.
15. Environmental Health Directorate Health Protection Branch. Short-wave diathermy Guidelines for limiting radiofrequency exposure. **Safety Code –**

- 25 [documento disponível on-line]. 83-EHD-98. Published by Authority of the Minister of National Health and Welfare. Canadá. 1998. Available from <URL:www.hc.sc.gc.ca/ehp/ehd/catalogue/rpb_pubs/83ehd98.pdf.>[07/03/02].
16. Erdreich LS, Klauenberg BJ. Radio frequency radiation exposure standards: considerations for harmonization. **Health Phys.** 2001; 80(5): 430-439.
17. Estécio MRH, Silva AE. Alterações cromossômicas causadas pela radiação de monitores de vídeo de computadores. **Rev. Saúde Pública** [periódico on-line] 2002; 36(3). Disponível em <URL: <http://www.fsp.usp.br/~rsp>> [01/10/2002].
18. European Broadcasting Union – EBU. **Radiofrequency radiation hazards exposure limits and their implications for broadcasters.** Tech 3278-E; Geneva, Swiss, 1995.
19. Evans JA, Savitz DA, Kanal E, Gillen J. Infertility and Pregnancy outcome among magnetic resonance imaging workers. **JOM** 1993; 35(12): 1191-1195.
20. Fabbri S, Frigo F, Violanti S, Andreocetti D, Bini M. Electromagnetic field monitoring and control systems: state-of-the-art and work-in progress. **Radiat. Prot. Dosim.** 2001; 97(4): 395-400.
21. Feychting M, Kaune WT, Savitz DA, Ahlbom A. Estimating Exposure in studies of residential magnetic fields and cancer: Importance of short-term variability, time interval between diagnosis and measurement, and distance to power line. **Epidemiology** 1996; 7(3): 220-224.
22. Fischer FM, Gomes JR, Colacioppo S. **Tópicos de saúde do trabalhador.** São Paulo: Hucitec; 1989.

23. Floderus B, Persson T, Stenlund C. Magnetic Field exposure in workplace: Reference distribution and exposures in occupational groups. **Int. J. Occupa. Environ. Health** 1996; 2:226-238.
24. Goldsmith JR. Epidemiologic evidence relevant to radar (microwave) effects. **Environ. Health Perspec.** 1997; 105(6): 1579-1587.
25. Guy A W. Biophysics of high-frequency currents and electromagnetic radiation. In: Lehman JF. **Therapeutic Heat and Cold**. 4^a ed. Baltimore: Williams & Wilkins; c 1990. p.179-236.
26. Hamburger S, Logue JN, Silverman PM. Occupational exposure to non-ionizing radiation and an association with heart disease: an exploratory study. **J. Chron. Dis.** 1983; 36 (11): 791-802.
27. Hendee WR, Boteler JC. The question of health effects from exposure to electromagnetic fields. **Health Phys.** 1994; 66(2): 127-136.
28. ICNIRP - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for Limiting Exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (Up to 300GHz). **Health Phys.** 1998; 74 (4): 494-522.
29. IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz. **IEEE Standards coordinating committee 28 on non-ionizing radiation hazards**. New york, 1991.
30. IEEE Committee on Man and Radiation (COMAR). Medical aspects of radiofrequency radiation overexposure. **Health Phys.** 2002; 82 (3): 387-391.

31. International Labour Office. Occupational Hazards from Non - Ionizing Electromagnetic Radiation **Occupational Safety and Health Series nº. 53**, Geneva - Switzerland, 1985.
32. James WH. Sex ratio of offspring of female physiotherapists exposed to low-level high frequency electromagnetic radiation. **Scan. J. Work Environ. Health** 1995; 21:68-69.
33. Johansen C, Raashou- Nielsen O, Skotte J, Thomsen BL. Validation of a job-exposure matrix for assessment of utility worker exposure to magnetic fields. **Applied Occup. and Environ. Hyg.** 2002; 17(4): 304-310.
34. Källén B, Malmquist G, Moritz U. Delivery outcome among Physiotherapists in Sweden: is non-ionizing radiation a fetal hazard? **Archives of Environ. Health** 1982; 37(2): 81-84.
35. Kamedula M, Pawlaczyk-Luszczynska M. Magnetic field intensity and energy absorption due to short-wave induction diathermy. **Polish J. of Occup. Med.** 1988; 1(3): 255-263.
36. Kitchen S, Bazin S. **Eletroterapia de Clayton**. 10a. edição. Ed. Manole, 1998.
37. Kloth LC, Ziskin MC. Diathermy and pulsed electromagnetic fields. In: Michlovitz, SL. **Thermal Agents in Rehabilitation** 2^a ed. Philadelphia: Davis; 1990. p. 170-199.
38. Lau RWM, Dunscombe PB. Some observations on stray magnetic fields and power outputs from short-wave diathermy equipment. **Health Phys.** 1984; 46(4): 939-943.

39. Laurell e Noriega. **Processo de Produção e Saúde: Trabalho e desgaste operário**. 1989.
40. Larsen AI, Olsen J, Svane O. Gender-specific reproductive outcome and exposure to high-frequency electromagnetic radiation among physiotherapists. **Scand. J. Work Environ. Health** 1991; 17: 324-329.
41. Larsen AI, Skotte J. Can exposure to electromagnetic radiation in diathermy operators be estimated from interview data?: A pilot study. **Am. J. Ind. Med.** 1991; 19: 51-57.
42. Lerman Y, Jacobovich R, Caner A, Ribak J. Electromagnetic fields from shortwave diathermy equipment in physiotherapy departments. **Physiotherapy** 1996; 82(8): 456-458.
43. Lerman Y, Jacobovich R, Green MS. Pregnancy outcome following exposure to shortwaves among female physiotherapists in Israel. **Am. J. Ind. Med.** 2001; 39(5): 499-504.
44. Li CY, Feng CK. An evaluation of radio frequency exposure from therapeutic diathermy equipment. **Ind. Health** 1999; 37(4): 465-468.
45. Licitra G, Colonna N, Chiari C. Evaluation of long-term exposure to the magnetic field produced from power lines. **Radiat. Prot. Dosim.** 2001; 97(4): 401-404.
46. Lovisolo GA, Pinto R, Ardoino L, Mancini S. Dosimetric techniques for the evaluation of the EM power absorption induced by cellular phones. **Radiat. Prot. Dosim.** 2001; 97(4): 369-374.
47. Manuais de Legislação – Segurança e Medicina do Trabalho. Lei no. 6514 de 22 de dezembro de 1977. Normas Regulamentadoras (NR) aprovadas pela

- Portaria no. 3.214, de 8 de junho de 1978. Normas Regulamentadoras Rurais (NRR) aprovadas pela Portaria no. 3.067, de 12 de abril de 1988. 51^a ed. São Paulo: Ed. Atlas; 2002.
48. Martin CJ, McCallum, Heaton B. An evaluation of radiofrequency exposure from therapeutic diathermy equipment in the light of current recommendations. **Clin. Phys. Physiol. Meas.** 1990; 11(1): 53-63.
 49. Mendes R, Dias EC. **Da medicina do trabalho à saúde do trabalhador.** Ver.Saúde Pública 1991. 25(5): 341-349.
 50. Messias IA. O ambiente de trabalho e sintomas de um grupo de fisioterapeutas da cidade de São Paulo. Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Saúde Pública- USP, para obtenção do título de mestre. São Paulo, 1999.
 51. Messias IA, Okuno E, Colacioppo S. Exposição ocupacional em fisioterapeutas ao campo eletromagnético provenientes de equipamentos de diatermia de ondas curtas. In: **Anais do X Congresso Brasileiro de Ergonomia e I Encontro Pan-Americano de Ergonomia**; 22 de Novembro de 2000; Rio de Janeiro, Brasil. Rio de Janeiro: ABERGO, 2002.
 52. Messias IA, Okuno E, Colacioppo S. O ambiente de trabalho e sintomas de um grupo de fisioterapeutas da cidade de São Paulo. In: **Anais do XV Congresso Mundial Sobre Segurança e Saúde no Trabalho**; Abril de 1999; São Paulo, Brasil. São Paulo: Fundacentro, 2002.
 53. Michaelson SM, Lin JC. **Biological effects and health implications of radiofrequency radiation.** Plenum Press; New York and London. 1987

54. Michaelson SM. Bioeffects of high-frequency currents and electromagnetic radiation. In: Lehman JF. **Therapeutic Heat and Cold**. 4^a ed. Baltimore: Williams & Wilkins; c 1990. p.237-361.
55. Mirra ALV. Direito Ambiental: O princípio da precaução e sua aplicação judicial. **Rev. de Direito Ambiental**. 2001. São Paulo; 6(21): 92-102.
56. National Council on Radiation Protection and Measurements. A practical guide to the determination of human exposure to radiofrequency fields. Washington, DC: NCRP Report 119; 1993.
57. National Council on Radiation Protection and Measurements (US). **NCRP – 67 Radiofrequency Electromagnetic Fields**. Washignton: NCRP; 1981.
58. National Institute for occupational safety and heatlh – NIOSH. **EMFs in the workplace**. Ohio,USA: NIOSH n. 96-129; 1996.
59. Ouellet-Hellstrom R, Stewart WF. Miscarriages among female physical therapists who report using radio- and microwave- frequency electromagnetic radiation. **Am. J. Epidemiology** 1993; 138(10): 775-766.
60. Okuno E. **Radiação: Efeitos, Riscos e Benefícios**. São Paulo: Ed. Harbra; 1988.
61. Okuno, E, Caldas, IL, Chow, C. **Física para Ciências Biológicas e Biomédicas**. São Paulo: Ed. Harbra, 1982.
62. Okuno E. Radiação dos vídeos: os terminais de computadores emitem radiação nociva à saúde? **Rev. Ciência Hoje**. 1992. 45(87): 52-53.
63. Okuno, E. Efeitos biológicos dos campos eletromagnéticos com freqüência de até 300 GHz. [CD-ROM] In: **Diretrizes Gerais para Exposição a Campos Elétricos e Magnéticos**. São Paulo : ABRICEM; 2000.

