

**INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
FLUMINENSE**

Secretaria de Educação  
Profissional e Tecnológica

Ministério  
da Educação



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL  
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL  
MODALIDADE PROFISSIONAL**

**HÉLIO RIBEIRO GOMES FILHO**

**IMPORTÂNCIA DA DOSIMETRIA DOS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS  
NO GERENCIAMENTO DE RISCOS AMBIENTAIS EM PLATAFORMA DE  
PETRÓLEO**

**MACAÉ/RJ**

**2015**

**HELIO RIBEIRO GOMES FILHO**

**IMPORTÂNCIA DA DOSIMETRIA DOS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS  
NO GERENCIAMENTO DE RISCOS AMBIENTAIS EM PLATAFORMA DE  
PETRÓLEO.**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental na linha de pesquisa “Desenvolvimento e Sustentabilidade”.

**Orientação:** Prof. D.Sc. Marcos Antônio Cruz Moreira;

**Co-Orientação:** Prof. D.Sc. Augusto Eduardo Miranda Pinto.

**MACAÉ /RJ**

**2015**

Dissertação intitulada “**Importância da Dosimetria dos Campos Eletromagnéticos no Gerenciamento de Riscos Ambientais em Plataforma de Petróleo**”, elaborada por Hélio Ribeiro Gomes Filho e apresentada publicamente perante a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, na área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Desenvolvimento e Sustentabilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense.

Aprovada em .....

**BANCA EXAMINADORA:**

.....  
**Marcos Antônio Cruz Moreira**

Doutor em Engenharia Elétrica, Programa de Pós-Graduação do  
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense IFF  
Orientador.

.....  
**Augusto Eduardo Miranda Pinto**

Doutor em Direito, Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de  
Educação Ciência e Tecnologia Fluminense - IFF  
Coorientador.

.....  
**Jader Lugon Júnior**

Doutor em Modelagem Computacional, Programa de Pós-Graduação  
do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense IFF  
Examinador Interno

.....  
**Marcelo Macedo Valinhas**

Mestre em Engenharia Ambiental, Petróleo Brasileiro S/A  
Examinador externo

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que pela imensa misericórdia, não apenas me concedeu tão grande oportunidade, mas também o sustento na fé e perseverança neste caminho.

A minha esposa, filhos e demais familiares, pela compreensão e paciência, sem as quais sequer iniciaria tal jornada.

Ao meu orientador professor Marcos Cruz, pelos votos de persistência e encorajamento, pelas palavras, e pela dedicação na arte de ensinar.

Ao meu coorientador professor Augusto, por tamanha presteza e cumplicidade na elaboração deste singelo trabalho.

A banca, pelo o honroso aporte de informações tão essencial para melhoria deste trabalho, pois conforme nos ensina a sagrada escritura: na multidão dos conselhos está a sabedoria. (Prov. 11.14).

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPEA), não apenas pelo ensino, mas por compartilharem tão vasta experiência.

Aos colegas de classe que chamo de amigos, pois com risos e lágrimas encheram-me de mantimentos para tão árdua caminhada.

Ao gerente da UO-RIO/SMS/SEG, Osvaldo Mury, pela presteza e parcialidade na liberação para o mestrado.

Ao gerente da UO-RIO/SMS/MA, Rubinei Rodrigues, pelo incentivo e apoio para cursar o mestrado.

Ao Engenheiro Leonardo Medina e equipe de Higiene Ocupacional da UO-RIO/SMS/SEG, pela saudável convivência e compartilhamento de informações tão úteis à elaboração deste modesto trabalho.

Ao coordenador Aloysio Amorim e demais companheiros da equipe da UO-RIO/SMS/SEG-UMS, minha gratidão pelas diversas colaborações.

Aos Eng. Nelson Araújo e Cristina Reis, pelo convite ainda nos 1990 para os primeiros passos neste tão vasto campo do reconhecimento e avaliação dos riscos ambientais.

Aos Amigos Hélcio Macedo e Márcio Dias, pela colaboração neste trabalho desde a fase de pré-projeto.

Porque o Senhor teu Deus te põe numa boa terra, terra de ribeiros de águas, de fontes, e de mananciais, que saem dos vales e das montanhas; Terra de trigo e cevada, e de vides e figueiras, e romeiras; terra de oliveiras, de azeite e mel. Terra em que comerás o pão sem escassez, e nada te faltará nela; terra cujas pedras são ferro, e de cujos montes tu cavarás o cobre. Quando, pois, tiveres comido, e fores farto, louvarás ao Senhor teu Deus pela boa terra que te deu.

(Deuteronômio 8:7-10)

Lemos e ouvimos dizer muitas vezes que a Natureza, Mãe amantíssima de todas as coisas, tem sido criticada por certos homens, de haver provido o gênero humano com poucos recursos ou sem suficiente provisão. É toda via uma acusação menos justa, de chamá-la madrasta, porque impôs a todos a necessidade de prover a vida diária para conservá-la, sem o que ela se aniquilaria; se o gênero humano fosse dispensado dessa lei não admitiria outra lei e a terra que habitamos apresentaria um aspecto bem diverso daquele que existe agora.

(Bernardino Ramazzini)

“O que sabemos é uma gota; o que ignoramos é um oceano”.

(Isaac Newton)

**LISTA DE FIGURAS****ARTIGO CIENTIFICO 1**

<b>Figura 01:</b> Direção do movimento de cargas.....	21
<b>Figura 02:</b> Deslocamento dos CEM.....	21
<b>Figura 03:</b> Onda eletromagnética.....	22
<b>Figura 04:</b> Campos perpendiculares.....	22
<b>Figura 05:</b> Propagação dos Campos elétricos.....	24
<b>Figura 06:</b> Propagação do Campo Eletromagnético.....	25

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

### ARTIGO CIENTIFICO 1

<b>Tabela 1:</b> Espectro eletromagnético.....	25
<b>Tabela 2:</b> Espectro de Radiofrequências.....	26
<b>Tabela 3:</b> Níveis de referência para CEM.....	36
<b>Tabela 4:</b> Níveis de referência para CEMRF.....	37

### ARTIGO CIENTIFICO 2

<b>Tabela 1:</b> Limites para exposição ocupacional a CEMRF na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz (valores eficazes não perturbados).....	57
<b>Tabela 2:</b> Limites para exposição pública a CEMRF na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz (valores eficazes não perturbados).....	57
<b>Tabela 3:</b> Restrições Básicas para exposição à CEMRF, na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 10 GHz.....	58
<b>Tabela 4:</b> Relação entre limite permissível na faixa de frequência de 150 kHz a 3 GHz e valores encontrado na plataforma conforme medição de campo.....	62
<b>Tabela 5:</b> Medição de campos eletromagnéticos próximos as Estações Rádio Bases no Rio de Janeiro, segundo estudo de Dias e Siqueira.....	63
<b>Quadro 1:</b> Faixa de frequência e potência dos sistemas de comunicação interna e externa da plataforma.....	53
<b>Quadro 2:</b> Sistema GMDSS - Serviços de Emergência e Salvatagem.....	54

## LISTA DE SÍMBOLOS

### ARTIGO CIENTIFICO 1

V/m – Volt por metro

A/m – Ampere por metro

$\mu$ T - Micro Tesla

MW – Mega Watts

MHz – Mega Hertz .

GHz – Giga Hertz

kHz – Kilo Hertz

### ARTIGO CIENTIFICO 2

V/m – Volt por metro

A/m – Ampere por metro

MW – Mega Watts

MHz – Mega Hertz .

GHz – Giga Hertz

kHz – Kilo Hertz

SA - *Specific Absorption* - Absorção Específica.

SAR (*Specific Absorption Rate*) - Taxa de Absorção Específica

## LISTA SIGLAS E ABREVIATURAS

- ANATEL - Agencia Nacional de Telecomunicações.
- CCM - Centro de Controle de Motorização.
- CDC - Centro de Distribuição de Cargas.
- CEM - Campos Elétricos e Magnéticos.
- CEMRF - Campos Elétricos e Magnéticos de Rádio Frequências.
- DDR - Discagem Direta a Ramal.
- EHF - (*Extremely High Frequency*) - Frequência Extremamente Alta.
- EMF - *Electromagnetic Field*.
- EPIRB - *Emergency Position Indicating Radio Beacon*.
- ERB - Estação Rádio Base.
- ET- Especificação Técnica.
- FM - Rádio Modulação em Frequência.
- GMDSS - *Global Maritime Distress and Safety System*.
- GPS - *Global Positioning System*.
- HF - (*High Frequency*) - Frequência Alta.
- LF- (*Low Frequency*) - Frequência Baixa.
- MF- (*Medium Frequency*) - Frequência Média.
- OMS - Organização Mundial de Saúde.
- RF - Rádio Frequências.
- RNI – Radiações Não Ionizantes
- SAP - Serviço de Apoio a Plataforma.
- SART - *Transponder Radar de Busca e Salvamento*.
- SHF (*Super High Frequency*) - Frequência Super Alta.
- SMA - Serviço Móvel Aeronáutico.
- SMM - Serviço Móvel Marítimo.
- SPM - Serviço de Produção e Manutenção.
- UVA – Ultra Violeta A.
- UVB – Ultra Violeta B.
- UHF - (*Ultra High Frequency*) – Frequência Ultra Alta.
- VHF- (*Very High Frequency*) – Frequência Muito alta.
- VLf - (*Very Low Frequency*) – Frequência Muito Baixa.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE TABELAS E QUADROS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS.....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....</b>	<b>xii</b>
<b>1 APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2 ARTIGO CIENTÍFICO 1.....</b>	<b>16</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>16</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Introdução.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Ondas Eletromagnéticas.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3 Principais aspectos das radiações não ionizantes.....</b>	<b>24</b>
2.3.1 Sistemas Elétricos.....	26
2.3.2 Sistemas de Telecomunicação.....	28
<b>2.4 Principais impactos das radiações não ionizantes.....</b>	<b>30</b>
<b>2.5 Legislação sobre radiações não ionizantes.....</b>	<b>34</b>
<b>2.6 Metodologia.....</b>	<b>36</b>
<b>2.7 Conclusão.....</b>	<b>37</b>
<b>2.8 Referências Bibliográficas.....</b>	<b>37</b>
<b>3 ARTIGO CIENTÍFICO 2.....</b>	<b>40</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>40</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>40</b>
<b>3.1 Introdução.....</b>	<b>41</b>
<b>3.2 Princípio da precaução e gerenciamento do risco.....</b>	<b>44</b>
3.2.1 Identificação da exposição ao risco.....	46
3.2.2 Efeitos da exposição às radiações não ionizantes.....	49
3.2.3 Fontes de exposição .....	51
3.2.4 Limite de exposição à radiações não ionizantes.....	54
<b>3.3 Material e Método.....</b>	<b>57</b>
3.3.1 Material.....	57
3.3.2 Método.....	58
<b>3.4 Resultados e Discussão.....</b>	<b>58</b>
<b>3.5 Conclusão.....</b>	<b>63</b>

<b>3.6 Referências.....</b>	<b>64</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>68</b>
Anexo 1A.....	69
Anexo 1B.....	70

## 1 APRESENTAÇÃO

A crescente aplicação de equipamentos de rádio frequência, principalmente após a difusão da telefonia celular, tem provocado profunda transformação na sociedade, não apenas em sua forma de comunicação, mas uma verdadeira mudança de hábitos. Um incontável número de pessoas tem o *smartphone*, como item de primeira necessidade, sem o qual sequer saem de casa; provavelmente em pouco tempo, cada indivíduo na Terra terá um desses aparelhos. No Brasil, por exemplo, o número total de *smartphones* e celulares ultrapassa o número de habitantes. Para o atendimento a tamanha demanda as empresas operadoras de telefonia instalam diversas estações rádio bases em pontos próximos a cidades e áreas rurais.

Mas não apenas as pessoas se beneficiam e se conectam às redes e sistemas de telefonia e rádio difusão, mas também as empresas a cada dia se tornam dependentes desses sistemas. Incorporada à tecnologia elétrica e mecânica, a rádio frequência se multiplica dia a dia, nos equipamentos instalados em uma fábrica. Promovem a comunicação e controle de pessoas, máquinas e sistemas. Hoje a maior parte dos equipamentos e máquinas possui algum tipo de tecnologia por rádio frequência incorporada em seu sistema.

No entanto, este processo traz no bojo a preocupação quanto à dispersão dos campos eletromagnéticos no ambiente. Estes campos fazem parte do chamado espectro eletromagnético e compõem uma das faixas das radiações não ionizantes. As interações dos campos eletromagnéticos com os sistemas do corpo humano e o meio ambiente são alvo de incontáveis pesquisas sobre as possibilidades de impacto a saúde das pessoas e agravos ao meio ambiente. Neste cenário perdura uma longa discussão e por hora sem perspectivas de consenso entre as partes. De um lado os governantes e seus órgãos oficiais defendem a segurança do sistema, se atendidos aos limites máximos de exposição estabelecidos para uso dessa tecnologia; por outro lado, grupos organizados, representantes da sociedade, contestam tais limites. O principal argumento está na incerteza de impactos considerando as exposições prolongadas mesmo quando atendidos os parâmetros oficiais.

A questão da exposição dos trabalhadores às radiações não ionizantes em plataformas de petróleo é abordada em dois artigos técnicos. O primeiro discute os principais aspectos da exposição sobre a saúde humana e a legislação acerca do assunto.

O segundo artigo apresenta resultados de dosimetria tomados em locais de trabalho mais críticos da plataforma, sob o ponto de vista de exposição à radiofrequência.

## 2 ARTIGO CIENTIFICO 1

### **Radiações não ionizantes: principais aspectos e impactos dos campos eletromagnéticos em trabalhadores de plataforma de petróleo.**

*Non-ionizing radiation: main aspects and impacts of electromagnetic fields on oil rig workers.*

Hélio Ribeiro Gomes Filho

#### **Resumo**

O presente trabalho faz uma revisão bibliográfica dos elementos essenciais que caracterizam a formação dos campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos; demonstra de forma bem sucinta os princípios básicos do eletromagnetismo e seus espectros de frequências na faixa das radiações não ionizantes. Enfatiza a crescente aplicação de equipamentos com tecnologia de rádio frequência, especialmente na área de telecomunicações, tais como: sistemas de radar, telefonia celular entre outros. Destaca a presença destas tecnologias em unidades marítimas de produção de petróleo (plataformas de petróleo), cujas complexas operações e os desafios de manter um sistema industrial em funcionamento fora da costa, tornam imperativo o uso de dessas tecnologias a fim de manter as unidades marítimas, não apenas em plena capacidade operacional, mas também conectadas através de uma eficiente rede de transmissão de voz, dados e vídeo, capaz de interligar as plataformas entre si e também entre estas e as diversas bases operacionais em terra. Identifica as principais fontes emissoras de campos eletromagnéticos, tanto em baixas frequências (sistemas elétricos) quanto para rádio frequências (sistema de telecomunicação). Relaciona alguns aspectos do uso desta tecnologia com a exposição de trabalhadores e do público em geral, com os possíveis impactos a saúde dos trabalhadores e do público em geral. Faz uma síntese da legislação brasileira e internacional que regem os limites máximos permissíveis de exposição de trabalhadores aos campos eletromagnéticos.

**Palavras chaves:** radiações não ionizantes, campos eletromagnéticos, radiofrequência.

#### **Abstract**

*The present study is a literature review of the essential elements of training electrical, magnetic and electromagnetic fields; shows very succinctly the principles of Electromagnetics and their frequency spectra in the range of non-ionizing radiation. Emphasizes the increasing use of equipment with radio frequency technology - especially in telecommunications such as radar systems, cellular telephony and others. Highlights the presence of these technologies in offshore facilities for oil production (oil platforms), whose complex operations and the challenges of keeping an industrial system operating off the coast, makes imperative the use of these technologies in order to maintain marine units, not only at full operational capacity, but also connected by an efficient network transmission of voice, data and video able of connecting platforms among themselves and between them and the various operating bases on land. Identifies*

*the major emission sources of electromagnetic fields, both at low frequencies (electrical systems) and at radio frequency (telecommunication system). Relates some aspects of the use of this technology with the exposure of workers and the public, with possible impacts to the health. Provides an overview of the Brazilian and international laws governing the maximum permissible limits of exposure of workers to electromagnetic fields.*

**Key words:** *non-ionizing radiation, electromagnetic fields e radio frequency.*

## 2.1 Introdução

Os equipamentos com tecnologia de campos eletromagnéticos, à medida que se tornam essenciais nos processos industriais e na vida moderna possibilitam maior grau de automação, controle e comunicação. As redes *wireless*, a telefonia celular, o Sistema de Posicionamento Global (*GPS - Global Positioning System*), equipamentos para diagnósticos e tratamentos médicos, aparelhos domésticos tais como: micro-ondas, *laptops*, entre outros, são exemplos de cadeias tecnológicas nas quais o emprego de rádio frequência é imprescindível.

Segundo Agencia Nacional de Telecomunicações (ANATEL), ao final de 2013, o Brasil possuía 271 milhões de aparelhos celulares em funcionamento, cuja operacionalização depende das estações rádio base (ERB). Hoje no território nacional são 61.598 ERB s instaladas em prédios e morros próximos as cidades. (BRASIL, 2013).

O uso intensivo de rádio frequências produz uma “tempestade” de ondas eletromagnéticas, já denominada *ELETROSMOG* que se dispersam, pelas cidades, meios rurais e indústrias. Podendo causar impactos tanto aos seres humanos quanto ao meio ambiente sendo importante se determinar os limites aceitáveis para a exposição humana tanto de trabalhadores<sup>1</sup>, quanto do público<sup>2</sup> em geral. As intensidades medidas são expressas na forma de dose recebida pelo trabalhador ou pessoa do público em geral.

---

<sup>1</sup> Exposição ocupacional ou exposição controlada: Situação em que pessoas são expostas a CEMRF em consequência de seu trabalho, desde que estejam cientes do potencial de exposição e possam exercer controle sobre sua permanência no local ou tomar medidas preventivas.

<sup>2</sup> Exposição pela população em geral ou exposição não controlada: Situação em que a população em geral possa ser exposta a CEMRF ou situação em que pessoas possam ser expostas em consequência de seu trabalho, porém sem estarem cientes da exposição ou sem possibilidade de adotar medidas preventivas.

O projeto *Internacional Electromagnetic Field* (EMFs), da Organização Mundial de Saúde (OMS) funciona como importante ferramenta de incentivo a pesquisa para estudos dos efeitos dos campos eletromagnéticos nos seres humanos. “Visa “moldar” a agenda de pesquisa e estimular a geração, disseminação e aplicação de conhecimentos valiosos.” (OMS, 2010: p.10).

Embora não perceptível, as radiações eletromagnéticas representam uma forma de poluição, reconhecida como tal pela comunidade científica em diversas organizações no Brasil e no mundo. Sendo, portanto um importante viés da engenharia ambiental a ser investigado.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) em 2010 elaborou uma agenda com diretrizes sobre pesquisas com campos eletromagnéticos.

Conforme OMS (2010) todos estão expostos a uma mistura complexa de fracos campos elétricos e magnéticos, tanto em casa como no trabalho, a partir da geração e transmissão de energia elétrica, eletrodomésticos e equipamentos industriais, de telecomunicações e de radiodifusão.

Portanto é fundamental proporcionar à sociedade o maior acesso possível ao conhecimento dos riscos a que eventualmente possa estar submetida. Entende-se que nem o senso comum, nem a ciência são capazes de identificar todos os problemas geradores de agravos à saúde do homem ou impacto ao meio ambiente, no entanto todo problema identificado, deve ser exaustivamente analisado ainda que suas causas e consequências no tempo presente permeiem o campo da incerteza.

No caso dos campos eletromagnéticos é consenso entre especialistas e pesquisadores que se aplique o princípio da precaução conforme preconiza a organização mundial de saúde na declaração da ECO 92<sup>3</sup> sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.

Conforme MMA (2007) a precaução relaciona-se com a associação respeitosa e funcional do homem com a natureza. Trata das ações antecipatórias para proteger a saúde das pessoas e dos ecossistemas. É um dos princípios que guia as atividades humanas e incorpora parte de outros conceitos como justiça, equidade, respeito, senso comum e prevenção.

---

<sup>3</sup> Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada em 1992, na cidade do Rio de Janeiro, Brasil.

“Quando houver ameaça de danos graves ou irreversíveis, a ausência de certeza científica absoluta não será utilizada como razão para o adiamento de medidas economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental” (ONU, Declaração do Rio de 1992).

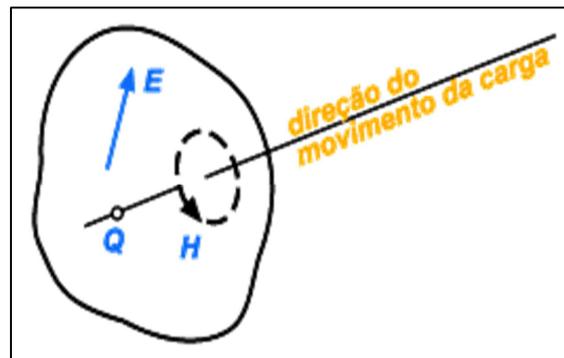
Existe distinção entre prevenção e precaução: prevenção trata de perigos de riscos "conhecidos", é relativamente fácil e não requer precaução. Proibir fumar ou usar amianto, hoje exige apenas atos de prevenção para evitar os riscos conhecidos. No entanto, ele teria precisado de precaução, (ou previsão, com base em suficiência de prova), ter justificado os atos para evitar a exposição aos então riscos incertos de amianto nas décadas 1930 e 1950, ou da fumaça do tabaco na década de 1960. Tais atos de precaução teriam poupado muitas vidas na Europa do que a proibição de hoje sobre o amianto e tabagismo. “Foram lições tardias de alertas.” (GEE, 2007: p. 6).

Este estudo tem como objetivo geral investigar a dose da exposição a campos eletromagnéticos em trabalhadores de plataformas de petróleo e como objetivo específico identificar as principais faixas de rádio frequências (RF) presentes nas unidades *offshore* e suas fontes emissoras.

## 2.2 Ondas Eletromagnéticas

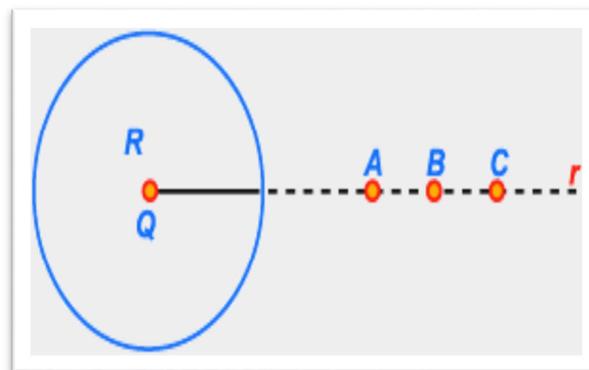
As ondas eletromagnéticas são resultadas das combinações de campos elétricos e campos magnéticos.

Toda carga elétrica  $Q$  produz ao seu redor um campo elétrico  $E$ , conforme figura 1. Supondo que essa carga elétrica entre em movimento (uma carga elétrica em movimento é uma corrente elétrica), uma corrente elétrica produz ao seu redor um campo magnético  $H$ . logo uma carga elétrica em movimento produz ao seu redor dois campos: o elétrico, que existe sempre, e o magnético, produzido pelo movimento da carga. (e-física-USP).

**Figura 1:** Direção do movimento de cargas.

Fonte: e-física-USP

O movimento da carga  $Q$  provoca o deslocamento dos campos elétricos e magnéticos que vão propagando-se juntamente no espaço atingindo os pontos A, B, C, numa direção  $r$  qualquer, conforme figura 2.

**Figura 2:** Deslocamento dos CEM

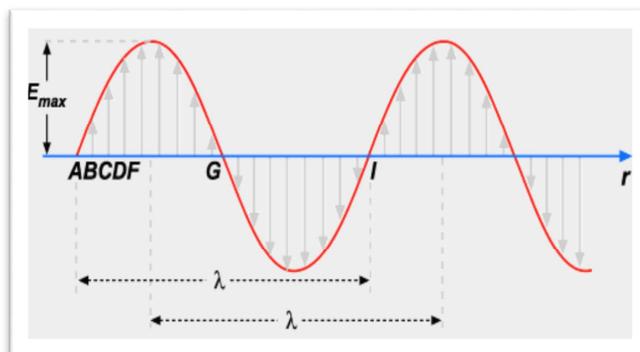
Fonte: e-física-USP

Se o movimento da carga é retilíneo e uniforme, ocorre a propagação dos campos enquanto a carga está em movimento. Se a carga é acelerada ou retardada observa-se que os dois campos continuam avançando pelo espaço em todas as direções, e mesmo que a carga pare os dois campos avançam com uma velocidade igual à velocidade de propagação da luz.