64. Petrie A, Sabin C. **Compêndio de estatística médica**. Lisboa: Instituto Piaget, 2000.
65. Repacholi MH. Low-level exposure to radiofrequency electromagnetic fields: health effects and research needs. **Bioelectromagnetics** 1998; 19(1):1-19.
66. Ryan KL, D'Andrea JA, Jauchem JR, Mason PA. Radio frequency radiation of millimeter wavelength: potential occupational safety issues relating to surface heating. **Health Phys.** 2000; 78(2): 170-181.
67. Robert E. Intrauterine effects of electromagnetic fields – (low frequency, mid- frequency RF, and microwave): review of epidemiologic studies. **Teratology** 1999; 59(4): 292-298.
68. Rouquayrol MZ, Almeida Filho N. **Epidemiologia e Saúde**. 5^a ed. Rio de Janeiro: MEDSI, 1999.
69. Roy C, Repacholi M. **Electromagnetic Fields and Health: A WHO Perspective**. Comunicação Pessoal, 2001.
70. Scaff LAM. **Radiações Mitos e Verdades Perguntas e Respostas**. Projeto Saber Física para todos. São Paulo: Barcarola; 2002.
71. Schönborn F, Burkhardt M, Kuster N. Differences in energy absorption between heads of adults and children in the near field of sources. **Health Phys.** 1998; 74(2): 160-168.
72. Sienkiewicz Z. Biological effects of electromagnetic fields and radiation. **J. Radiol. Prot.** 1998; 18(3):185-193.
73. Silvi AM, Zari A, Licitra G. Assessment of the temporal trend of the exposure of people to electromagnetic fields produced by base stations for mobile telephones. **Radiat. Prot. Dosim.** 2001; 97(4): 387-390.

74. Sisto R, Lega D, Militello A. The calibration of personal dosimeters used for evaluating exposure to solar UV in the workplace. **Radiat. Prot. Dosim.** 2001; 97(4): 419-422.
75. Skotte J. Reduction of radiofrequency exposure to the operator during short-wave diathermy treatments. **J. Med. Eng. & tech.** 1986; 10(1): 7-10.
76. Stuchly MA. Health aspects of non-ionizing radiation and fields – some problems and solutions. **Health Phys.** 1984; 46(3): 721-722.
77. Stuchly MA. Health effects of electromagnetic fields: Progress and new directions. In: Electromagnetic Compatibility. 9th International Zurich Symposium and Technical Exhibition on electromagnetic compatibility. Zurich 12-14 Março, 1991.
78. Stuchly MA, Repacholi MH, Lecuyer DW, Mann RD. Exposure to the operator and patient during short wave diathermy treatments. **Health Phys.** 1982; 42(3): 341-366.
79. Swiss. **Ordinance relating to protection from non-ionising radiation (ONIR).** The Swiss Federal Council, 23 dez 1999. 814.710.
80. Taskinen H, Kyyrönen P, Hemminki K. Effects of ultrasound, shortwaves, and physical exertion on pregnancy outcome in physiotherapists. **J. Epidemiology and Community Health** 1990; 44: 196-201.
81. Teixeira SR, Messias IA, Peña AFV, Masselli MR, Converso MER. Campos eletromagnéticos produzidos por equipamentos de ondas curtas usados em Fisioterapia: Uma avaliação em Presidente Prudente, SP. **Rev. Brasileira de Fisioterapia** 2001; 5(1): 35-40.

82. The Hospital Physicists' Association. Edited by MF Docker. **Phys. in Physiotherapy**. Birmingham, 1980.
83. Tofani S, Agnesod G, Ossola P. Effects of continuous low-level exposure to radiofrequency radiation on intrauterine development in rats. **Health Phys.** 1986; 51(4): 489-499.
84. Tusch H, Neubauer G, Garn H, Duftschmid K, Winker N, Brusl H. Occupational exposure to high frequency electromagnetic fields and its effect on human immune parameters. **Int. J. Occup. Med. Environ. Health** 1999; 12(3): 239-251.
85. Tzima E, Martin CJ. An evaluation of safe practices to restrict exposure to electric and magnetic fields from therapeutic and surgical diathermy equipment. **Physiol. Meas.** 1994; 15(2): 201-216.
86. Vecchia P. **I Rischi da campi elettromagnetici: Valutazione, percezione, protezione.** Seminário Emissioni Elettromagnetiche nel trasporto Urbano Collettivo. Cinque Terre, Itália. 11e 12 Abril, 2002.
87. Vecchia P. Esposizione a campi elettromagnetici in ambiente ospedaliero. [Apresentado na Jornada de Estudos de Ecosistemas Hospitalares; 1998 jun 2-4; Bologna, Itália].
88. Valberg PA. Radio frequency radiation (RFR): the nature of exposure and carcinogenic potential. **Cancer Causes Control** 1997; 8(3): 323-332.
89. van Wijngaarden E, Savitz DA, Kleckner RC, Cai J, Loomis D. Exposure to electromagnetic fields and suicide among electric utility workers: a nested case-control study. **West. J. Med.** 2000; 173(2):94-100.

90. Wainwright PR. Localized specific absorption rate calculations in a realistic phantom leg at 1-30 MHz using a finite element method. **Phys. Med. Biol.** 1999; 44(4): 1041-1051.

A N E X O S

ANEXO 1

Carta de Cooperação do CREFITO – 3.

CREFITO - 3

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

CONSELHO REGIONAL DE FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL DA 3ª REGIÃO
Rua Afonso Celso n.º 1.581 – Saúde - CEP 04119 – 062 - São Paulo – S.P. Tel/Fax (011) 5071 – 0011

São Paulo, 25 de outubro de 2000

OF.CREFITO-3/GAPRE/Nº 117/2000

Prezados Senhores,

Apresentamos a Fisioterapeuta **Dra. IRACIMARA DE ANCHIETA MESSIAS**, doutoranda da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, a qual está desenvolvendo projeto de pesquisa que tem por objetivo o estudo da relação entre a exposição ocupacional do fisioterapeuta às radiações eletromagnéticas provenientes da Diatermia de Ondas Curtas.

No projeto em pauta pretende-se fazer medidas dos campos elétrico e magnético próximo ao equipamento de Diatermia de Ondas CURTAS-DOC, e também a análise ergonômica do posto de trabalho do profissional fisioterapeuta.

Pelo exposto acima, solicitamos a colaboração de V.Sas. no sentido de dispensar à Dra. Iracimara a atenção que lhes for possível, fornecendo à mesma os dados e informações que poderão auxiliá-la no projeto em andamento.

Ressaltamos que os resultados obtidos com o trabalho serão divulgados a toda comunidade de fisioterapeutas, através da participação de eventos científicos nacionais e internacionais, e de publicações em revistas científicas da área.

Antecipadamente agradecemos e colocamo-nos ao inteiro dispor para o que se fizer necessário.

Atenciosamente,

Dr. ZENILDO GOMES DA COSTA
Presidente

Às
Clínicas e Hospitais na Área de Fisioterapia
Ortopédica e Traumatológica

ANEXO 2

Minuta da Portaria do Ministério da Saúde que dispõe sobre a criação do Grupo de Trabalho – GT, FUNASA, para avaliação e recomendação dos aspectos normativos relacionados a exposição humana de campos eletromagnéticos no espectro de 0 a 300 GHz.

Ministério da Saúde
Fundação Nacional de Saúde
Centro Nacional de Epidemiologia

MINUTA DE PORTARIA n.º, de de 2002.

Dispõe sobre a criação de Grupo de Trabalho - GT de avaliação e recomendação dos aspectos normativos relacionados a exposição humana de campos eletromagnéticos no espectro de 0 a 300 GHz.

O Presidente da Fundação Nacional de Saúde - Funasa, no uso das atribuições legais que lhe confere o art. 18, do Decreto nº 3.450, de 9 de maio de 2000 e considerando as diretrizes do SUS referentes ao Sistema Nacional de Vigilância Ambiental em Saúde e a necessidade de estabelecer normas e procedimentos referentes aos limites de padrões máximos de exposição humana a campos eletromagnéticos no espectro de 0 a 300 GHz e considerando, ainda, as recomendações do Grupo de Trabalho instituído pela Portaria Funasa 220, de 20 de junho de 2002, resolve :

Art. 1º Instituir o Grupo de Trabalho - GT, no âmbito da Funasa, composto por representantes da Fundação Nacional de Saúde – Funasa; Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa; Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz; Secretaria de Políticas de Saúde – SPS, do Ministério da Saúde; Ministério do Trabalho e do Emprego – MTE/Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho – Fundacentro; Ministério de Minas e Energia – MME/Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel; Centrais Elétricas Brasileiras – Eletrobrás; Ministério do Meio Ambiente – MMA/Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - Ibama; Ministério das Comunicações/Agência Nacional de Telecomunicações – Anatel; Ministério Público Estadual; Ministério Público Federal; **USP - Faculdade de Saúde Pública/Departamento de Saúde Ambiental da Universidade de São Paulo**; USP - Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo; Universidade Federal de Campina Grande/ Departamento de Engenharia Elétrica; Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS; Conselho Nacional de Meio Ambiente – Conama; Conselho Nacional de Saúde – CNS; Conselho Nacional de Secretários Estaduais de Saúde - CONASS; Associação Brasileira de Entidade Estaduais de Meio Ambiente - Abema; Secretaria de Saúde de Campinas/Coordenadoria de Vigilância e Saúde Ambiental – Covisa; Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente – Anamma; Conselho Nacional dos Secretários Municipais de Saúde – Conasems; Associação Brasileira de Compatibilidade Eletromagnética – Abricem; Associação Brasileira de Defesa dos Moradores e Usuários Intranquilos com Equipamentos de Telefonia Celular – Abradecel; Federação Nacional de Trabalhadores de telecomunicações – FITTEL; Federação Nacional dos Eletricistas; Organização Panamericana de Saúde/Organização Mundial de Saúde – OPAS/OMS; Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor – IDEC.