Considerando uma direção  $r$  qualquer de propagação dos campos, conforme figura 3, o módulo do vetor campo elétrico  $\vec{E}$  varia, e se marcarmos os vetores  $\vec{E}$  em todos os pontos de  $r$ , as extremidades dos vetores  $\vec{E}$  se dispõem sobre uma linha com forma de onda. Isso indica que o campo  $\vec{E}$  é nulo em certo ponto A, aumentando até

atingir um máximo em um ponto F, vai diminuindo até se anular em um ponto G; mudando de sentido depois aumentando até atingir o máximo.

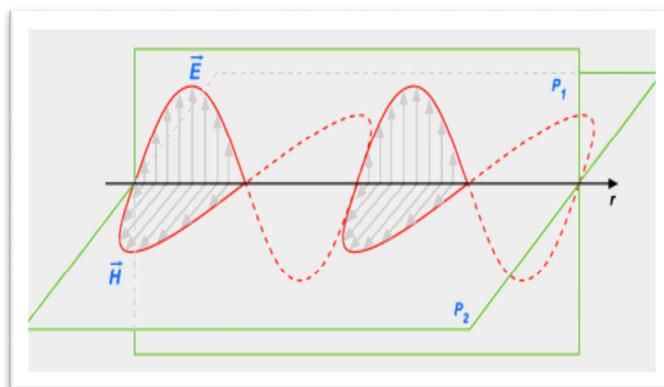
**Figura 3:** onda eletromagnética.



**Fonte:** e-física-USP

O campo elétrico se propaga num plano, isto é, os vetores elétricos  $\vec{E}$  se dispõem num certo plano  $P_1$ . O campo magnético se propaga num outro plano  $P_2$ . Uma propriedade importante das ondas eletromagnéticas é que esses dois planos são perpendiculares: os vetores  $\vec{H}$  estão em um plano perpendicular ao plano dos vetores  $\vec{E}$ , como indica a figura 4.

**Figura 4:** Campos perpendiculares.



**Fonte:** e-física-USP

Logo os campos elétricos e magnéticos estão associados à passagem de corrente elétrica com conseqüente geração de um espectro de energia a partir da fonte geradora. Até o século XIX os fenômenos elétricos e magnéticos eram observados separadamente,

em 1819 o físico Hans Christian Oersted correlacionou tais fenômenos a partir da passagem de uma corrente elétrica sobre uma agulha magnética.

Quando havia corrente elétrica no fio, Oersted verificou que a agulha magnética movia-se, orientando-se numa direção **perpendicular** ao fio, evidenciando a presença de um **campo** magnético produzido pela corrente. Este campo originava uma força magnética capaz de mudar a orientação da bússola. Interrompendo-se a corrente, a agulha retornava a sua posição inicial, ao longo da direção norte-sul. Observou-se, então, a existência de uma relação entre a Eletricidade e o Magnetismo. Ao campo magnético de origem elétrica chamamos de Campo Eletromagnético (MUSSOI, 2007: p. 24).

Segundo Oersted, todo condutor percorrido por corrente elétrica, cria em torno de si um campo eletromagnético. Esta descoberta possibilitou elucidar o princípio básico do eletromagnetismo: Quando duas cargas elétricas estão em movimento manifesta-se entre elas uma força magnética além da força elétrica (ou força eletrostática).

Em 1860, o físico James Clerk Maxwell (1831-1879) ampliou o conceito de indução eletromagnética, mostrando que não era necessário um circuito fechado para ocorrer à indução. Maxwell concluiu que a variação do campo magnético em um ponto do espaço produz nesse ponto um campo elétrico induzido e que a variação do campo elétrico produz um campo magnético induzido. A partir dessa ideia, demonstrou que uma perturbação gerada em um campo elétrico gera outra no campo magnético, que por sua vez gera uma terceira no campo elétrico, e assim sucessivamente. Essa perturbação se propaga então no espaço sob a forma de uma onda eletromagnética (MUSSOI, 2007: p. 98).

Estes experimentos comprovam os três principais fenômenos eletromagnéticos e que regem todas as aplicações tecnológicas do eletromagnetismo:

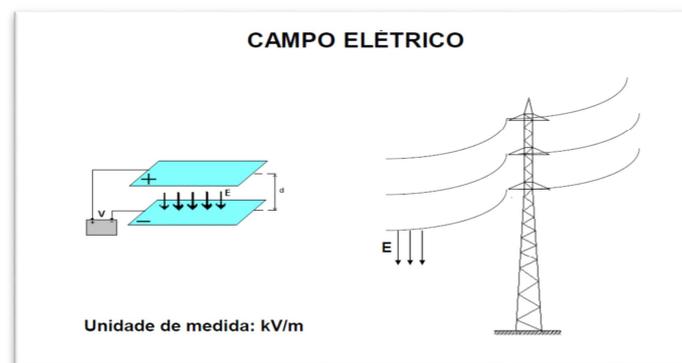
a) Um condutor percorrido por corrente elétrica produz campo magnético; b) O campo magnético provoca ação de uma força magnética sobre um condutor percorrido por corrente elétrica e c) Um fluxo magnético variante sobre um condutor gera (induz) corrente elétrica.

Os campos elétricos são indicados pelas diferenças de tensão: quanto maior a voltagem, mais forte será o campo elétrico presente.

Existem campos elétricos, sempre que uma carga elétrica positiva ou negativa está presente, eles exercem forças sobre outras cargas dentro do campo (figura 5).

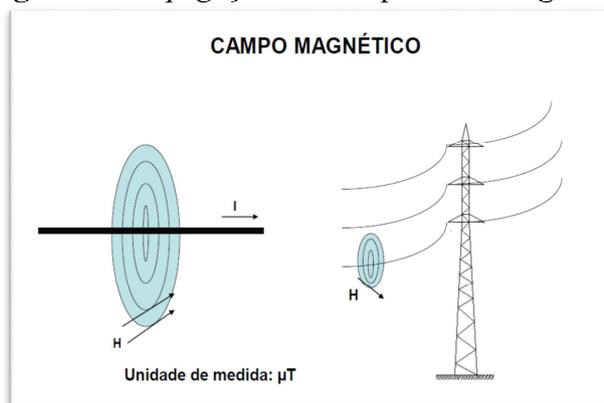
A intensidade do campo elétrico é medida em volts por metro ( $V / m$ ) e apresentam as seguintes características: i) é proporcional ao número de cargas elétricas; ii) um equipamento conectado na rede elétrica gera campo elétrico, devido à presença de cargas; iii) diminuí rapidamente ao aumentar-se a distância da fonte de geração e iv) é fortemente atenuado pela maioria dos materiais como: parede, árvores, pele humana, etc.

**Figura 5:** Propagação Campos elétricos.



**Fonte:** Jair Felício.

Os campos magnéticos são gerados pela movimentação de cargas elétricas, conforme figura 6. Quanto maior a corrente elétrica, mais forte o campo magnético. A intensidade do campo magnético é medida em amperes por metro ( $A/m$ ); mais comumente a pesquisa de campo eletromagnético, é relacionada à densidade de fluxo magnético que é medida em micro Tesla ( $\mu T$ ) e apresentam as seguintes características: i) é proporcional à intensidade de corrente elétrica; ii) um equipamento conectado na rede elétrica gera campo magnético quando está em funcionamento, devido ao movimento da corrente elétrica, iii) diminuí rapidamente ao aumentar-se a distância da fonte de geração e iv) não é fortemente atenuado por nenhum material.

**Figura 6:** Propagação do Campo Eletromagnético

**Fonte:** Jair Felício.

### 2.3 Principais aspectos das radiações não ionizantes

A energia eletromagnética pode ser ordenada de maneira contínua em função de seu comprimento de onda (distância existente entre duas cristas ou dois picos consecutivos de uma onda) ou de sua frequência (número de oscilações ou ciclos por segundo), sendo esta disposição denominada de "espectro eletromagnético", onde cada subdivisão é função do tipo de processo físico que dá origem a energia eletromagnética, do tipo de interação que ocorre entre a radiação e o objeto sobre o qual esta incide e da transparência da atmosfera em relação à radiação eletromagnética.

O comprimento de onda e a frequência estão inseparavelmente entrelaçados: quanto maior a frequência, menor o comprimento de onda. O espectro eletromagnético compreende desde os comprimentos de onda muito curtos, até as ondas de rádio de baixa frequência e grandes comprimentos de onda conforme tabela 1.

**Tabela 1:** Espectro eletromagnético

ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO			
Faixa	Abreviatura	Frequências	Comprimentos
Radiofrequência	RF	10 kHz a 300.000 MHz	30.000m a 0,1cm
Calor e Infravermelho		10 <sup>6</sup> a 3,9 x 10 <sup>8</sup> MHz	0,03 a 7,6 x 10 <sup>-5</sup> cm
Espectro Visível		3,9 x 10 <sup>8</sup> a 7,9 x 10 <sup>8</sup> MHz	7,6 x 10 <sup>-5</sup> a 3,8 x 10 <sup>-5</sup> cm
Ultravioleta		7,9 x 10 <sup>8</sup> a 2,3 x 10 <sup>10</sup> MHz	3,8 x 10 <sup>-5</sup> a 1,3 x 10 <sup>-6</sup> cm
Raios X		2,0 x 10 <sup>9</sup> a 3,0 x 10 <sup>13</sup> MHz	1,5 x 10 <sup>-5</sup> a 1,0 x 10 <sup>-9</sup> cm

Raios Gama		2,3 x 10 <sup>12</sup> a 3,0 x 10 <sup>14</sup> MHz	1,3 x 10 <sup>-8</sup> a 1,0 x 10 <sup>-10</sup> cm
Raios C3smicos		> 4,8 x 10 <sup>14</sup> MHz	< 6,25 x 10 <sup>-11</sup> cm

**Fonte:** Navega33o ci4ncia e Arte.

Nossos corpos s3o atravessados por sinais de r3dio e televis3o. Micro-ondas de radares e de sistema de telefonia celular podem nos atingir. Temos tamb4m as ondas eletromagn4ticas provenientes de lâmpadas, dos motores quentes dos autom3veis, das m3quinas de raios X, dos rel3mpagos e dos elementos radioativos existentes no solo (HALIDAY, 2009: p.03).

Todos est3o expostos a campos el4tricos e magn4ticos de fontes naturais e artificiais, por4m as intensidades e as for4as dos campos artificiais causam maior preocupa3o por excederem aos valores dos campos naturais sobre os quais o homem est3 adaptado. Os campos geomagn4ticos apresentam intensidade total m3xima de cerca de 60  $\mu$ T nos polos magn4ticos da terra (norte/sul), para um m3nimo de cerca de 30  $\mu$ T, perto do equador. A intensidade de campo pr3ximo a uma ERB pode exceder em muito estes valores. A tabela 2 abaixo apresenta o espectro de radiofrequ4ncias.

**Tabela 2:** Espectro de R3dio Frequ4ncia.

ESPECTRO DAS RADIOFREQU4NCIAS			
Faixa	Abreviatura	Frequ4ncias	Comprimentos
Frequ4ncia Muito Baixa (Very Low Frequency)	VLF	10 a 30 kHz	30.000 a 10.000m
Frequ4ncia Baixa (Low Frequency)	LF	30 a 300 kHz	10.000 a 1.000m
Frequ4ncia M4dia (Medium Frequency)	MF	300 a 3.000 kHz	1.000 a 100m
Frequ4ncia Alta (High Frequency)	HF	3 a 30 MHz	100 a 10m
Frequ4ncia Muito Alta (Very High Frequency)	VHF	30 a 300 MHz	10 a 1m
Frequ4ncia Ultra Alta (Ultra High Frequency)	UHF	300 a 3.000 MHz	100 a 10cm
Frequ4ncia Super Alta (Super High Frequency)	SHF	3.000 a 30.000 MHz	10 a 1cm

Frequência Extrem. Alta (Extremely High)	EHF	30.000 a 300.000 MHz	1 a 0,1cm
--	-----	----------------------	-----------

**Fonte:** Navegação ciência e Arte.

Conforme ANATEL (2009), radiofrequências são frequências situadas na faixa entre 0 Hz a 3.000 GHz. Com o aumento da frequência, a energia de ondas eletromagnéticas se torna mais concentrada. Ondas de radiofrequências estão na faixa das radiações não ionizantes<sup>4</sup>. Ondas de frequências mais altas, como os raios UVA e UVB e o Raios X, por exemplo, estão localizadas na faixa de frequências acima de 3.000.000 GHz e são capazes de produzir alterações químicas em tecidos do corpo.

Os campos estáticos, as frequências extremamente baixas (ELF), radiofrequências (VLF – VHF), e micro-ondas (VLF - EHF), compõe a faixa de frequência das radiações não ionizantes. As ondas de raios X e raios gama estão na faixa de frequência das radiações ionizantes<sup>5</sup>.

### 2.3.1 Sistemas Elétricos

As plataformas de produção *offshore*, são unidades industriais que por sua complexidade operacional, necessitam de uma grande variedade de processos, suficientes à manutenção, tanto sua atividade final de extração e processamento de petróleo, quanto as atividades necessárias a habitação e conexão com as demais unidades e bases *onshore*.

Os sistemas elétricos e de telecomunicação são fundamentais neste processo, tanto para o suprimento de energia elétrica quanto para a transmissão de voz, dados e vídeos permitindo a continuidade operacional dos equipamentos de produção e transporte de petróleo e a comunicação entre os sistemas do processo, unidades marítimas e pessoas.

O sistema elétrico compreende a geração, transmissão e distribuição de cargas, a fim de movimentar os diversos equipamentos existentes na unidade, tais como moto bombas, moto compressores, iluminação geral, refrigeradores, painéis, etc.

<sup>4</sup> Radiações não ionizantes: são radiações eletromagnéticas que não produzem energia suficiente para mover o elétron de seu orbital, não interferindo na matéria a ponto de promover interações significativas em sua estrutura, modificar ou inferir no comportamento dos átomos e seus orbitais.

<sup>5</sup> Radiações ionizantes: são radiações eletromagnéticas capazes de produzir energia suficiente para mover o elétron carga -1, de seu orbital no átomo, tornando - íon positivo.

O sistema de geração é composto normalmente por quatro turbos geradores com potência de cerca de 25,0 MW em 13,8 kV e acionados por turbinas movidas a gás ou diesel combustível. Sob condições normais de operação, três geradores operando, são suficientes para fornecer energia para todos os consumidores da unidade, permanecendo o quarto gerador em *stand-by*.

A distribuição de energia elétrica em seu nível primário, é realizada através de um sistema radial com alimentadores em 13,8 kV provenientes de um barramento partindo dos geradores. Esta distribuição secundariamente é realizada através de um sistema seletivo, com alimentadores em 4,16 kV e 480 V derivados dos painéis “CDC s” (Centro de Distribuição de Cargas), “CCM s” Centro de Controle de Motorização de média e baixa tensão, que por sua vez estão conectados aos secundários dos transformadores 13,8/4,16 kV, e 13,8/0,48 kV.

Para geração de emergência são utilizados dois motos geradores diesel de 1,2 MW/480v cada um, conectados ao CDC de cargas essenciais, que em condições normais de operação é suprido por dois transformadores de 13,8 / 0,48 kV.

Em condições normais de operação, a energia elétrica produzida pelos turbos geradores do sistema principal de geração e pelo moto gerador diesel do sistema auxiliar é distribuída para toda a unidade pelos painéis (CCM e CDC) em média e baixa tensão.

No nível de tensão 13,8 kV, esta distribuição é realizada, por intermédio de um sistema radial composto pelos barramentos do painel principal.

A distribuição nos outros níveis de tensão, 4,16 kV ou 480 V é fornecida por intermédio de transformadores abaixadores 13,8/4,16 kV e 13,8 kV /480 V.

O sistema de baixa tensão (480 V) é responsável pela alimentação de motores até 150 kW. Para os motores com potencia superior a 150 kW alimentados em baixa tensão é utilizado o método de partida compensada.

Em 480 V são alimentadas tanto cargas normais quanto cargas essenciais através dos CDCs. Estes CDCs alimentam, através de disjuntores de potência micro processados, os motores com potência maior ou igual a 56 kW e menor ou igual a 150 kW. São responsáveis também pela alimentação principal dos CCMs.

Estes sistemas elétricos produzem radiações eletromagnéticas na faixa de frequência extremamente baixa (ELF).

### 2.3.2 Sistemas de Telecomunicações

O sistema de telecomunicação divide-se em sistema interno e externo. O sistema interno compreende o sistema de telefonia; rede local, sistema de recepção e distribuição de áudio e vídeo, sistema de sonorização (avisos e alarmes), sistema rádio operacional, torre de telecomunicações e sistemas de recepção e transmissão via satélite.

O sistema externo é composto do sistema de transmissão digital via rádio, interligando a unidade marítima receptora á unidade marítima<sup>6</sup> transmissora, que comunica com a rede corporativa de voz e dados. Essa interligação também pode ocorrer por satélite operando na faixa de 11 GHz a 14 GHz (banda Ku<sup>7</sup>).

Comunicações operacionais via rádio: os canais de radiofrequência permitem as comunicações em caráter operacional e de emergência para atendimento as atividades de operação, movimentação de cargas, segurança, salvamento e resgate, sendo composto pelos seguintes sistemas:

Rede VHF/FM-SMM (Serviço Móvel Marítimo), para as comunicações de apoio entre a unidade marítima e as embarcações. Constituídos de transceptores fixos de 25 W a 40 W de potência e portáteis de 2 W a 5 W de potência operando na faixa de 150 MHz a 180 MHz.

Rede VHF/AM-SMA (Serviço Móvel Aeronáutico), para comunicações de apoio aéreo entre a unidade marítima e os helicópteros, potencia de 30 W a 36 W Operando na faixa de 115 MHz a 146 MHz.

Rede MF/HF/SSB-AM-SMM (Serviço Móvel Marítimo), para comunicações com as embarcações de apoio e com a rede costeira. Possui potência de 150 W a 250 W operando na faixa de frequência de 1 kHz a 16 kHz.

Rede MF/HF/SSB-AM-SAP (Serviço de Apoio a Plataforma), possibilitará as comunicações com as demais unidades e com a rede costeira. Possui potência de 150 W a 250 W operando na faixa de frequência de 1 kHz a 16 kHz.

Rede UHF/FM-SPM (Serviço de Produção e Manutenção), para as comunicações internas de apoio a produção e a manutenção da unidade, com potencia

---

<sup>6</sup> O sinal de voz e dados é enviado da unidade de terra via fibra cabo de fibra ótica até uma unidade *off-shore*, que opera como central, a partir desta transmissora o sinal segue até as demais unidades receptoras via rádio (por sistema de antenas transmissora e receptora).

<sup>7</sup> A Banda Ku é uma faixa de frequência utilizada nas comunicações com satélites com espectro de frequência segundo o IEEE de 15.35 GHz até 17.25 GHz.

de 10 W a 30 W, Operam na faixa de frequência de 460 MHz a 480 MHz, “Repetidor ativo” funciona através de antenas instaladas nos diversos níveis da unidade.

Radiofarol (MF/HF-AM/NDB), para orientação à navegação aérea, com 100 W de potencia opera na faixa de frequência de 400 Hz a 1900 kHz.

Serviços de emergência e salvatagem<sup>8</sup>: GMDSS (*Global Maritime Distress and Safety System*): MF/HF (SSB) - NAVTEX<sup>9</sup> (Serviço de Rádio Recepção); EPIRB (*Satélite Emergency Position Indicating Radio Beacon*); e SART (*Radar Transponder*).

O sistema de telefonia disponibiliza pontos telefônicos pela unidade conforme a necessidade. A central telefônica se interliga a rede de Discagem Direta a Ramal (DDR) corporativa através dos sistemas externos de telecomunicações.

O sistema de transmissão digital via rádio permite comunicações de voz, de dados e vídeos com as demais unidades da corporação com interligação através de rádio enlace digital, na faixa de 400 MHz, com capacidade de 2 x 2 Mbps, no caso de navios utiliza-se uma base estabilizadora rotacional<sup>10</sup> para a instalação da antena, de modo a manter o alinhamento do enlace na direção da unidade marítima central transmissora.

Sistema de Transmissão via Satélite (contingência), garante as comunicações de voz e dados indispensáveis a segurança e a operação da unidade marítima, como contingência nos casos de paralisação do sistema de transmissão via rádio, através de circuito digital via satélite a 1 Mbps. O sistema é composto por uma estação na unidade marítima interligada a uma estação em terra. Uma antena parabólica instalada na unidade marítima em base específica estabilizada garante o correto alinhamento com o satélite, independente dos movimentos da unidade marítima.

O Sistema de Videoconferência permite o estabelecimento de videoconferências envolvendo os empregados lotados numa unidade marítima com as demais unidades, em nível nacional e da base em terra com as unidades marítimas, através de ligações ponto a ponto e ponto-multiponto.

No Sistema de telecomunicação, a quantidade de energia associada à onda eletromagnética depende de suas frequências. Por exemplo, ondas elétricas e

---

<sup>8</sup> Em atendimento ao estabelecido pelo IMO (*International Maritime Organization*).

<sup>9</sup> O NAVTEX é um sistema de radiodifusão automática da informação de segurança marítima, que permite receber, a bordo, em sistemas digitais ou tele impressora, os avisos às navegações costeiras, a informação SAR e os avisos meteorológicos. (Revista de Marinha, 2009).

<sup>10</sup> Turret: Esquema de ancoragem de navio que consiste numa estrutura, do tipo tubulão, com rolamentos, presa ao fundo do mar por um sistema de cabos e amarras. Permite que o navio gire e se mantenha alinhado às forças do vento e da maré.

magnéticas de uma estação de rádio modulação em frequência (FM) típica oscilam em uma frequência de 100 milhões de vezes por segundo ou, em termos usuais, a uma taxa de 100 milhões de Hertz (abreviado como 100 MHz). Estações de TV operam em canais com frequências que variam de 54 MHz até 806 MHz. Os sistemas de telefonia celular usam ondas de frequências ainda mais altas.

A faixa de radiofrequências (RF) na qual os sinais sem fio são transmitidos estende-se de 9.000 Hertz (9 kHz) a 300 bilhões de Hertz (300 GHz) e incluem subdivisões identificadas e classificadas em Bandas de Frequência que pertencem às Faixas de Radiofrequência e Micro-ondas.

As micro-ondas são radiações eletromagnéticas produzidas por sistemas eletrônicos (osciladores) e se estendem pela região do espectro de 1 mm até cerca de 1 m, o que corresponde ao intervalo de frequência de 300 MHz a 300 GHz.

## **2.4 Principais impactos das radiações não ionizantes**

Os campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos são formas de radiações não ionizantes. No entanto alguns estudos comprovam interações prejudiciais entre ondas eletromagnéticas e a função celular.

Evidências experimentais sugerem que os CM podem influenciar algumas funções celulares, como a proliferação das células e a comunicação intercelular. A exposição a níveis elevados de CM pode levar à promoção tumoral ou outros tipos de danos celulares através da produção de radicais livres endógenos, ou através da interferência nos canais de cálcio (MARCILIO *et.al.*, 2009).

Estas interações são conhecidas desde o final do século XVIII, quando o médico e físico italiano Luigi Galvani percebeu os estímulos causados nas patas de uma rã, pela proximidade de eletrodos metálicos e comprovou a conexão entre a eletricidade e a contração muscular do animal. Um contraponto a esta teoria coube ao também italiano e físico Alessandro Volta que afirmava serem os eletrodos metálicos o gerador de eletricidade e não o tecido muscular. (JUNIOR, 2000: p. 14).

Hoje se sabe que os dois experimentos se completam, pois tanto o eletrodo quanto o tecido muscular são geradores de eletricidade. Por volta de 1821 o inglês

Michael Faraday descobriu a indução eletromagnética, permitindo o surgimento do conceito de bioeletromagnetismo.

“Atualmente, campos eletromagnéticos são empregados em estudos com plantas, frutos e sementes proporcionando germinação e crescimento diferenciados das espécies convencionais.” (KRUEGER-BECK, 2011: p. 315).

A célula é a unidade básica de todo ser vivo, seu equilíbrio e sobrevivência ocorrem a partir de uma série de reações bioquímicas que mantêm o equilíbrio do organismo celular. Esta dinâmica promove a interação necessária à manutenção da especificidade da célula conforme sua função no tecido, órgão ou sistema.

Mas a atividade biológica não envolve apenas reações químicas, embora estas estejam sempre na origem da captação e distribuição de energia e síntese de constituintes moleculares em qualquer organismo vivo. Podemos encontrar também atividades biológicas derivadas: elétrica, mecânica (movimentos, comportamentos), térmica (especialmente nos vertebrados. Endotérmicos) e até luminosa (bioluminescência) (QUILLFELDT, 2005: p.01).

Quando as ondas eletromagnéticas incidem em um tecido vivo, não provocam reações químicas, implicam em um aumento da temperatura do tecido (efeito térmico) e podem provocar alguns efeitos não térmicos, tais como: polarização ou vibração das moléculas ou células constituintes do tecido.

Com o aprimoramento da ciência, as interações entre os campos elétricos e magnéticos, e as atividades celulares foram aos poucos elucidadas e continuam sendo investigadas atualmente.