Art. 2º O objetivo desse Grupo de Trabalho - GT é avaliar e propor normas e procedimentos referentes aos limites de padrões máximos de exposição humana a campos eletromagnéticos em todo o espectro não ionizante.

Art. 3º O Grupo de Trabalho poderá solicitar a cooperação técnica de entidades e especialistas no assunto, caso seja necessário.

Art. 4º O Grupo de Trabalho deverá apresentar o resultado de seu trabalho num prazo de 180(cento e oitenta) dias a partir da publicação desta portaria.

Art. 5º Esta portaria torna-se sem efeito após a expiração do prazo acima.

Art. 6º Esta portaria entra em vigor na data de sua publicação.

ANEXO 3

**Declaração de participação no GT – Grupo de Trabalho da
FUNASA por representante do Departamento de Saúde
Ambiental da Faculdade de Saúde Pública - USP**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Faculdade de Saúde Pública

DEPARTAMENTO DE SAÚDE AMBIENTAL

Av. Dr. Arnaldo, 715 - CEP: 01246-904 - São Paulo - SP

Fone: 3082-3842, 3085-0681, 3066-7712, 3066-7119, 3066-7120,
3066-7121 Fax: 3066-7732

e-mail: hsa@fsp.usp.br

São Paulo, 22 de outubro de 2002.

DECLARAÇÃO

Declaramos, para os devidos fins, que a Sra. **Iracimara de Anchieta Messias**, participou, como representante deste Departamento dos trabalhos realizados pelo "Grupo de Trabalho para Propor Normas e Procedimentos Referentes aos Limites de Padrões Máximos de Exposição Humana a Campos Eletromagnéticos Provenientes de Alta Tensão", Portaria FUNASA nº 220 de 20 de junho de 2002.

Carlos Celso do Amaral e Silva

Professor Titular

Chefe do Departamento de Saúde Ambiental

ANEXO 4

**Conclusões e memória da 3ª. reunião do Grupo de Trabalho – GT,
constituído pela Portaria FUNASA 220, de 20 de Junho de 2002.**

**MINISTÉRIO DA SAÚDE - MS
FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA
CENTRO NACIONAL DE EPIDEMIOLOGIA – CENEPI
COORDENAÇÃO GERAL DE VIGILÂNCIA AMBIENTAL EM SAÚDE**

**MEMÓRIA DA 3ª REUNIÃO DO GRUPO DE TRABALHO - GT CONSTITUÍDO PELA
PORTARIA FUNASA 220, DE 20 DE JUNHO DE 2002.**

Data: 09 e 10 de setembro de 2002.

Horário: 09:00h às 18:00h

Local: OPAS/OMS – Setor de Embaixadas Norte/Brasília - DF.

Coordenação da reunião: Guilherme Franco Netto e Ivens Lucio do Amaral Drumond

Objetivos:

Definir os padrões e recomendações do Grupo de Trabalho - GT visando a proposição de normas e procedimentos referentes à exposição humana a campos eletromagnéticos provenientes de linha de transmissão de energia de alta tensão.

Assuntos tratados:

Diretrizes e referências.

Breve Histórico da publicação da Portaria FUNASA n.º 220, de 20 de junho de 2002 e a criação do GT .

Após demandas provenientes de vários atores da sociedade brasileira, tais como associação de moradores (Sociedade dos Amigos do Alto Pinheiros - SAAP), Associação Brasileira de Defesa dos Moradores e Usuários Intranquilos com Equipamentos de Telefonia Celular – ABRADECEL, Ministério Público Federal e Ministério Público Estadual (Rio de Janeiro, Pará, São Paulo, Brasília) a FUNASA realizou um Seminário nos dias 15 e 16 de abril do corrente ano com a participação de representantes de diversas instituições de pesquisa e de empresas do setor e, também do setor saúde (Ministério da Saúde - Saúde do Trabalhador, Coordenação Geral de Vigilância Ambiental em Saúde - CGVAM, Departamento de Ciência e Tecnologia - DECIT, Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA), Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - FUNDACENTRO, Organização Panamericana de Saúde/Organização Mundial de Saúde – OPAS/OMS, Ministério do Meio Ambiente – MMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, Agência Nacional de Telecomunicações - ANATEL, Ministério Público, academia (Escola Nacional de Saúde Pública/Fundação Oswaldo Cruz - ENSP/FIOCRUZ, Universidade de Santa Catarina - UNESC, Universidade de São Paulo/Departamento de Saúde Ambiental/Faculdade de Saúde Pública - USP, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/COPPE), Secretaria de Saúde de Campinas, Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, sociedade civil organizada

(ABRADECEL, SAAD, Força Sindical. Instituto de Pesquisa Educação e Meio Ambiente - IPEMA), Instituto de Pesquisa Tecnológica - IPT e empresas do setor elétrico (CEMIG, CHESF, FURNAS, ELETROPAULO, CESP, ELETROSUL, ELETRONORTE).

O Objetivo do Seminário foi subsidiar o posicionamento do Ministério da Saúde sobre o assunto. O Seminário permitiu a interlocução e o debate de idéias de vários setores, desde o setor energético até o Ministério Público, Universidade e sociedade civil organizada, apontando para várias questões de interesse da população brasileira, em especial a necessidade do Ministério da Saúde editar uma norma nacional estipulando os limites máximos aceitáveis para exposição humana a campos eletromagnéticos provenientes de energia elétrica de alta tensão.

Dando seqüência aos encaminhamentos do Seminário foi publicada no Diário Oficial da União a Portaria FUNASA n.º 220, de 20 de junho de 2002, instituindo o Grupo de Trabalho - GT com o objetivo de propor normas e procedimentos referentes aos limites de padrões máximos de exposição humana a campos eletromagnéticos provenientes de linhas de transmissão de alta tensão.

O GT inicialmente foi composto das seguintes instituições: FUNASA; ANVISA; FIOCRUZ; FUNDACENTRO; ANEEL; ANATEL; IBAMA; FURNAS; Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro – MPRJ; Secretaria de Políticas de Saúde – SPS, do Ministério da Saúde; Universidade de São Paulo - USP, Departamento de Saúde Ambiental; Universidade Federal de Campina Grande.

No dia 09 de julho de 2002 foi realizada a 1ª reunião do GT, onde podemos destacar os seguintes encaminhamentos :

- Foi sugerido que a norma deverá levar em consideração três segmentos da sociedade para efeitos de cuidados diferenciados. São eles: População em geral exposta; trabalhadores da área de energia elétrica e grupos vulneráveis (crianças, idosos, enfermos, etc).
- Foi sugerida a inclusão de novas instituições no grupo técnico, estas são: Vigilância Sanitária de Campinas, Conselho Nacional do Meio Ambiente, Eletrobrás, Ministério Público Federal e Instituto de Defesa do Consumidor.

No dia 14 de agosto foi realizada a 2ª reunião do GT, destacando-se os seguintes encaminhamentos para a oficina dos dias 09 e 10 de setembro de 2002

- Foi recomendado que a Norma deverá prever padrões para a população em geral e a ocupacional. Em relação a população em geral serão considerados ambientes sensíveis aqueles em que as pessoas permanecem por maior período de tempo, tais como imóveis residenciais, creches, estabelecimento de ensino, hospitais e locais de trabalho.
- Ficou decidido que na próxima reunião o GT apresentará uma proposta de norma a ser editada pela FUNASA e fará recomendações ao CONAMA sobre os padrões estipulados, bem como normas referentes ao licenciamento.

Em seguida, a FUNASA organizou uma oficina para finalização dos trabalhos do GT, nos dias 09 e 10 de setembro de 2002, onde podemos destacar os seguintes encaminhamentos e compromissos assumidos.

Recomendações de precaução que o GT deverá orientar-se para a elaboração da norma:

- O GT terá como princípio referencial básico e orientador o “Princípio da Precaução” no que se refere a exposição da população brasileira a campos eletromagnéticos não ionizantes.
- Considerando que as recomendações da International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection – ICNIRP (Comissão Internacional de Proteção contra Radiações Não Ionizantes) não se aplicam a situações de longa exposição, o GT recomenda o estudo de alternativas de limites de exposição que possam caracterizar tais situações. O GT ressalta que a aplicação da ICNIRP só poderá ser estabelecida para situações de curta exposição.
- O GT recomenda que a FUNASA estabeleça uma Câmara Técnica Permanente - CTP de avaliação e normatização dos aspectos relacionados a exposição humana a campos eletromagnéticos (em todo o espectro não ionizante).
- Que as companhias de transmissão de energia elétrica em parceria com universidades e centros de pesquisa do setor saúde e de meio ambiente, realizem levantamento com as respectivas medições, relativo a exposição da população brasileira a campos eletromagnéticos não ionizantes, referente aos respectivos empreendimentos em um prazo de 6 meses.
- A CTP discutirá e adotará metodologia de avaliação dos resultados de medição.
- O procedimento acima será progressivamente estendido para as demais atividades geradoras de campos eletromagnéticos.
- Nenhuma futura instalação, reforma ou ampliação deverá ser estabelecida sem considerar mecanismos efetivos de minimização dos campos eletromagnéticos junto as áreas sensíveis; sejam elas distância dos centros das linhas, geometria, e valores de tensões aplicados.
- A CTP deverá indicar os níveis de exposição aceitável para a população para o caso das novas instalações e edificações em áreas sensíveis.
- A CTP deverá envolver os municípios para discutir aspectos relacionados ao uso e ocupação de áreas próximas às linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica.
- O GT recomenda que para situação de trabalho (exposição ocupacional) junto as linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica devem ser estabelecidos os princípios de justificação, otimização e limitação de dose.
- Considerando a existência de pessoas dentro da área de servidão das linhas de transmissão, o poder público, com o apoio das concessionárias deverá realizar medições do CEM que caracterize a situação da exposição, bem como as medidas cabíveis para a eliminação desta situação de exposição, devendo estas informações ser reportadas as

autoridades locais tais como, serviços de vigilância sanitária, vigilância ambiental, e órgãos ambientais.

- O GT reafirma a necessidade de realização de estudos epidemiológicos no Brasil para analisar os agravos à saúde relacionados à exposição de longa duração a CEM.
- O GT reafirma a necessidade de desenvolver mecanismos de informação e educação continuada da população, por parte dos setores público e privado.
- O GT recomenda que sejam incorporados mecanismos institucionais efetivos (termos de referência) no processo de licenciamento para que o Ministério da Saúde, SES e SMS participem das decisões relacionados a exposição ao CEM.
- A CTP terá o prazo de 6 meses (a partir da data de sua publicação) para propor os níveis de exposição humana a CEM na faixa de 0 a 300 GHz.

Presenças:

Participantes	Instituição	Telefone	E-mail
1. Angélica Pontes	Departamento de Ciência e Tecnologia – DECIT do Ministério da Saúde	(61) 315-3473	Angelica@saude.gov.br
2. Ricardo Santos d'Avila	Faculdade de Engenharia / Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo - USP	(11)3785-3111	Ravila@iee.usp.br
3. José Antônio Simas Bulcão	Furnas – Departamento de Saúde	(21) 2528-5917	Bulcao@furnas.com.br
4. Andrea Giocomet	Anvisa	(61) 448-1395	Andrea.fatima@anvisa.gov.br
5. José Afonso Cosmo Júnior	Anatel	(61) 312-2372	Josej@anatel.gov.br
8. Fernando Carneiro	CGVAM/CENEPI/FUNASA	(61) 314-6532	Fernando.carneiro@funasa.gov.br
9. Inês E. Mattos	FIOCRUZ	(21)2598-2627	Imattos@ensp.fiocruz.br
10. Robson Spinelli Gomes	FUNDACENTRO	(11)3066-6219	Spinelli@fundacentro.gov.br
11. Francisco de Assis F. Tejo	Universidade Federal de Campina Grande	(83)310-1142	Tejo@dee.ufpb.br
12. Paulo Soares de Azevedo	LIGHT/SESA	(21)2211-4835	Paulo.azevedo@lightrio.com.br
13. Carlos Alberto da Cruz	LIGHT/SESA	(21)2211-7969	Carlos.cruz@lightrio.com.br
14. Márcia Amélia M. V. Sondermann	FURNAS	(21)2528-2123	Amelia@furnas.com.br
15. Iracimara de Anchieta Messias	Faculdade de Saúde Pública/Departamento de Saúde Ambiental da Universidade de São Paulo – USP	(18)223-4239/9771-5255	Anchieta@usp.br

16. Marie Kalyva	MMA/CONAMA	(61)317-1318	marie.kalyva@mma.gov.br
17. Maria Geraldina Salgado	Procuradoria Geral da República/Ministério Público Federal	(61)3031-6078	geraldina@pgr.mpf.gov.br
18. Liamarcia Silva Hora	MMA/CONAMA	(61)317-1318	Liamarcia.hora@mma.gov.br
19. Carlos Eduardo C. Abrahão	COVISA/Campinas	(19)97713346	covisa@campinas.sp.gov.br
20. Maria Luiza Milazzo	ELETROBRÁS	(21)2514-5684	Milazzo@eletrobras.gov.br
21. Sandra Cecília Miano	IBAMA	(61)316-1319	Csandra@ibama.sede.gov.br
22. Fábio Machado Resende	FMR Consultoria	(21)2205-9255	Resende@ism.com.br
23. Ivens Lucio do Amaral Drumond	CGVAM/CENEPI/FUNASA	(61) 314-6532	ivens.drumond@funasa.gov.br
24. Guilherme Franco Netto	CGVAM/CENEPI/FUNASA	(61)314-6404	Guilherme.netto@funasa.gov.br

PARECER

O grupo de trabalho instituído pela Portaria FUNASA nº 220, de 20 de junho de 2002, com o objetivo de subsidiar o posicionamento do Ministério da Saúde referente à exposição humana a campos eletromagnéticos provenientes de linhas de transmissão de alta tensão, e considerando que as recomendações da ICNIRP não se aplicam a situações de longa exposição, finaliza o trabalho com as conclusões que se seguem:

1. Recomendar o estudo de alternativas de limites de exposição que possam caracterizar situações de longa exposição e que os aspectos de regulação e normatização relacionados à exposição humana a CEM compreenda todo o espectro não ionizante (0 a 300 GHz).
2. Concluir que os limites de exposição humana a CEM preconizados pela ICNIRP e adotados pela OMS, referentes a exposição humana de curta duração, não devem ser adotados para exposição humana de longa duração.
3. Nos países em que os limites máximos de exposição humana de longa duração continuada a CEM são regulados, existe uma grande variabilidade desses limites, dependendo das características climáticas, geográficas, populacionais e especialmente do perfil de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, bem como do risco aceitável à saúde.
4. Dessa forma, para a normalização desses limites em nosso país, não é recomendada a simples adoção de padrões internacionais, sendo necessário estudo dos parâmetros climáticos, populacionais, geográficos e das configurações do sistema elétrico para o estabelecimento de limites adequados. Há, também, necessidade de ampliação das instituições envolvidas com esse tema.
5. Assim, o GT recomenda a instituição de uma câmara técnica de avaliação e normatização dos aspectos relacionados à exposição humana à CEM em todo o espectro não ionizante (0 a 300GHz).

6. A câmara técnica deverá elaborar norma com os limites máximos permissíveis de exposição humana a CEM no prazo máximo de 180 (cento e oitenta) dias a partir da publicação de sua instituição.

GUILHERME FRANCO NETTO
Coordenador Geral da Vigilância Ambiental em Saúde - CGVAM

IVENS LUCIO DO AMARAL DRUMOND
Consultor Técnico da Coordenação Geral de Vigilância Ambiental em Saúde - CGVAM

ANEXO 5

**Termo de aceitação na participação da pesquisa preenchido pelos
fisioterapeutas das clínicas pesquisadas.**

TERMO DE CONSENTIMENTO

Eu, _____,
Fisioterapeuta, portador do RG: _____, declaro para os devidos fins que concordo em participar do projeto de pesquisa intitulado “A radiação eletromagnética como risco ocupacional no trabalho do fisioterapeuta que opera equipamentos de diatermia de ondas curtas em Presidente Prudente - SP”, a ser desenvolvido por Iracimara de Anchieta Messias, como parte de sua tese de doutoramento, junto ao Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da USP.

Declaro ainda que estou ciente de que os dados obtidos com a referida pesquisa serão utilizados exclusivamente para fins acadêmico científicos, com o que estou de pleno acordo, e que posso desistir a qualquer momento dessa pesquisa sem que haja qualquer penalização.

São Paulo, _____ de _____ de 200 ____.

assinatura do (a) pesquisado (a)

assinatura da pesquisadora
Nome: Iracimara de Anchieta Messias
Faculdade de Saúde Pública –USP/Depto.Saúde Ambiental
End.Av.Dr.Arnaldo, 715 - Pinheiros
Telefone: (011)3066-7722
(018) 9771-5255
e-mail: anchieta@usp.br

ANEXO 6

**Certificados de Calibração do equipamento de medida de campos
elétrico e magnético, EMR – 200.**

Kalibrierschein Calibration Certificate

Geräteart
Kind of equipment

Strahlungsmeßgerät
EM Radiation Meter

Typ
Type

EMR-200

BN

2244/21

Seriennummer
Serial number

I-0004

Hersteller
Manufacturer

Wandel & Goltermann

Kunde
Customer

Kalibrierdatum
Calibration date

28. Aug 1997

Bestätigungsintervall
Confirmation interval

24 Monate *
24 Months *

Umgebungstemperatur/rel. Luftfeuchte
Ambient temperature/rel. humidity

(23 ± 3) °C / (40 ... 60) %

Kalibrierergebnisse abgelegt unter
Calibration results filed under

22442100-I00049735

* Das Bestätigungsintervall wird ausschließlich durch den Gebrauch bestimmt (mechan. und klimatische Belastung). Daher empfehlen wir eine Rekalibrierung 24 Monate nach Auslieferung.

The confirmation interval is solely determined by the operation time of the instrument (mechanical and climatical stress). Therefore we recommend a recalibration 24 months after delivery.

Dieser Kalibrierschein bestätigt, daß alle Meßgrößen innerhalb der Grenzwerte der produktspezifischen Kalibriervorschrift liegen.

This calibration certificate confirms that all measurands lie within the limit values stated in the product-specific calibration procedure.

Die Ergebnisse der Kalibrierung sind auf Nationale Normale, die den Empfehlungen der Generalkonferenz für Maß und Gewicht (CGPM) entsprechen oder auf Normale rückführbar, die von Naturkonstanten abgeleitet sind oder deren Kalibrierung auf Verhältnismessungen mit Selbstkalibrier-technik beruhen. Wenn kein Nationales Normal vorhanden ist, ist das Ergebnis auf das Bezugsnormale (Kontrollnormal) der Wandel & Goltermann-Gruppe rückführbar. Die Kalibrierung wurde innerhalb eines zertifizierten Qualitätsmanagementsystems nach ISO 9001 durchgeführt. Das Bestätigungssystem für Meßmittel entspricht ISO 10012-1. Das angegebene Bestätigungsintervall ist eine Empfehlung. Die eigentliche Festlegung des Bestätigungsintervalls soll durch den Benutzer erfolgen. Dabei sollen die Art der Benutzung und die Umgebungsbedingungen berücksichtigt werden.