A descoberta do princípio do bioeletromagnetismo por Faraday possibilitou a criação de diversos aparelhos para o diagnóstico e tratamento de doenças, iniciando-se com os geradores de eletricidade estática, passando para os de corrente elétrica ou contínua, e finalmente chegando àqueles que exploram a enorme gama de frequência do espectro eletromagnético (JUNIOR, 2000: p.16).

Logo, conforme descrito, os efeitos de tais interações podem ser classificados em: térmicos (aquecimento dos tecidos como resultado da absorção de parte da energia transportada pela onda eletromagnética), e não térmicos (quando interagem com atividade celular podendo causar danos às moléculas que formam o tecido, porém não relacionados com aumento de temperatura).

Entre os efeitos identificados, o efeito térmico é o principal agravo à função celular, e depende da intensidade de aquecimento, da potência da fonte, da distância entre a fonte e o indivíduo, do tempo de exposição, das características dielétricas e da dissipação térmica dos tecidos expostos (FANTAZZINI & OSHIORO, 2007: p.95).

Os primeiros relatos sobre a ocorrência de efeitos a saúde tais como: déficit de atenção, alterações cardiovasculares, distúrbios psíquicos, entre outros, foram descritos na década de 1960, em trabalhadores expostos a campos eletromagnéticos em linhas de transmissão na antiga União Soviética (URSS), a partir do qual se iniciou uma série de estudos e experimentos com vistas à identificação dos possíveis efeitos dos campos eletromagnéticos sobre a saúde de trabalhadores expostos como também do público em geral.

Em 1979, o estudo de Wertheimer e Leeper colocou o assunto definitivamente em evidência ao apontar uma relação entre o risco para leucemia em crianças e a exposição a campos eletromagnéticos. Desde então, observa-se uma vasta produção de trabalhos avaliando o possível risco à saúde advindo da exposição a campos magnéticos e eletromagnéticos (MARCILIO *et.al.*, 2009: p.106).

Conforme ANATEL, Resolução nº. 303/2002, Exposições humanas a campos eletromagnéticos de radiofrequência (CEM-RF<sup>11</sup>) podem ocorrer pela utilização de equipamentos pessoais (por exemplo: telefones celulares, telefones sem fio, Bluetooth, e equipamentos de radioamadores etc.); por fontes ocupacionais (por exemplo: aquecedores de indução), e de fontes “ambientais”, como são as estações fixas e antenas de telefones celulares, antenas de rádio, e usos diversos, em equipamentos e procedimentos de saúde.

Para os trabalhadores, as principais fontes de exposição a campos eletromagnéticos de radiofrequência CEM-RF são constituídas pelo trabalho nas proximidades dos campos, enquanto que para as outras pessoas na comunidade, exposições importantes são originadas do uso de transmissores e equipamentos móveis junto do corpo, tipificados pelos telefones celulares (BAAN *et.al.*, 2011: p. 02).

Estas exposições podem ser avaliadas através da dosimetria, e comparadas aos limites máximos permissíveis, segundo a legislação brasileira ou referência

---

<sup>11</sup> CEMRF: Campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz. (Resolução 303, ANATEL).

internacional, possibilitando o reconhecimento e controle do agente tanto no local de trabalho quanto entre a população.

A dosimetria é a medição ou determinação por cálculo da distribuição interna da intensidade de campo elétrico, da densidade de corrente induzida, da absorção específica ou da taxa de absorção específica, em seres humanos ou em animais expostos a campos eletromagnéticos (ANATEL, RESOLUÇÃO 303).

A taxa de absorção (SA - *Specific Absorption*) é a energia absorvida por unidade de massa de tecido biológico, expressa em joule por quilograma (J/kg). Quando uma mesma intensidade de radiação eletromagnética atinge uma pessoa, partes diferentes do corpo irão absorver quantidades de energia diferentes (ANATEL, RESOLUÇÃO 303).

Enquanto a taxa de absorção específica (SAR – *Specific Absorption Rate*) é taxa de absorção de energia por tecidos do corpo, em watt por quilograma (W/kg). A SAR é a medida dosimétrica que tem sido amplamente adotada em radiofrequências superiores a cerca de 100 kHz.

Conforme BAAN (2011) a absorção e distribuição das radiações não ionizantes dentro do corpo dependem fortemente da frequência, polarização, e direção de incidência da onda sobre o corpo, e também de características anatômicas da pessoa exposta, incluindo altura, índice de massa corporal, postura e propriedades dielétricas dos tecidos.

Alguns tecidos do corpo humano absorvem mais energia ocorrendo maior elevação de temperatura (efeito térmico). Portanto a SAR quantifica a potência absorvida por unidade de massa, sendo diretamente proporcional ao aumento de temperatura do tecido.

Em função das dificuldades para avaliação de SAR, na prática mede-se a densidade de potencia a partir do qual se calcula os valores em SAR.

Os padrões de segurança para avaliação da exposição a CEM são expressos em densidade de potência que é medida em  $\text{mW}/\text{cm}^2$  (miliwatts por centímetro quadrado) e são distintos para os casos de exposição ocupacional (dos trabalhadores) e não ocupacional (público em geral). Como a taxa de absorção de energia – SAR, parâmetro que realmente interessa quando se trata de analisar os efeitos biológicos da radiação eletromagnética é de difícil medição rotineira, o que se mede, na prática, é a densidade de potência, medida que permite o cálculo posterior da SAR (TAVARES, 2004: p. 13).

Para exposição de corpo inteiro utiliza-se o conceito de SAR média, que é definida como a relação entre a potência total absorvida pelo corpo e sua massa.

Conforme Paulino (2011), para exposição localizada, como por exemplo, devido a telefones celulares portáteis irradiando campos muito próximos à cabeça do usuário utiliza-se o conceito de SAR local, que é definida como a potência absorvida por um determinado volume ou massa unitário, usualmente um grama de tecido.

A dosimetria, portanto, é uma importante ferramenta de avaliação e controle dos possíveis agravos à saúde pela exposição às ondas eletromagnéticas.

“A quantificação dessas exposições proporcionará informações valiosas para o desenvolvimento de investigações epidemiológicas futuras” (OMS, 2010: p.22).

Os padrões de exposição dos trabalhadores e do público em geral permanecem em contínua mudança, principalmente devido ao desenvolvimento de novas tecnologias de RF. No entanto, os trabalhadores submetem-se a fontes industriais e situações de exposição, que conduzem à deposição de energia no corpo muito superior. Quando são realizados estudos epidemiológicos sobre os trabalhadores de R.F., é imperativo monitorar adequadamente a sua exposição à RF.” (OMS, 2010: p.22).

## 2.5 Legislação sobre radiações não ionizantes

A primeira norma de segurança sobre radiação eletromagnética foi elaborada pela *American National Standards Institute* (ANSI) no ano de 1966, tendo adotado o valor de 10 mW/cm<sup>2</sup> como padrão de segurança para radiação. A partir desta data começaram a aparecer normas sobre radiação eletromagnética de outros países e/ou entidades (SILVA, 2001: p.04).

No Brasil, assim como na maioria dos países, às exposições máximas permitidas, medidas de controle e orientações diversas se baseiam em orientações de órgãos internacionais tais como: ICNIRP (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*), NCRP (*National Council on Radiation Protection and Measurements*), IRPA (*International Radiation Protection Association*), IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), ANSI (*American National Standards Institutes*), CENELEC (*European Committee For Electrotechnical Standardization*) e ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienist*).

A norma regulamentadora NR 09, da portaria 3214 de 1978 do Ministério do Trabalho, trata da implantação do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) e orienta quanto aos critérios para avaliação da exposição ocupacional aos agentes insalubres (químicos físicos e biológicos). A NR 09 é complementada pela a

NR15 que estabelece os valores limites de exposição ocupacional aos agentes identificados. Na ausência de parâmetros previstos na NR 15, a portaria nº 25 de 29/12/1994 do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), orienta para aplicação dos limites estabelecidos pela ACGIH.

Portanto a NR 15 é importante na operacionalização da NR 09, no que diz respeito à obrigatoriedade dos levantamentos ambientais dos agentes químicos, físicos e biológicos a serem quantificados, isto é, aqueles que possuem limites de tolerância estabelecidos pelos documentos legais existentes (BRASIL, Legislação Comentada: NR 15).

Com relação aos limites de tolerância às radiações não ionizantes, a NR15 em seu anexo 7, apenas conceitua o agente tratando sua exposição de forma qualitativa, para fins de pagamento de insalubridade<sup>12</sup>, conforme item II do referido anexo: “As operações ou atividades que exponham os trabalhadores às radiações não ionizantes, sem a proteção adequada, serão consideradas insalubres, em decorrência de laudo de inspeção realizado no local de trabalho.”

No entanto a Resolução Normativa nº 398, de 23 de março de 2010 da ANEEL, regulamenta a lei nº 11.934, de 5 de maio de 2009, e estabelece os limites à exposição humana a campos elétricos e magnéticos (CEM) originários de instalações de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, na frequência de 60 Hz (ANEEL, 2010).

A referida Lei atribuiu competência à ANEEL para regular e fiscalizar o atendimento aos limites de exposição a CEM recomendados pela OMS. Sendo adotados níveis de referência para CEM (tabela 3) variantes no tempo na frequência de 60 Hz.

**Tabela 3:** Níveis de referência para CEM.

	<b>Campo Elétrico (kV/m)</b>	<b>Campo Magnético (µT)</b>
<b>Público em Geral</b>	4,17	83,33
<b>População Ocupacional</b>	8,33	416,67

**Fonte:** ANATEL, Resolução 398, 2010).

<sup>12</sup> NR 15.2: O exercício de trabalho em condições de insalubridade assegura ao trabalhador a percepção de adicional, incidente sobre o salário mínimo da região, equivalente a: 40% (quarenta por cento), 20% (vinte por cento) ou 10% (dez por cento), conforme o grau de insalubridade, máximo; médio ou mínimo.

A Resolução nº 303 de 2 de julho de 2002 da ANATEL, regulamenta essas exposições considerando as faixas de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz e presença de campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos (CEMRF, tabela 4).

**Tabela 4:** Níveis de Referência para CEMRF

	<b>Campo Elétrico (kV/m)</b>	<b>Campo Magnético (µT)</b>
<b>Público em Geral</b>	0,87	6,25
<b>População Ocupacional</b>	0, 61	30,7

Fonte: (Resolução 303: ANATEL, 2010)

Conforme ACGIH: para campos elétricos, as exposições na faixa de frequência de 0 Hz a 220 Hz, não devem exceder o valor teto de 25 kV/m. Para campos magnéticos, as exposições na faixa de frequência de 1 Hz a 300 Hz, não devem exceder o valor teto de 1000 µT. Esses limites da ACGIH, embora sejam menos restritivos atualmente, devem ser observados como parâmetros, pela possibilidade de novas atualizações que o tornem mais restritivos do que os da Legislação Brasileira.

## 2.6 Metodologia

O presente estudo é resultado de uma revisão bibliográfica pertinente ao tema eletromagnetismo, suas aplicações e seus possíveis impactos a saúde do homem. Foram incluídos artigos selecionados a partir de uma pesquisa na base de dados Google acadêmico, Capes, Scielo e programa de ensino a distancia da USP. Utilizou-se as palavras-chaves: eletromagnetismo, radiações não ionizantes e avaliação ambiental, nos idiomas português e inglês. Para a inclusão de informações referente às aplicações e impactos do eletromagnetismo, foram analisadas as publicações dos últimos 05 anos. Para a construção de conceitos e definições científicas associada, direta ou indiretamente ao fenômeno eletromagnetismo, considerou-se o teor da informação, independente da data de sua publicação, quesito também aplicado com referencia às normas e resoluções pertinentes ao tema.

## 2.7 Conclusão

A exploração e produção de petróleo nas unidades marítimas dependem de tecnologias avançadas para a manutenção da produção, habitação e as diferentes formas de integração dos sistemas e pessoas, porém a inclusão cada vez mais intensa destas tecnologias trazem riscos associados, que podem causar impactos ao meio ambiente e as pessoas como é o caso dos campos eletromagnéticos, inerentes aos sistemas elétricos e de telecomunicações.

Na avaliação da exposição dos trabalhadores a esses campos eletromagnéticos, é importante observar as faixas de frequências na qual os indivíduos estão expostos e sua origem (se campos estáticos, de baixa frequência ou rádio frequência), avaliar tanto os CEM originários do sistema de geração distribuição e consumo de energia elétrica, quanto os CEMRF oriundos do sistema de telecomunicações.

Deve-se atentar para a legislação pertinente, em função do atendimento as diversas recomendações previstas na legislação brasileira, conforme normas regulamentadoras, NR09, NR15 e resoluções da ANEEL, ANATEL, bem como as diretrizes internacionais, especialmente as estabelecidas pela ICNIRP e recomendadas pela OMS.