The calibration results are traceable to National Standards which are consistent with the recommendations of the General Conference on Weights and Measures (CGPM), or to standards derived from natural constants, or to standards relying on ratio measurements with self-calibrating technique for their calibration. If a National Standard is not available, the result is traceable to the Reference Standard of the Wandel & Goltermann Group.

The calibration has been carried out within a certified quality management system conforming to ISO 9001. The metrological confirmation system of measuring equipment complies with ISO 10012-1.

The stated confirmation interval shall be regarded as a recommendation. The real definition of the confirmation interval should be made by the user. The type of application and the environmental conditions should be taken into account.

28. Aug 1997

Qualitätsmanagement
Quality Management

Prüfer
Tester

Wandel & Goltermann GmbH & Co. Elektronische Meßtechnik
Postfach 1262 · D-72795 Eningen u.A. · Tel. +49-7121-86-1616

Kalibrierschein Calibration Certificate

Geräteart
Kind of equipment

E-Feld Sonde 18GHz
E-Field Sensor 18GHz

Typ
Type

TYP-9

BN

2244/90.22

Seriennummer
Serial number

H-0021

Hersteller
Manufacturer

Wandel & Goltermann

Kunde
Customer

Kalibrierdatum
Calibration date

16. Jul 1997

Bestätigungsintervall
Confirmation interval

24 Monate *
24 Months *

Umgebungstemperatur/rel. Luftfeuchte
Ambient temperature/rel. humidity

(23 ± 3) °C/ (40 ... 60) %

Kalibrierergebnisse abgelegt unter
Calibration results filed under

22449022-H00219729

* Das Bestätigungsintervall wird ausschließlich durch den Gebrauch bestimmt (mechan. und klimatische Belastung). Daher empfehlen wir eine Rekalibrierung 24 Monate nach Auslieferung.

The confirmation interval is solely determined by the operation time of the instrument (mechanical and climatical stress). Therefore we recommend a recalibration 24 months after delivery.

Dieser Kalibrierschein bestätigt, daß alle Meßgrößen innerhalb der Grenzwerte der produktspezifischen Kalibriervorschrift liegen.

This calibration certificate confirms that all measurands lie within the limit values stated in the product-specific calibration procedure.

Die Ergebnisse der Kalibrierung sind auf Nationale Normale, die den Empfehlungen der Generalkonferenz für Maß und Gewicht (CGPM) entsprechen oder auf Normale rückführbar, die von Naturkonstanten abgeleitet sind oder deren Kalibrierung auf Verhältnismessungen mit Selbstkalibrier-technik beruhen. Wenn kein Nationales Normal vorhanden ist, ist das Ergebnis auf das Bezugsnormale (Kontrollnormal) der Wandel & Goltermann-Gruppe rückführbar.

Die Kalibrierung wurde innerhalb eines zertifizierten Qualitätsmanagementsystems nach ISO 9001 durchgeführt. Das Bestätigungssystem für Meßmittel entspricht ISO 10012-1. Das angegebene Bestätigungsintervall ist eine Empfehlung. Die eigentliche Festlegung des Bestätigungsintervalls soll durch den Benutzer erfolgen. Dabei sollen die Art der Benutzung und die Umgebungsbedingungen berücksichtigt werden.

The calibration results are traceable to National Standards which are consistent with the recommendations of the General Conference on Weights and Measures (CGPM), or to standards derived from natural constants, or to standards relying on ratio measurements with self-calibrating technique for their calibration. If a National Standard is not available, the result is traceable to the Reference Standard of the Wandel & Goltermann Group.

The calibration has been carried out within a certified quality management system conforming to ISO 9001. The metrological confirmation system of measuring equipment complies with ISO 10012-1.

The stated confirmation interval shall be regarded as a recommendation. The real definition of the confirmation interval should be made by the user. The type of application and the environmental conditions should be taken into account.

17. Jul 1997

Qualitätsmanagement
Quality Management

Prüfer
Tester

Kalibrierschein Calibration Certificate

Geräteart
Kind of equipment

H-Feld Sonde 1GHz
H-Field Sensor 1GHz

Typ
Type

TYP-10

BN

2244/90.26

Seriennummer
Serial number

I-0019

Hersteller
Manufacturer

Wandel & Goltermann

Kunde
Customer

Kalibrierdatum
Calibration date

16. Jul 1997

Bestätigungsintervall
Confirmation interval

24 Monate *
24 Months *

Umgebungstemperatur/rel. Luftfeuchte
Ambient temperature/rel. humidity

(23 ± 3) °C / (40 ... 60) %

Kalibrierergebnisse abgelegt unter
Calibration results filed under

22449026-100199729

* Das Bestätigungsintervall wird ausschließlich durch den Gebrauch bestimmt (mechan. und klimatische Belastung). Daher empfehlen wir eine Rekalibrierung 24 Monate nach Auslieferung.

The confirmation interval is solely determined by the operation time of the instrument (mechanical and climatical stress). Therefore we recommend a recalibration 24 months after delivery.

Dieser Kalibrierschein bestätigt, daß alle Meßgrößen innerhalb der Grenzwerte der produktspezifischen Kalibriervorschrift liegen.

This calibration certificate confirms that all measurands lie within the limit values stated in the product-specific calibration procedure.

Die Ergebnisse der Kalibrierung sind auf Nationale Normale, die den Empfehlungen der Generalkonferenz für Maß und Gewicht (CGPM) entsprechen oder auf Normale rückführbar, die von Naturkonstanten abgeleitet sind oder deren Kalibrierung auf Verhältnismessungen mit Selbstkalibrier-technik beruhen. Wenn kein Nationales Normal vorhanden ist, ist das Ergebnis auf das Bezugsnormale (Kontrollnormal) der Wandel & Goltermann-Gruppe rückführbar.

Die Kalibrierung wurde innerhalb eines zertifizierten Qualitätsmanagementsystems nach ISO 9001 durchgeführt. Das Bestätigungssystem für Meßmittel entspricht ISO 10012-1. Das angegebene Bestätigungsintervall ist eine Empfehlung. Die eigentliche Festlegung des Bestätigungsintervalls soll durch den Benutzer erfolgen. Dabei sollen die Art der Benutzung und die Umgebungsbedingungen berücksichtigt werden.

The calibration results are traceable to National Standards which are consistent with the recommendations of the General Conference on Weights and Measures (CGPM), or to standards derived from natural constants, or to standards relying on ratio measurements with self-calibrating technique for their calibration. If a National Standard is not available, the result is traceable to the Reference Standard of the Wandel & Goltermann Group.

The calibration has been carried out within a certified quality management system conforming to ISO 9001. The metrological confirmation system of measuring equipment complies with ISO 10012-1.

The stated confirmation interval shall be regarded as a recommendation. The real definition of the confirmation interval should be made by the user. The type of application and the environmental conditions should be taken into account.

17. Jul 1997

Qualitätsmanagement
Quality Management

Gerje
Prüfer
Tester

Geräteart
Kind of equipment

Strahlungsmeßgerät
EM Radiation Monitor

Type
Type**EMR-20**

BN

2244/20

Seriennummer
Serial number

B-0110
Sondennummer B-0110

Hersteller
Manufacturer

Wandel & Goltermann

Kunde
Customer

Kalibrierdatum
Calibration date

11. Feb 1998

Bestätigungsintervall
Confirmation interval

24 Monate *
24 Months *

Umgebungstemperatur/rel. Luftfeuchte
Ambient temperature/rel. humidity

 $(23 \pm 3)^\circ \text{C} / (40 \dots 60) \%$

Kalibrierergebnisse abgelegt unter
Calibration results filed under

22442000-B01109807

- Das Bestätigungsintervall wird ausschließlich durch den Gebrauch bestimmt (mechan. und klimatische Belastung). Daher empfehlen wir eine Rekalibrierung 24 Monate nach Auslieferung.

The confirmation interval is solely determined by the operation time of the instrument (mechanical and climatical stress). Therefore we recommend a recalibration 24 months after delivery.

Dieser Kalibrierschein bestätigt, daß alle Meßgrößen innerhalb der Grenzwerte der produktspezifischen Kalibriervorschrift liegen.

This calibration certificate confirms that all measurands lie within the limit values stated in the product-specific calibration procedure.

Die Ergebnisse der Kalibrierung sind zu Nationalen Normale, die den Empfehlungen der Generalkonferenz für Maß und Gewicht (CGPM) entsprechen oder auf Normen rückführbar, die von Naturkonstanten abgeleitet sind oder deren Kalibrierung zu Verhältnismessungen mit Selbstkalibrierungstechnik beruhen. Wenn kein Nationales Normal vorhanden ist, ist das Ergebnis zu das Bezugnormal (Kontrollnormal) der Wandel & Götzmann-Gruppe rückführbar.

Die Kalibrierung wurde innerhalb eines zertifizierten Qualitätsmanagementsystems nach ISO 9001 durchgeführt. Das Bestätigungssystem für Meßmittel entspricht ISO 10012-1. Das angegebene Bestätigungsintervall ist eine Empfehlung. Die eigentliche Festlegung des Bestätigungsintervalls soll durch der Benutzer erfolgen. Dabei sollen die Art der Benutzung und die Umgebungsbedingungen berücksichtigt werden.

The calibration results are traceable to National Standards which are consistent with the recommendations of the General Conference on Weights and Measures (CGPM), or to standards derived from natural constants, or to standards relying on ratio measurements with self-calibrating techniques for their calibration. If a National Standard is not available, the result is traceable to the Reference Standard of the Wandel & Goltermann Group.

The calibration has been carried out within a certified quality management system conforming to ISO 9001. The metrological confirmation system of measuring equipment complies with ISO 10012-1.

The stated confirmation interval shall be regarded as a recommendation. The redefinition of the confirmation interval should be made by the user. The type of application and the environmental conditions should be taken into account.

11. Feb 1998

Qualitätsmanagement
Quality Management

Prüfer
Tester

Wandel & Goltermann GmbH & Co. Elektronische Meßtechnik
Postfach 1262 · D-72795 Eningen u.A. · Tel. +49-7121-86-1616

ANEXO 7

Estudo Piloto.

ÍNDICE DO ESTUDO PILOTO

1	INTRODUÇÃO	1
2	MATERIAL E MÉTODO	1
2.1	Sobre o Equipamento de Diatermia de Ondas Curtas – DOC	2
2.2	Sobre o Equipamento de Medida dos Campos Elétrico e Magnético	2
2.3	Medidas dos Campos Elétrico e Magnético do Equipamento de DOC	3
3	RESULTADOS OBTIDOS	3
3.1	Intensidade dos Campos Elétrico e Magnético com a Sonda de Medida em Diferentes Locais Próximos ao Equipamento	3
3.2	Distanciando a Sonda de Medida da Fonte de Radiação	6
3.2.1	Variação da Intensidade dos Campos Elétrico e Magnético em Função da Distância da Sonda em Relação ao Painel de Controle e Cabos Condutores	8
3.3	Comparação da Intensidade dos Campos Elétrico e Magnético em Medidas Realizadas com <i>Phantom</i> e com Seres Humanos	12
3.4	Intensidade dos Campos Elétrico e Magnético em Medidas Realizadas com Voluntários de Diferentes Constituição Física	13
3.5	Intensidade dos Campos de Radiação em Simulações de Tratamentos de Extremidades do Corpo Humano	15
3.6	Intensidade dos Campos Elétrico e Magnético em Regiões do Corpo do Operador do Equipamento de DOC	17
3.7	Avaliação da Margem de Erro das Medidas	20
3.7.1	Deslocando-se a sonda de medida em direções diferentes	20
3.7.2	Deslocando-se o <i>phantom</i> em posições diferentes com os eletrodos afastados 1 cm e 5 cm	22
4	CONCLUSÕES	26

A preocupação principal foi que as medidas simulassem precisamente o ambiente de trabalho do fisioterapeuta que opera os equipamentos de diatermia. Para tanto, foi montada no Laboratório de Dosimetria uma sala com uma maca e o equipamento de diatermia, semelhante às salas de tratamento das clínicas de fisioterapia.

2.1. Sobre o Equipamento de Diatermia de Ondas Curtas – DOC

Foi utilizado um equipamento de diatermia de ondas curtas da marca IBRAMED, fabricado no ano de 2000, que emite ondas curtas com frequência de 27,12 MHz. Tal equipamento foi cedido pela Empresa fabricante, exclusivamente para realização dos experimentos. A forma de aplicação é através do método capacitivo, com eletrodos maleáveis, envolvidos com feltro e no modo contínuo. Neste equipamento a intensidade de aplicação (ou dose) obedece a uma escala de 1 a 7, sendo 1 a dose mínima e 7 a máxima. O manual de instruções do equipamento orienta que o tratamento se inicie com uma intensidade intermediária, no caso a dose 4, que deve ser aumentada ou diminuída gradativamente, se necessário, conforme a sensibilidade do paciente.

2.2. Sobre o Equipamento de Medida dos Campos Elétrico e Magnético

O equipamento utilizado para realização das medidas dos campos elétrico e magnético foi o EMR-200, da marca Wandel & Goltermann. Tal equipamento opera com baterias recarregáveis e, caso seja necessário, pode-se utilizar pilhas comuns não recarregáveis. É utilizado para monitoração de radiações de alta frequência, na faixa de 100 kHz. O equipamento opera com 3 tipos de sondas triaxiais, que devem ser escolhidas de acordo com a frequência do campo a ser medido. Neste estudo foram utilizadas duas sondas, a do tipo 9, de campo E, para a faixa de frequência de 3 MHz a 18 GHz, e a do tipo 10, de campo H, para a faixa de frequência de 27 MHz a 1 GHz.

2.3. Medidas dos Campos Elétrico e Magnético do Equipamento de DOC

Com o objetivo de se avaliar quais os principais pontos de medida a serem considerados no trabalho de campo, foram realizadas medidas em vários locais, dentro da sala de tratamento montada no laboratório: em pontos próximos ao equipamento de DOC, em regiões próximas ao corpo do operador, em diferentes tipos de tratamentos, com pacientes de diferentes tipos físicos, e também com os *phantoms* simulando pacientes. Além disso, foi estudado o decaimento da intensidade do campo em função da distância do equipamento de DOC. Nestas medidas foram observadas margens de erro existentes (sempre presentes em estudos que envolvem medidas físicas), decorrentes de diferentes posicionamentos da sonda de medida, do *phantom* e do eletrodo.

Como referência para comparação dos valores obtidos, foram utilizados os limites de exposição ocupacional recomendados pela ICNIRP – Comissão Internacional de Proteção à Radiação Não-Ionizante. A frequência da onda eletromagnética emitida pelo equipamento de Diatermia de Ondas Curtas é de 27,12 MHz, e seu comprimento de onda é de 11,06 metros, no vácuo. Assim, de acordo com a o limite da ICNIRP, o intervalo de frequência no qual está inserida a onda proveniente do equipamento de DOC é $>10 - 400$ MHz, o que equivale a um limite de exposição ocupacional para campos elétrico e magnético de 61 V/m e 0,16 A/m, respectivamente.

3. RESULTADOS OBTIDOS

3.1. Intensidade dos Campos Elétrico e Magnético com a Sonda de Medida em Diferentes Locais Próximos ao Equipamento

Foram realizadas medidas dos campos elétrico e magnético em 5 posições diferentes, nas proximidades do equipamento de DOC, durante simulações de tratamento utilizando-se os *Phantoms* 1 e 2 (ver Figura 1).

Na realização destas medidas, a sonda do equipamento de medida permaneceu fixa, tendo sido posicionada nos pontos indicados durante todo o período da simulação. O tempo de tratamento escolhido foi de 20 minutos e a dose de aplicação selecionada no equipamento de diatermia foi 4. Tal dose foi escolhida por tratar-se da dose média do equipamento e também por ser aquela geralmente utilizada nas sessões de tratamento.

Nas Figuras 1 e 2 pode-se visualizar, com vistas frontal e aérea, as posições nas quais foram efetuadas as medidas, sendo que os gráficos seguintes apresentam os resultados obtidos, para campos elétrico e magnético, em cada uma delas.

Figura 1 – Vista frontal das posições onde foram realizadas as medidas.

Figura 2 – Vista aérea (de cima) das posições onde foram realizadas as medidas.

Figura 3: Intensidade do campo elétrico em 5 posições diferentes, próximo ao equipamento de DOC, com a sonda fixa a uma distância de 2 cm em cada posição.

Figura 4 - Intensidade do campo magnético em 5 posições diferentes próximo do equipamento de DOC com a sonda fixa a uma distância de 2 cm em cada posição.

Pode-se observar, pelas figuras 3 e 4, que a posição na qual foi detectada a maior intensidade foi a 3, ou seja, próximo ao cabo condutor 2. Nesta posição, fica evidente que o valor é praticamente o dobro daquele apresentado pelo cabo condutor 1. Observa-se também que a intensidade tanto do campo elétrico quanto do magnético nas vizinhanças dos eletrodos e do cabo 1 é semelhante.

Com estas medidas pode-se observar também que, em todas as posições, o campo se estabiliza entre o primeiro e o segundo minuto, mantendo-se constante durante todo o tempo de tratamento, diminuindo somente após ser desligada a fonte de radiação eletromagnética.

3.2. Distanciando a Sonda de Medida da Fonte de Radiação

Foram realizadas medidas afastando-se a sonda em pequenas distâncias da fonte de radiação (neste caso o local escolhido foi o painel de controle) para o decaimento da intensidade do campo com a distância.

A sonda de medida inicialmente foi posicionada a 1 cm de distância da fonte de radiação, permanecendo nessa posição por 2 minutos. Em seguida foi afastada 2

cm e mantida nessa posição por mais 2 minutos para estabilização do campo. Assim foi feito sucessivamente, até completar a distância de 60 cm do equipamento.

Na Figura 5 é apresentado um diagrama mostrando como foi afastada a sonda do equipamento de DOC. Os resultados obtidos para campo elétrico são mostrados na Figura 6 e para campo magnético na Figura 7.

Figura 5. Direção de afastamento da sonda da fonte de radiação (painel) a cada 2 cm.

Figura 6 – Intensidade do campo elétrico em função da distância da sonda ao painel de controle do equipamento de DOC.

Figura 7 – Intensidade do campo magnético em função da distância da sonda ao painel de controle do equipamento de DOC

3.2.1. Variação da Intensidade dos Campos Elétrico e Magnético em Função da Distância da Sonda em Relação ao Painel de Controle e Cabos Condutores

Foram realizadas medidas afastando-se a sonda horizontalmente do painel de controle do equipamento, mantendo-a fixa a uma altura de 85 cm do solo e, também, deslocando-a verticalmente a partir de 5 cm do painel, variando-se a sua altura em relação ao solo, para estudo do decaimento da intensidade dos campos elétrico e magnético com a distância da fonte emissora.

Na Figura 8 é apresentado um diagrama que mostra as direções de deslocamento da sonda (flechas vermelhas) com relação ao painel e aos cabos condutores, horizontal e verticalmente, e em seguida as Figuras 9 a 12 com os resultados obtidos onde pode ser observado que os pontos são os valores medidos em função da distância e a curva o ajuste para demonstrar o decaimento exponencial.