## 2.8 Referências Bibliográficas

BAAN, RA; *et.al.* Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields, Disponível em: <<http://www.wirelesswatchblog.org/wp-content/uploads/2011/Lancet-June-2011-11.pdf>> Acesso em: jun., 2014.

BRASIL, Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, **resolução normativa nº 398, de 23 de março de 2010**, regulamentação da lei nº 11.934, de 5 de maio de 2009, no que se refere aos limites à exposição humana a campos elétricos e magnéticos.

\_\_\_\_\_, Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL. **Ondas Eletromagnéticas e as Pessoas**. Agência nacional de telecomunicações. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalInternet.doc>>. Acesso em: jul., 2013.

\_\_\_\_\_, ANATEL. **Campos Eletromagnéticos & Saúde Pública: Efeitos de EMF no meio ambiente**. Folha de Informação, 2005, 5p. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?numeroPublicacao=109133>>. Acesso em: jun., 2014.

\_\_\_\_\_, Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Princípio da precaução**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biodiversidade/item/7512-principiodaprecauca>>. Acesso em: jul., 2014.

\_\_\_\_\_, Ministério do Trabalho e Emprego – MTE, NR 15, **anexo n.º 7 atividades e operações insalubres: radiações não ionizantes**.

\_\_\_\_\_, MTE (NR-09) - **Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA**, Portaria SSST n.º 25, de 29 de dezembro de 1994.

COSTA, E. A. F. **Efeitos na saúde humana da exposição aos campos de rádio frequência**. Disponível em: <<http://www.ced.ufsc.br/men5185/trabalhos/18/telefoniaraz-final-radiacao-rab-detlev.htm>> Acesso em: set., 2013.

CORDEIRO, E. *et.al.* Eletromagnetismo e cotidiano. **Revista Virtual**, 2005. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/virtu/files/2010/04/artigo-2a9.pdf>> Acesso em: set., 2013.

E-FISICA. Ensino de Física à Distância. **Noções elementares sobre ondas eletromagnéticas**. Universidade de São Paulo – USP, Disponível em: <[http://efisica.if.usp.br/eletricidade/basico/ondas/ondas\\_eletromagneticas](http://efisica.if.usp.br/eletricidade/basico/ondas/ondas_eletromagneticas)> Acesso em: jul., 2014.

FANTAZZINI, ML; & OSHIRO, MCS. **Técnicas de avaliação de agentes ambientais: manual, serviço social da indústria**. Departamento Nacional, SESI. Brasília: SESI/DN, 2007.

GEE, D. **BioInitiative Report Seção 16: A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Fields - ELF and RF**. Disponível em <<http://www.bioinitiative.org/report/uploads/sec24-2012-Key-Scientific-Studies.pdf>> Acesso em: jul., 2014.

JÚNIOR, JF. Bioeletromagnetismo: Medicina Biofísica. **Anais do 1º Congresso Associação Brasileira de Medicina Complementar - AMBC**, 2001, Disponível em: <<http://www.medicinacomplementar.com.br/pdf/bioeletromagnetismo.pdf>>. Acesso em: 10/10/2013.

MARCILIO, I; HABERMANN, M; GOUVEIA, N. Campos magnéticos de frequência extremamente baixa e efeitos na saúde: revisão da literatura. **Revista Brasil Epidemiologia**, v.12, n.2, pp.105-123, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbepid/v12n2/02.pdf>>. Acesso em: 25/09/2013.

MINGUENS, AP. **Navegação: a Ciência e a Arte, v.III, Navegação Eletrônica e em Condições Especiais**. Brasília ed.: Marinha do Brasil, 2000, 878 p. Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/dhn/bhmn/download/cap-34.pdf>>. Acesso em: 26/06/2014.

MUSSOI, FL. **Fundamentos de eletromagnetismo**. Centro Federal De Educação Tecnológica de Santa Catarina, Departamento acadêmico de eletrônica, 2007.

NETO, PAM. *et.al.* Ondas eletromagnéticas: Aula 1 – As Equações de Maxwell. **Fundação CECIERJ**, 2005.

PAULINO, JOS. **Radiações eletromagnéticas não ionizantes emitidas pelas antenas fixas de telefonia celular**. Universidade Federal de Minas Gerais, 2001.

QUILLFELDT, JA. **Origem dos potenciais elétricos das células nervosas**. Departamento de Biofísica, IB, Universidade do Rio Grande do Sul - URGs. Disponível em: < <http://www.ufrgs.br/mnemoforos/arquivos/potenciais2005.pdf>>. Acesso em: set., 2013.

SESI. Serviço Social da Indústria. **Legislação Comentada: NR 15: Atividades e Operações Insalubres**. Departamento Regional da Bahia, 2008, 33 p.

KRUEGER-BECK, E. *et.al.* Campos elétricos e magnéticos aplicados à regeneração nervosa periférica. **Revista Neurociência**, v. 19, n. 2, pp. 314-328, 2011. Disponível em: <<http://www.revistaneurociencias.com.br/edicoes/2011/RN1902/revisao-2019/2002/52420revisaodoc.pdf>> Acesso em: set., 2013.

TAVARES, WML. **Radiação das antenas do serviço móvel celular e seu tratamento na legislação brasileira e de outros países**. Câmara dos Deputados, Consultoria Legislativa, 2004. Disponível em: <<http://bd.camara.gov.br/bd/handle/bdcamara/1319>>. Acesso em: set., 2013.

MARINHA DO BRASIL. Ponto de situação do GMDSS – Global Maritime Distress and Safety System, **Revista de Marinha - RM979**, ago., 2009. Disponível em: <<http://www.revistademarinha.com/index.php?option=comcontent&view=article&id=1263:gmdss-situacao&catid=107:seguranca-na-navegacao&Itemid=294>> Acesso em: jul., 2014.

NOUAILHETAS, Y; ALMEIDA, CEB.; PESTANA, S. Apostila educativa: radiações ionizantes e a vida. **Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEM**. Disponível em: <[http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/rad\\_ion.pdf](http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/rad_ion.pdf)>. Acesso em: 25/10/2013.

### 3. ARTIGO CIENTIFICO 2

#### **Avaliação e Gerenciamento de riscos dos campos eletromagnéticos em plataforma de petróleo.**

*Risk assessment and management of electromagnetic fields on the oil rig .*

Hélio Ribeiro Gomes Filho

#### **Resumo**

Os campos eletromagnéticos de alta frequência estão presentes em plataformas de petróleo através do uso de equipamentos de telecomunicações. Esses equipamentos operam na faixa de radiofrequência do espectro eletromagnético, portanto considerados emissores de radiações não ionizantes - RNI. A Exposição a campos eletromagnéticos pode causar impactos à saúde e ao meio ambiente. Sua interação com os sistemas biológicos é reconhecida pela ciência que admite possibilidade de agravos a saúde, somente para exposições excessivas. A pesquisa de campo revelou que na plataforma avaliada as exposições a RNI, tanto para o público quanto para trabalhadores encontram-se abaixo dos limites estabelecidos pela legislação. No entanto os estudos que estabelecem tais limites não são conclusivos o suficiente para garantir ausência de malefícios tanto para o homem, quanto para o meio ambiente considerando os atuais valores de referência. A Organização Mundial de Saúde recomenda que para a elaboração de controle da exposição à RNI, seja implantado um gerenciamento de riscos e que seja aplicado o princípio da precaução no tratamento de questões que envolvam exposição a campos eletromagnéticos de radiofrequência.

**Palavras Chaves:** Campos eletromagnéticos, Radiações não ionizantes, Limites de Exposição.

#### **Abstract**

*High frequency electromagnetic fields are present on oil platforms through the use of telecommunications equipment. These devices operate in the radio frequency range of the electromagnetic spectrum therefore considered issuers of non-ionizing radiation - NIR. Exposure to electromagnetic fields can impact health and the environment. Their interaction with biological systems is recognized by science that admits the possibility of health diseases, only to excessive exposures. The field research revealed that the platform assessed exposures to NIR, both for the public and for workers are below the limits established by law. However, the studies that establish these limits are not conclusive enough to ensure the absence of harmful effects both for man and to the environment, considering the current reference values. The World Health Organization recommends that for the development of control of exposure to NIR, is implemented a risk management and that the precautionary principle be applied in addressing issues involving exposure to radio frequency electromagnetic fields.*

**Key-Words:** Electromagnetic fields, Non-ionizing radiation, Exposure Limits

### 3.1 Introdução

De todas as tecnologias implementadas nas últimas décadas, há que se destacar as de transmissão de dados e os inúmeros equipamentos destinados a este fim. A telefonia celular, por exemplo, tornou-se tão difundida na atualidade, que no Brasil a quantidade de aparelhos celulares ultrapassa o número de habitantes. Conforme a Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL, (2015), são mais de 273 milhões de celulares ativos. “O aumento considerável na utilização de telefonia móvel, é acompanhado por uma inquietação crescente em relação aos possíveis efeitos prejudiciais na saúde humana, resultantes da radiação emitida por esses equipamentos.” (MARK *et.al*, 2009, apud FERREIRA, 2013: p.10).

A televisão, o rádio, o telefone, entre outros equipamentos de transmissão de voz e dados, nos submerge a um ambiente repleto de uma forma de energia denominada ondas eletromagnéticas, que são uma forma de radiação não ionizante, sem as quais não existiriam os serviços de telecomunicações. “O progresso tecnológico em seu sentido mais amplo tem sido sempre associado a ameaças e riscos, tanto os percebidos quanto os reais. As aplicações industriais, comerciais e domésticas para campos eletromagnéticos não são exceções” (OMS, 2002: p.1).

Existe uma grande preocupação no Brasil e no Mundo quanto aos níveis de exposição destas radiações. Durante o século vinte, a exposição ambiental a campos elétricos e magnéticos, criada pelo homem aumentou consistentemente devido à demanda por energia elétrica, tecnologias sem fio e mudanças em práticas profissionais e comportamento social (OMS, 2002: p.1). Os campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, são denominados CEM (campos eletromagnéticos). Enquanto os campos eletromagnéticos situados na faixa de frequência (RF) entre 9 kHz e 300 GHz, são denominados CEMRF. Nesta faixa operam os sistemas de rádio e micro-ondas. Conforme Miguens (2000: p.44), “A faixa das frequências apropriadas para utilização em transmissões de rádio é denominada de espectro das ondas de rádio ou faixa de radiofrequências conhecidas como faixa de rádio e de micro-ondas”. O corpo humano possui propriedades físicas que podem funcionar como receptor de ondas eletromagnéticas provenientes de fontes externas. “Campos elétricos e campos

magnéticos externos têm a capacidade de induzir correntes elétricas alternadas no tecido humano” (FERREIRA, 2013: p.09).

A maioria destes estudos não é conclusiva, porém ainda que não apontem evidências suficientes de que os CEMRF, produzidos por equipamentos de medição, controle e comunicação irradiem energia suficiente capaz de produzir efeitos nocivos à saúde; diversos órgãos de pesquisas e prevenção, tais como: Agência Internacional de Pesquisa sobre Câncer (IARC), Comissão Internacional de Proteção Contra Radiações não Ionizantes (ICNIRP), entre outros, continuam empenhados na monitorização das emissões dos campos eletromagnéticos e seus prováveis impactos ao corpo humano, principalmente no que tange aos efeitos de longo prazo. “Parece não haver ainda consenso entre os cientistas sobre os possíveis riscos aos seres humanos decorrentes da exposição aos campos eletromagnéticos das estações rádio base” (SOARES, 2011: p.5).

Os valores adotados na Legislação Brasileira foram balizados pelos limites previstos nos principais organismos internacionais. Segundo Felício (2013): “muitos países utilizam as normas da ICNIRP que juntamente ao Projeto de Campos Eletromagnéticos (ELF) da Organização Mundial de Saúde (OMS), estabeleceram os limites de exposição a campos eletromagnéticos”. Os limites máximos recomendados no Brasil e no Mundo ajudam a controlar os riscos das exposições que possam ser prejudiciais à saúde humana ou causem impacto ao meio ambiente. Para Organização Mundial de Saúde: “o debate atual está centrado em saber se a exposição durante longos períodos em níveis abaixo dos limites de exposição pode causar efeitos adversos à saúde ou influenciar o bem-estar das pessoas” (OMS, 2002: p.5),

No Brasil os limites tolerados para exposição à CEMRF, são regulamentados pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) através da Resolução nº. 303 de julho de 2002, na qual foram estabelecidos valores máximos para exposição ocupacional ou exposição controlada, e para exposição da população em geral. “A exposição ocupacional refere-se à exposição decorrente da atividade laboral. O indivíduo tem ciência do potencial de exposição e pode exercer controle sobre sua permanência no local ou adotar medidas preventivas.” (Agência Nacional de Telecomunicações - ANATEL, 2002). Enquanto a exposição para o público em geral ou exposição não controlada, é aquela em que a população está exposta a CEMRF ou exposição de pessoas em consequência de seu trabalho, porém sem estarem cientes da exposição ou sem possibilidade de adotar medidas preventivas. (ANATEL, 2002).