Conforme pode ser observado na Figura 8 (pelo posicionamento das flechas vermelhas), a posição de 5 cm não é equivalente para a posição vertical e horizontal. Na posição vertical a sonda foi posicionada a 5 cm acima do painel de controle, e na posição horizontal a sonda foi posicionada a 5 cm a frente do painel de controle, portanto, como pode ser observado nos resultados das medidas o valor obtido a 5 cm na posição horizontal não é o mesmo valor para a posição horizontal, seja na medida de campo elétrico como na medida de campo magnético.

Figura 8 – Ilustração das direções de deslocamento da sonda, com relação ao painel de controle e aos cabos condutores, horizontal e verticalmente.

Figura 9 – Decaimento da intensidade do campo elétrico e ajustes com a sonda de medida distanciando-se do painel de controle nas direções vertical e horizontal.

Figura 10 – Decaimento da intensidade do campo magnético e ajustes com a sonda de medida distanciando-se do painel de controle nas direções vertical e horizontal.

Figura 11 – Decaimento da intensidade do campo elétrico e ajuste com a sonda de medida distanciando-se dos cabos condutores nas direções vertical e horizontal.

Figura 12 – Decaimento da intensidade do campo magnético e ajuste com a sonda de medida distanciando-se dos cabos condutores nas direções vertical e horizontal.

O decaimento da intensidade do campo com a distância da fonte emissora é um resultado esperado. Fazendo o ajuste dos dados obtidos, pode-se constatar que esse decaimento é exponencial, de acordo com o modelo matemático dado pelas equações

$$E = E_o e^{-d/t_o} \quad (1)$$

para campo elétrico, e

$$H = H_o e^{-d/t_o} \quad (2)$$

para campo magnético, onde E_o e H_o são os campos elétrico e magnético a distância zero, e é a base do logaritmo neperiano e t_o , um parâmetro que é função da frequência das ondas curtas, do tamanho da fonte emissora e do meio, no caso o ar; d representa a distância da sonda ao painel e cabos do equipamento. De fato, nos gráficos 9 a 12 são mostrados os ajustes das medidas do decaimento dos campos elétrico e magnético obtidas. Tais ajustes foram feitos utilizando-se os modelos

acima. Os valores dos parâmetros são mostrados em cada um dos gráficos, pois dependem dos dados obtidos em cada caso.

3.3. Comparação da Intensidade dos Campos Elétrico e Magnético em Medidas Realizadas com *Phantom* e com Seres Humanos

Foram realizadas medidas de ambos os campos para se observar as diferenças de intensidade, em simulações de tratamentos com *phantom* e com seres humanos. A dosagem utilizada foi semelhante em ambas as simulações e cuidados referentes aos posicionamentos do equipamento de medida e de diatermia foram observados, para diminuir ao máximo a margem de erro e também para verificar se o *phantom* pode ser utilizado em simulações de tratamento no lugar de pacientes. A sonda de medida foi posicionada a 10 cm dos cabos condutores do equipamento de DOC. Os resultados obtidos podem ser observados nas figuras 13 e 14.

Figura 13 – Intensidade do campo elétrico próximo aos cabos condutores comparando simulações de tratamento com phantom e com seres humanos (voluntários 1 e 2).

Figura 14 – Intensidade do campo magnético próximo aos cabos condutores comparando simulações de tratamento com o phantom e com seres humanos (voluntários 1 e 2).

Com os resultados das medidas pode-se observar que as intensidades dos campos elétrico e magnético são similares, dentro dos erros experimentais esperados, em medidas realizadas com o *phantom* e com seres humanos. Consequentemente, pode-se concluir que o *phantom* é uma boa alternativa para ser utilizado em simulações de tratamento com DOC, para fins de medidas de campos elétrico e magnético, se necessário.

3.4. Intensidade dos Campos Elétrico e Magnético em Medidas Realizadas com Voluntários de Diferentes Constituições Física

Foram realizadas medidas próximo ao painel de controle do equipamento de DOC, dos campos elétrico e magnético em simulações de tratamento de coluna lombar com 5 indivíduos de diferentes características físicas.

O principal objetivo foi observar possíveis variações da intensidade dos campos num mesmo tipo de tratamento com diferentes indivíduos. Para realização dessas medidas, a sonda permaneceu fixa a 10 cm do painel de controle e intacta durante todas as simulações de tratamento, o mesmo acontecendo com o

equipamento de diatermia e os eletrodos, mudando-se somente o voluntário. As características físicas dos voluntários podem ser observadas na tabela 2. Os resultados obtidos podem ser vistos nas Figuras 15 e 16.

TABELA 2 – Relação dos voluntários e suas características físicas

Voluntário	Sexo	Idade	Peso (kg)	Altura (m)
1	Masculino	31	93	1,84
2	Feminino	25	51	1,65
3	Feminino	30	62	1,60
4	Feminino	65	43	1,50
5	Masculino	22	69	1,74

Figura 15 – Intensidade do campo elétrico com diferentes voluntários.

Figura 16 – Intensidade do campo magnético com diferentes voluntários.

Os resultados acima demonstram que não ocorre mudança significativa da intensidade dos campos elétrico e magnético, com indivíduos com características físicas diferentes. As variações observadas são muito pequenas, apesar das diferentes características físicas de cada indivíduo.

3.5. Intensidade dos Campos de Radiação em Simulações de Tratamentos de Extremidades do Corpo Humano

A diatermia de ondas curtas é também utilizada em tratamentos de membros superiores (ombro, braço e ante-braço) e membros inferiores (perna, joelho, panturrilha e tornozelo), embora em quantidade menos expressiva que em tratamentos da coluna vertebral.

Levando-se isso em consideração, foram realizadas medidas para observar como a intensidade do campo de radiação se comporta durante esses tratamentos, com a sonda de medida posicionada próxima ao painel de controle do equipamento de DOC. As simulações foram em tratamentos de membros inferiores, pois os eletrodos do equipamento de DOC utilizado neste estudo piloto são grandes e não permitem que os membros superiores sejam devidamente acoplados, expondo o voluntário ao risco de queimaduras.

Os resultados obtidos com as medidas podem ser observados nas Figuras 17 e 18.

Figura 17 – Intensidade do campo elétrico em tratamentos de Membros Inferiores com a sonda posicinada próximo ao painel.

Figura 18 – Intensidade do campo magnético em tratamentos de Membros Inferiores com a sonda colocada próximo ao painel.

A intensidade do campo elétrico, durante as simulações de tratamento da coxa, foi três vezes mais alta que aquela medida durante a simulação de tratamento do tornozelo. Entretanto, nas medidas do campo magnético, os resultados foram bastante semelhantes, em ambos os tratamentos.

Observa-se que a intensidade média do campo elétrico próximo ao painel de controle durante a simulação de tratamento de coxa, que é de 46 V/m, é o dobro

daquela observada durante o tratamento da coluna lombar, com diferentes tipos de pacientes, cuja média foi de aproximadamente 23 V/m. Isto se deve, provavelmente, ao fato de, durante o tratamento de coluna lombar, o paciente se posicionar sobre os eletrodos e, assim, o corpo funciona como um isolante do campo, absorvendo parte deste. Já no tratamento da coxa, os eletrodos são colocados um de cada lado da coxa e, conseqüentemente, próximos entre si e também próximos do painel do equipamento, já que os cabos nos quais eles são conectados são relativamente curtos. Já no tratamento do tornozelo, apesar dos eletrodos também se posicionarem lado a lado, a intensidade do campo elétrico obtida foi menor, se comparada as medidas realizadas durante tratamento de coluna lombar e de coxa. Isso se deve principalmente a baixa dose utilizada na aplicação de DOC em tratamentos com proeminências ósseas e pouco tecido muscular. A concentração de calor nas proeminências ósseas é alta, por esse motivo recomenda-se que a intensidade seja diminuída, mesmo porque o paciente, em geral, não tolera a mesma intensidade de dose quando aplicada em tratamento da coxa e tornozelo.

Observa-se também uma intensidade mais alta do campo magnético durante o tratamento de coxa e tornozelo – média de 0,14 A/m, com relação a intensidade observada durante o tratamento de coluna lombar – média de 0,095 A/m.

3.6. Intensidade dos Campos Elétrico e Magnético em Regiões do Corpo do Operador do Equipamento de DOC

Foram realizadas medidas a 5 cm do corpo do operador de DOC, nas regiões em que este se posiciona durante as sessões de tratamento, na altura da pelve (quadril) e dos olhos (cabeça). A primeira foi escolhida devido a proximidade com o equipamento de diatermia durante seu manuseio (exemplo da pelve) e a segunda, os olhos, pela possibilidade de desenvolvimento de uma catarata, devido aos efeitos dos raios eletromagnéticos.

Em cada uma dessas regiões foram realizadas 3 medidas em pontos diferentes, onde o operador normalmente se posiciona para realizar a terapia: em frente do painel de controle do equipamento (na manipulação do equipamento), junto

a maca do paciente (para acomodar corretamente o paciente e os eletrodos durante o tratamento) e a 1,50 metro da maca e do paciente, onde fica a porta de entrada do box (distância, em geral, padrão nas clínicas de fisioterapia), sendo esta a posição em que o profissional geralmente permanece, para questionar o paciente a respeito de sintomas ou desconforto durante o tratamento, o que pode levar a diminuição (ou aumento) da intensidade da dose aplicada.

A Figura 19 mostra um diagrama com as posições onde foram realizadas essas medidas.

Figura 19 – Regiões do corpo do operador que foram medidas para observar a intensidade dos campos elétrico e magnético durante seu manuseio com o equipamento de DOC.

Os resultados obtidos com as medidas são apresentados nos gráficos 20 e 21, a seguir.

Legenda eixo x: 1 – Painel; 2 – Maca; 3 – Porta.

Figura 20 – Intensidade do campo elétrico próximo ao corpo do operador em diferentes locais de medida

Legenda eixo x: 1 – Painel; 2 – Maca; 3 – Porta.

Figura 21 – Intensidade do campo magnético próximo ao corpo do operador em diferentes locais de medida

Dos resultados obtidos, observa-se que a região pélvica do corpo do operador é a região que apresenta intensidades dos campos elétrico e magnético mais elevada. Os locais de medida em que a intensidade apresentou-se mais alta foram próximo ao painel de controle e na maca. Isso indica que no trabalho de campo é necessário realizar medidas no local que o operador se posiciona frente ao painel de controle e

realizar medidas na região pélvica e da cabeça. Para avaliar a intensidade do campo quando o operador está próximo a maca, no trabalho de campo deve-se realizar medidas durante o tratamento próximo a região pélvica do paciente e na cabeça do paciente, pois quando o operador se encontra próximo a maca ele está posicionando o paciente para ajustá-lo aos eletrodos e para isso se posiciona próximo a região pélvica do paciente. Em outra situação, quando o operador está questionando o paciente sobre a dose da terapia que ele está recebendo, se posiciona próximo a cabeça do paciente. Por estes motivos é importante a avaliação da intensidade dos campos elétrico e magnético nestas posições, no trabalho de campo.

3.7. Avaliação da Margem de Erro das Medidas

3.7.1. Deslocando-se a sonda de medida em direções diferentes

Essas medidas foram realizadas durante simulação de tratamento com o *phantom*. A sonda foi posicionada inicialmente no centro, em frente ao painel de controle do equipamento de DOC, e em seguida foi deslocada para outras 4 posições próximas (cerca de 2 cm), sendo que em cada posição ela permaneceu por 3 minutos, para realização das medidas (ver Figura 22).

Figura 22 – Direções de pequenos deslocamentos da sonda de medida.

As intensidades de campos elétrico e magnético obtidas em cada uma das cinco posições são mostradas nas Figuras 23 e 24, onde podem ser observadas as médias das medidas obtidas em cada posição, o erro médio e o desvio padrão.

Figura 23 – Intensidade do campo elétrico em cada posição. As barras representam o desvio padrão.

Legenda:

- Posição 1 – sonda posicionada no centro em frente ao painel de controle.
- Posição 2 – sonda posicionada a 2cm a direita do centro do painel.
- Posição 3 – sonda posicionada a 2cm a esquerda do centro do painel.
- Posição 4 – sonda posicionada 2cm a frente do painel em relação a posição 1.
- Posição 5 – sonda posicionada 2cm atrás do painel de controle em relação a posição 1.

Figura 24 – Intensidade do campo magnético e barras representando desvio padrão.

Legenda:

Posição 1 – sonda posicionada no centro do painel de controle.

Posição 2 – sonda posicionada a 2cm a direita do centro do painel.

Posição 3 – sonda posicionada a 2cm a esquerda do centro do painel.

Posição 4 – sonda posicionada 2cm a frente do painel em relação a posição 1.

Posição 5 – sonda posicionada 2cm atrás do painel de controle em relação a posição 1.

3.7.2. Deslocando-se o *phantom* em posições diferentes com os eletrodos afastados 1 cm e 5 cm

Essas medidas foram realizadas inicialmente com o *phantom* posicionado no centro dos eletrodos e, em seguida, fazendo-se pequenos deslocamentos em 4 posições diferentes, próximas da posição inicial (cerca de 2cm). O objetivo destas medidas foi fazer com que o *phantom* simulasse pequenos movimentos de deslocamento, feitos também pelos pacientes, em situações reais de tratamento, para verificação de alterações na intensidade dos campos. Os eletrodos foram posicionados a distâncias de 1 cm e 5 cm um do outro, para se observar a variação do

campo com a distância entre os eletrodos. Foram realizadas 4 vezes o mesmo experimento em cada uma das 5 diferentes posições do *phantom*, sendo tomada como posição 1 o *phantom* no centro dos eletrodos, posição 2 o *phantom* deslocado a direita do eletrodo, posição 3 o *phantom* deslocado a esquerda, posição 4 o *phantom* deslocado para frente e posição 5 o *phantom* deslocado para trás, conforme mostra a Figura 25. A sonda de medida ficou posicionada a 5 cm do painel de controle do equipamento de DOC.

Figura 25 – Deslocamentos efetuados com o *phantom*.

Na Figura 26 são mostradas as médias das quatro medidas obtidas em cada uma das 5 posições, com relação ao campo elétrico. Na Figura 27 são mostradas as médias das medidas obtidas nas cinco posições, considerando-se os eletrodos afastados 1 e 5 cm, respectivamente. Com isso, observa-se uma pequena variação do campo com o deslocamento do *phantom*, da ordem de 8%, para mais e para menos.

Nas Figuras 28 e 29 é feita a mesma análise, com relação ao campo magnético.

Legenda:

Posição 1 – Phantom no centro dos eletrodos.

Posição 2 – Phantom deslocado a direita dos eletrodos.

Posição 3 – Phantom deslocado a esquerda dos eletrodos.

Posição 4 – Phantom deslocado acima da posição 1.

Posição 5 – Phantom deslocado abaixo da posição 1.

Figura 26 – Intensidade do campo elétrico com os eletrodos afastados 1 cm e 5 cm e o phantom em 5 diferentes posições.

Figura 27 – Média e desvio padrão das medidas de campo elétrico efetuadas em cada posição, com os eletrodos a 1 cm e a 5 cm de distância.

Legenda:

Posição 1 – Phantom no centro dos eletrodos.

Posição 2 – Phantom deslocado a direita dos eletrodos.

Posição 3 – Phantom deslocado a esquerda dos eletrodos.

Posição 4 – Phantom deslocado acima da posição 1.

Posição 5 – Phantom deslocado abaixo da posição 1.

Figura 28 – Intensidade do campo magnético com os eletrodos afastados 1 cm e 5 cm e o phantom em 5 diferentes posições.

Figura 29 – Média e desvio padrão das medidas de campo magnético efetuadas em cada posição, com os eletrodos a 1cm e a 5 cm de distância.

4. CONCLUSÕES

Com as medidas realizadas nesse estudo piloto, pode-se concluir que:

- A região crítica, que apresenta taxas de radiação mais altas, é próxima da inserção dos cabos que ligam o equipamento de DOC aos eletrodos. Entretanto, a uma distância maior ou igual a 50 cm dessa região, a intensidade dos campos encontra-se abaixo do limite estabelecido internacionalmente.
- Dependendo do sentido que a sonda de medida se movimenta (vertical ou horizontalmente) com relação aos cabos e painel de controle do equipamento de DOC, observa-se a ocorrência de algum fenômeno que interfere nos resultados. Para se realizar medidas no trabalho de campo com segurança, pelo observado no estudo piloto, é necessário a realização de mais de uma medida durante o mesmo procedimento.
- As regiões importantes para se realizar as medidas são:
 - a) próximo a inserção dos cabos de aplicação;
 - b) próximo aos eletrodos durante os tratamentos;
 - c) nos locais em que o fisioterapeuta se posiciona durante o tratamento.
- Com as medidas realizadas no estudo piloto foi possível estabelecer os parâmetros necessários à realização do trabalho de campo, relacionados ao funcionamento do equipamento de medida, tais como: fator de calibração, definição das sondas a serem utilizadas, modo de medida (existem três modos disponíveis para uso), posicionamento da sonda dentro das salas de tratamento.
- Nas medidas realizadas com *phantom* e ser humano foi possível concluir que não existem diferenças significativas entre ambos, indicando a utilização do *phantom* no trabalho de campo quando for necessário.
- A constituição física e biotipo, dos indivíduos que estão sendo tratados, não interferem no aumento ou diminuição da intensidade dos campos elétrico e magnético.

ANEXO 8

**Carta de empréstimo do equipamento de Diatermia de ondas curtas
pela empresa IBRAMED ao Laboratório de Dosimetria do IF/USP.**

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS LTDA.

EMPRÉSTIMO

Na presente data a IBRAMED - Indústria Brasileira de Equipamentos Médicos Ltda., cede à UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP, Faculdade de Física, Professora Emiko, um aparelho de Ondas Curtas, modelo T54, que deverá ser utilizado em pesquisa sobre campo eletromagnético.

O presente empréstimo terá a vigência de 30 dias, podendo ser este prazo prorrogado em função das necessidades inerentes à pesquisa em desenvolvimento, bastando para tanto, somente uma solicitação de prorrogação do prazo.

Amparo, 26 de abril de 2001

José Ricardo de Souza
Sócio Gerente da IBRAMED

Universidade de São Paulo

ANEXO 9

Carta de aceite de empréstimo do IF/USP à empresa IBRAMED.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA

Caixa Postal 66318
05389-970 - São Paulo, SP

Telefone (55) (11) 3818-6939
Telefax (55) (11) 3818-6850

São Paulo, 26 de Abril de 2001.

Vimos por meio desta. declarar que a empresa Ibramed S/C Ltda está nos emprestando nesta data um equipamento de diatermia de ondas curtas - modelo Thermopulse T54 para fins de pesquisa científica.

Este equipamento será utilizado para medir os campos elétrico e magnético gerados durante a sua utilização e fará parte do trabalho de doutorado de Iracimara de Anchieta Messias, no qual se estuda a exposição ocupacional dos fisioterapeutas da cidade de São Paulo a esses campos.

Declaramos também que todo os resultados encontrados serão utilizados para fins acadêmicos e científicos.

Prof. Dra. Emico Okuno - Instituto de Física - USP

Iracimara de Anchieta Messias - Faculdade de Saúde Pública - USP