Para Felício (2013), “a adoção dos limites de exposição aos CEM para o público e para a exposição ocupacional a partir da redução dos limites estabelecidos pelo ICNIRP, são fatores de segurança, que consideram o princípio da precaução”.

Com relação à exposição ocupacional, além do atendimento à Resolução 303 da ANATEL, o controle da exposição a campos eletromagnéticos deve estar previsto também no plano de gerenciamento de riscos ambientais da empresa. Conforme item 9.1.1 da norma regulamentadora 09 do Ministério do Trabalho e Emprego, que determina a monitorização dos riscos ambientais pelo empregador.

Assim obrigatoriamente, deve-se implantar um Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA).

O PPRA visa à preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e consequente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais (BRASIL, Portaria nº 25, 1994).

Em relação à exposição à CEMRF, uma plataforma de petróleo *offshore* constitui um ambiente permeado de equipamentos emissores de CEMRF, possuindo desde rádios portáteis até sistemas mais complexos de comunicação via satélite. As plataformas diferem dos demais setores da indústria e da sociedade, pela necessidade de seus trabalhadores exercerem suas atividades em regime de confinamento, que normalmente se estende por quatorze dias ininterruptos.

A associação de tempo de exposição e quantidade de equipamentos disponíveis com uso de CEMRF são características que justificam maior atenção na investigação da exposição destes trabalhadores aos níveis de CEMRF nas plataformas. Neste aspecto a dosimetria se constitui excelente ferramenta para o entendimento e gerenciamento das exposições a campos eletromagnéticos. Em 2010 a OMS divulgou em Genebra, na Suíça, uma agenda contendo a lista de recomendações para investigação sobre CEMRF, apontando para as seguintes opções de pesquisa: “epidemiologia, estudos em humanos, estudos com animais, estudos de células, mecanismos de interação, ciências sociais e avaliação de dosimetria e exposição”. (OMS, 2010: p. 11).

Neste estudo, pretende-se como objetivo geral: identificar em plataforma de produção, áreas críticas com possibilidade de presença de campos eletromagnéticos e

exposição de trabalhadores. E como objetivo específico, estimular a pesquisa ambiental com foco nos efeitos à saúde humana decorrente de novas tecnologias.

### 3.2 Princípio da precaução e gerenciamento do risco

Os sistemas sem fio tais como: *wi-fi*, *wireless* e *Bluetooth*, são amplamente utilizados na comunicação entre pessoas e controles operacionais. Porém promovem constante irradiação de energia eletromagnética no ar, gerando uma nova forma de poluição atmosférica, denominada *eletrosmog*. “Sistemas elétricos, eletrodomésticos e uma vasta gama de transmissores sem fios para várias aplicações geram radiação não ionizante (vulgarmente referido como *electrosmog*)” (REICHENBACH *et.al.*, 2005: p.2).

Essas emissões podem ser prejudiciais à saúde, dependendo de sua intensidade. Com vistas ao máximo controle dos riscos de CEMRF, e com base nos princípios da precaução e da abstenção por prudência, muitos países adotam medidas de prevenção internacionalmente aceitas, tais como: as orientações básicas do ICNIRP para exposição a campos eletromagnéticos e recomendações da OMS. Estas medidas tendem a ser conservacionistas, a fim de, preservar a integridade das pessoas e do meio ambiente. Segundo Silva (2009: p.128), o princípio da precaução é uma política de gerenciamento de risco aplicado em circunstancia com alto grau de incerteza científica e com necessidade de redução do risco de um dano. Conforme o autor utiliza-se políticas provisórias, até que pesquisas científicas forneçam respostas conclusivas. Na abstenção por prudência, mesmo sem qualquer risco demonstrável, adotam-se medidas de baixo custo para reduzir a exposição a campos eletromagnéticos.

No contexto da questão de CEM, alguns governos têm adotado “*abstenção por prudência*” (*prudente avoidance*) uma variante do princípio da precaução, como opção de política adotada no assunto. Foi aplicada inicialmente para campos ELF e é descrita como a utilização de medidas simples, facilmente atingíveis, de custo baixo a moderado (*prudente*) para reduzir a exposição individual ou pública a campos eletromagnéticos, mesmo na ausência de certeza de que essas medidas reduzem o risco. (OMS, 2002: p.56).

Conforme Beck (*apud* Motta, 2006), existe uma dimensão perigosa para o desenvolvimento, especialmente considerando a função da ciência, do conhecimento e

da tecnologia. Segundo ele as consequências do desenvolvimento científico e industrial são o perigo e o risco, que vêm acompanhados da possibilidade de catástrofes e resultados imprevisíveis na dimensão estruturante da sociedade. Para o autor é nessa situação de incerteza de riscos e perigos potencializados e multifacetados que se inserem as discussões sobre o princípio da precaução.

Tal princípio baseia-se na ameaça hipotética de dano, ou seja, ainda que não se concretize o prejuízo para o homem ou meio ambiente, a possibilidade de sua ocorrência é suficiente para que medidas preventivas sejam adotadas. Logo deve-se atentar para importância do gerenciamento do risco à exposição de CEMRF, mesmo prevalecendo à incerteza de agravos a saúde humana para exposição dentro dos limites legais estabelecidos. Diante disso, Rodrigues (2013) afirma que:

[...] O gerenciamento de riscos envolve regulamentação de padrões ambientais; tecnologias de controle e remediação de danos; análise de custos e benefícios; percepção e convivência da sociedade com riscos; e a análise dos impactos nas políticas públicas e nas estratégias das empresas (p.2).

Para Motta, (2006: p. 3) o direito ambiental, assume relevo extremo a prevenção do dano ambiental mais do que a reparação porque, em regra, o dano ambiental é de impossível ou de muito custosa reparação. O autor ressalta que na precaução, a imposição de gravames deve ser realizada antes mesmo da absoluta certeza científica sobre se tal situação configuraria uma ameaça real ao meio ambiente, bastando a plausibilidade, fundada nos conhecimentos científicos disponíveis na época.

A OMS, desde 1996 coordena o Projeto (*International Electromagnetic Fields Project*), com o propósito de avaliar a evidência científica de eventuais efeitos à saúde causados pelo CEMRF. Em sua publicação: “Estabelecendo um Diálogo Sobre Riscos de Campos Eletromagnéticos”, orienta para a monitorização do risco, a fim de descrever e estimar as possibilidades de agravos à saúde dos indivíduos diante de provável exposição ambiental ao agente e direciona sua forma de execução em 04 passos:

- 1- Identificação da ameaça: a identificação de um agente ou exposição potencialmente danosa (por exemplo, uma determinada substância ou fonte de energia).
2. Avaliação de resposta à dose: a estimativa da relação entre dose ou exposição ao agente ou situação e a incidência e/ou gravidade de um efeito.

3. Avaliação da exposição: a avaliação da extensão da exposição ou a exposição potencial em situações reais.

4. Caracterização do risco: a síntese e sumário das informações sobre uma situação potencialmente danosa em uma forma útil aos tomadores de decisão e envolvidos (OMS, 2002: p. 60).

O termo usado pela OMS: Estabelecendo um diálogo sobre riscos de campos eletromagnéticos, demonstra a preocupação da organização em delimitar claramente os riscos inerentes a esta tecnologia, a fim de que as pessoas não estejam alarmadas quanto as reais possibilidades de danos, e para que empresas e gestão pública possam direcionar suas ações segundo critérios técnicos.

A pesquisa experimental mostra que os indivíduos quando estão avaliando resultados que provocam emoções fortemente negativas como o medo; estão dispostos a evitar o dano sendo insensíveis aos custos envolvidos na solução do problema. Os indivíduos têm uma disposição a superestimar de modo considerável a magnitude de riscos altamente evocativos (por exemplo, de um acidente com energia nuclear) e ignorar riscos menos evocativos (como de desenvolver câncer pela ingestão de creme de amendoim) (MOTTA, 2006: p.4).

Logo, a investigação acerca do problema deve ser exaustiva, a fim de manter tanto a comunidade científica quanto a população em geral ciente das reais possibilidades de danos em função da exposição ao agente de risco. Para Becker (2006):

*“En la modernidade avanzada, la produccion social de riqueza va acompañada sistematicamente por la producción social de riesgos”. Portanto, os problemas e conflitos de distribuição social, são substituídos pelos problemas e conflitos decorridos dos métodos de produção. Para Becker o avanço tecnológico traz como consequência a distribuição do risco para a sociedade. “[...] en la continuidad de los procesos de modernización más tarde o más temprano comienzan a solaparse las situaciones y conflictos sociales de una sociedad repartidora de riqueza com las de una sociedade repartidora de riesgos (p.29).*

### 3.2.1 Identificação da exposição ao risco.

É notório que o processo produtivo, na maioria das vezes, apresenta riscos à saúde dos trabalhadores, portanto é de grande importância à investigação das principais fontes de riscos ambientais no local de trabalho, com vistas à adoção de medidas

capazes de mitigarem ou eliminarem tais riscos. “Toda a atividade industrial, bem como toda atividade tecnológica, são, em regra, atividades geradoras de risco.” (VAZ, 2008: p.251).

Ainda no final do século XVI o médico italiano Bernardino Ramazzini (1633 - 1714), em seu livro *De Morbis Artificum Diatriba*, (A doença dos Trabalhadores) introduziu em sua anamnese médica a expressão: *Quam artem exerceas?*

Quando visitares um doente convém perguntar-lhe o que sente, qual a causa, desde quantos dias, se seu ventre funciona e que ingeriu são palavras de Hipócrates no seu livro “Das afecções”; e a estas interrogações devia-se acrescentar outra: e que arte exerce? (RAMAZZINI, 2000: p.21).

Ao perguntar qual era ofício do seu paciente, Ramazzini (2000) buscava estabelecer o nexos causal entre os sinais e sintomas das enfermidades e o exercício profissional. A partir desta prática clínica, identificou e catalogou mais de cinquenta doenças relacionadas ao trabalho. “Enquanto exercia minha profissão de médico, fiz frequentes observações, pelo que resolvi, no limite de minhas forças, escrever um tratado sobre as doenças dos operários” (p.19).

Sua contribuição foi fundamental na investigação das enfermidades relacionadas ao exercício profissional, principalmente por ter ocorrido em momento pré-revolução industrial, período em que se intensificaram tanto os acidentes quanto as doenças do trabalho, obviamente as máquinas e equipamentos de grande porte, introduzidos nesta era industrial, continham maiores riscos aos operários, do que as ferramentas manuais manipuladas pelos artesãos e camponeses. “As sociedades contemporâneas são concebidas como sociedades simultaneamente produtoras de mercadorias em grande escala e produtoras de riscos” (MOTTA, 2006: p.2).

A revolução no sentido de ampla transformação tecnológica modificou para sempre o mundo e as relações trabalhistas; a produção mecanizada, os métodos de organização da produção idealizados por Taylor e posteriormente as linhas de produção criadas por Ford, proporcionaram a produção em massa. “A máquina substitui as ferramentas artesanais. Na divisão do trabalho se aprofunda mais a separação entre a concepção e sua execução. O trabalho é dividido em várias fases cuja operação é realizada pelas máquinas” (FRANCO-BENATTI, 2011: p.31, *apud* CONH & MARSILIA, 1993).

Hoje, quase tudo se produz em grande escala, o que facilita o acesso da população às novas tecnologias disponíveis. No entanto muitas destas tecnologias inerentes aos produtos e máquinas podem produzir riscos aos seus operários, gerando acidentes e doenças do trabalho. Para Motta, (2006: p.01), “as sociedades não se identificam apenas por sua capacidade de produção de riquezas, mas também pelos riscos que elas mesmas produzem por meio de seus sistemas produtivo e científico”.

Riscos que não se resumem apenas aos trabalhadores, mas que não raro extrapolam seus males às comunidades vizinhas às fabricas, assim como ao meio ambiente em geral. Ainda em 1700, Ramazzini (2000), correlacionou saúde ocupacional e “saúde ambiental”, propondo que sua prescrição médica fosse inclusive, estendida às populações impactadas pelas escavações de minas e outras atividades com impactos ao meio ambiente.

Não somente os cavouqueiros, senão também os que residem e trabalham nas proximidades das minas, recebem os males das exalações metálicas, que perturbam os espíritos animais e vitais, cuja natureza é etérea e sutil, pervertendo a economia natural de todo o organismo. Receitam-se a estes os mesmos remédios propostos acima, porém em doses menores (p.34).

Portanto o risco ocupacional na maioria das vezes ultrapassa os muros das indústrias, podendo atingir cidades e até mesmo regiões inteiras. Para Vaz (2008: p.245), “o risco é maior com a globalização, pois a expansão tecnológica e econômica denota a fragilidade dos sistemas tradicionais e requer novos instrumentos nos setores do conhecimento para enfrentar a realidade do mundo contemporâneo”.

Na tragédia de Bhopal, por exemplo, na Índia, em dezembro de 1984; quarenta toneladas de gases tóxicos vazaram da fábrica de pesticidas da empresa Norte-Americana Union Carbide. Até hoje é considerado o pior desastre industrial. O acidente atingiu cerca de 500 mil pessoas, entre trabalhadores e comunidades vizinhas. As informações sobre a composição dos gases que vazaram ainda são desconhecidas, e seus efeitos à saúde foram devastadores. “[...] é preciso fazer com que acidentes como esse não ocorram mais. Esse evento tem uma tônica de reflexão. Hoje falamos não só de prevenção, mas também de precaução” (SPINELLI, 2014). É neste contexto da precaução, que constantemente se reivindica o mesmo princípio para o caso onde há possibilidade de exposição a ondas eletromagnéticas.

O princípio da precaução costuma ser evocado sob o argumento de que não se poderia descartar o componente cancerígeno dos campos eletromagnéticos produzidos pelas estações rádio base (ERBS), bem como para justificar a redução dos níveis de exposição ou, até mesmo, para determinar a retirada das estações rádio base de determinados estabelecimentos e a proibição de que sejam instaladas novas estações. (MOTTA, 2006: p.06).

### 3.2.2 Efeitos da exposição às radiações não ionizantes

A energia eletromagnética é a energia armazenada num campo eletromagnético, que se desloca no espaço de um local para o outro, em forma de onda. Conforme Sadiku (2004: p. 371), “as ondas eletromagnéticas compartilham 03 características principais: todas elas viajam em alta velocidade; ao se propagarem apresentam propriedades ondulatórias; elas são irradiadas a partir de uma fonte sem necessidade de um meio físico de propagação”.

As exposições aos campos eletromagnéticos podem causar efeitos prejudiciais à saúde e ao meio ambiente, porém uma atmosfera isenta desses agentes é cada dia mais difícil de encontrar, especialmente nos ambientes industriais. Segundo Sadiku (2004: p. 374), conforme a frequência cresce a energia eletromagnética torna-se perigosa para o homem. Os fornos de micro-ondas, por exemplo, podem causar lesões se não forem adequadamente blindados. Para o autor, à medida que se aprimoram os métodos de comunicação, os limites superiores das frequências utilizadas são cada vez maiores.

O espectro de onda eletromagnética divide-se em Radiações Ionizantes (RI) e Radiações Não Ionizantes (RNI). As RI possuem energia suficiente para provocar a quebra das ligações químicas pela interação com os átomos da matéria é o que acontece, por exemplo, quando ocorre exposição aos raios X e gama. Conforme Okuno (2013):

De todo espectro das ondas eletromagnéticas somente os raios X e gama são radiações ionizantes, isto é, têm energia suficiente para ionizar átomos. Logo, a ionização, é o processo de produção do par iônico formado pelo o íon positivo, ou seja, o átomo em que ocorreu a perda do elétron, e o íon negativo representado pelo o elétron que foi retirado do átomo de origem (p.186).

As Radiações Não Ionizantes fazem parte do espectro eletromagnético, porém não possuem energia suficiente para ionizar a matéria, ou seja, para retirar elétrons de átomos ou moléculas se divide em: radiação visível, ultravioleta, infravermelha, micro-

ondas e radiofrequências. Conforme OMS (2002: p.13), os campos eletromagnéticos são demasiadamente fracos para quebrar as ligações que mantêm as moléculas ligadas em células e, portanto, não podem produzir ionização. É por essa razão são chamados de Radiações Não Ionizantes (RNI).

No entanto as RNI podem causar danos à saúde ou efeitos biológicos. Um efeito biológico é qualquer alteração produzida no organismo, capaz de provocar ou não, problemas de saúde, pois ainda que não haja ionização da matéria, podem ocorrer mecanismos de interação com os sistemas e tecidos. “Devido ao crescimento da tecnologia sem fio é muito importante o conhecimento dos efeitos que as exposições aos campos eletromagnéticos causam no corpo humano” (AGUIRRE, *et.al.*, 2012).

Os efeitos dos campos eletromagnéticos sobre tecidos e sistemas dependem da energia irradiada pela fonte que se manifesta em forma de onda. Em física, uma onda é uma perturbação oscilante de alguma grandeza física no espaço e periódica no tempo. Para Sadiku (2004: p. 371), “Em geral as ondas são um meio de transportar energia ou informação”. Os efeitos sobre os tecidos e células dependem da intensidade e frequência da onda EM. A intensidade é definida como a potência pela unidade de área, mede a quantidade de energia que passa por unidade de tempo e por unidade de área em um determinado ponto do espaço. A frequência é o número de oscilações completado na unidade de tempo, normalmente em ciclo por segundos ou Hertz.

Do ponto de vista ambiental as radiações não ionizantes apresentam interesse em função de seus prováveis efeitos sobre a saúde das pessoas. Exposições descontroladas podem ocasionar lesões sérias ou doenças. De forma geral estudos relatam problemas nos sistemas biológicos, provocados pelas radiações não ionizantes, tais como: cataratas, queimaduras na pele, queimaduras profundas, exaustão, insolação pelo calor, entre outros.

No entanto, decorridas inúmeras pesquisas sobre o assunto, permanecem muitas incertezas quanto os prováveis efeitos dos CEMRF sobre o corpo humano, especialmente quando considerada a exposição prolongada a valores ainda que inferiores aos limites de exposição.

Apesar da grande quantidade de trabalhos sobre os efeitos das RNI, desenvolvidos desde a Segunda Guerra Mundial, não apresentarem evidências convincentes dos efeitos adversos à saúde, muitos desses trabalhos são convergentes e reprodutíveis, portanto, dão margens a preocupações. (DIAS & SIQUEIRA, 2002: p.42).

Os efeitos podem ser classificados em dois grupos conforme o mecanismo de atuação com o sistema biológico: efeitos térmicos, quando gera aumento de temperatura pela fricção e conseqüente movimento rápido entre as moléculas do tecido; e os efeitos não térmicos, quando ocorre interação com tecido sem aumento da temperatura. Conforme Moraes (2014: p.1155), “são considerados efeitos térmicos quando há deposição de calor, ou interação direta do campo eletromagnético com a substância do tecido”. Os campos eletromagnéticos são parcialmente absorvidos e penetram em pequena profundidade no tecido. A energia absorvida é transformada em movimento das moléculas causando aquecimento do tecido.

São considerados efeitos não térmicos, quando não ocorre componente de aquecimento tecidual significativa. Conforme Fantazini & Oshioro (2007: p.95), “podem ocorrer uma série de fenômenos e efeitos não térmicos cuja natureza e importância ainda carecem de consolidação quanto ao risco e à prevenção.” Assim como os demais efeitos das ondas eletromagnéticas, os efeitos não térmicos carecem de trabalhos conclusivos que possam reportar com maior certeza científica a dimensão dos agravos à saúde decorrente da interação das EM com os tecidos e sistemas.

Quanto aos efeitos térmicos, além da suscetibilidade de cada indivíduo vários fatores podem influenciar a resposta do organismo aos efeitos dos CEMRF. “A intensidade do aquecimento, depende da potência da fonte, da distância da fonte ao indivíduo, do tempo de exposição e das características dielétricas e de dissipação térmica dos tecidos expostos” (FANTAZZINI & OSHIORO, 2007: p.93).

A temperatura do corpo se mantém constante através de mecanismos homeostáticos eficientes que visam manter as reações químicas orgânicas dentro de padrão compatível com a normalidade. O fluxo sanguíneo é o principal responsável pela transferência de calor dos tecidos. Conforme ressalta Moraes, (2014, p.1155), “sob circunstâncias normais, os vasos sanguíneos se dilatam e o aquecimento é removido pela corrente sanguínea”. Portanto, o risco principal de dano térmico se concentra nas áreas de baixa vascularização, como os olhos e a têmpora.

### 3.2.3 Fontes de exposição

O trabalho de reconhecimento, avaliação e controle do risco conforme preconiza o PPRA, é um princípio que se alinha perfeitamente a proposta da Organização Mundial

de Saúde (OMS) para gerenciamento do risco dos campos eletromagnéticos em quatro passos. Logo uma fase importante neste processo de gerenciamento do risco é o reconhecimento ou identificação das fontes geradoras de CEMRF.

As plataformas de produção de petróleo necessitam de um complexo sistema de comunicação interno e externo para integração dos processos. O sistema interno abrange telefonia, rede local, sistema de distribuição de áudio e vídeo, sistema rádio operacional e sonorização (avisos e alarmes). O sistema externo é composto do sistema de transmissão digital via rádio, que interliga a unidade marítima receptora a unidade marítima transmissora e sistema via satélite através de circuito digital a 1 Mbps para situações contingenciais em caso de falha na transmissão via rádio.

As torres de telecomunicações e antenas instaladas no pátio de antenas complementam o sistema de recepção e transmissão via rádio e via satélite. Para a transmissão interna via transceptores portáteis e fixos, a plataforma possui um sistema de repetidor ativo que funciona através de antenas instaladas nos diversos níveis da unidade. O quadro 1 apresenta a faixa de frequência e potência dos equipamentos em operação em plataforma de produção.

**Quadro 1:** Faixa de frequência e potência dos sistemas de comunicação interna e externa da plataforma.

SERVIÇO	APLICAÇÃO	REDE	POTÊNCIA	FREQUÊNCIA
SSM - Serviço Móvel Marítimo.	Comunicações de apoio entre a unidade marítima e as embarcações.	VHF/FM-SMM	2 W a 40 W	150 MHz a 180 MHz.
SMA - Serviço Móvel Aeronáutico.	Comunicações de apoio aéreo entre a unidade marítima e os helicópteros	Rede VHF/AM-SMA	30 W a 36 W	115 MHz a 146 MHz.
SMM - Serviço Móvel Marítimo.	Comunicação com as embarcações de apoio e com a rede costeira.	MF/HF/SSB-AM-SMM	150 W a 250 W	1 KHz a 16 kHz
SAP - Serviço de Apoio a Plataforma	Comunicações com as demais unidades e com a rede costeira.	MF/HF/SSB-AM-SAP	150 W a 250 W	1 KHz a 16 kHz.
SPM - Serviço de Produção e Manutenção	Comunicações internas de apoio à produção e a manutenção da unidade	UHF/FM-SPM	10 W a 30 W	460 MHz a 480 MHz
Radiofarol	Para orientação à navegação aérea,	MF/HF-AM/NDB	100 W	400 Hz a 1900 KHz.

**Fonte:** o autor.

Além dos sistemas convencionais de telecomunicações, necessários a operação e habitabilidade da unidade, são obrigatórios, a adoção do sistema *Global Maritime*

*Distress and Safety System (GMDSS)*, para atendimento a comunicação de emergência e salvatagem. “O sistema GMDSS estabelece a arquitetura de comunicações necessária à melhoria da segurança marítima e, baseia-se numa combinação de serviços de comunicações proporcionados por satélites e por estações terrestres e tem capacidade para enviar automaticamente mensagens de socorro, sem qualquer intervenção dos operadores” (MARINHA, 2009). O quadro 2 apresenta a faixa de frequência de operação dos serviços que compõe o sistema de busca e salvatagem de uma plataforma.

**Quadro 2:** Sistema GMDSS - Serviços de Emergência e Salvatagem.

SERVIÇO	APLICAÇÃO	FREQUÊNCIA
COSPAS-SARST - <i>Emergency Position-Indicating Radio Beacon (EPIRB)</i>	Radiobaliza de Emergência indicadora de posição	406 Hz
EPIRB (Satélite <i>Emergency Position Indicating Radio Beacon</i> )	Sistema para alerta as autoridades de busca e salvamento da identificação e posição da embarcação. Transmite um sinal de socorro que é detectado pelos satélites do sistema COSPAS-SARSAT.	121,5 MHz A 406 MHz
SART - <i>Search And Rescue Transponder</i>	São balizas destinadas a ser transportadas nas balsas salva-vidas e a responder às emissões radar de outros navios	9,0 GHz
INMASART ( <i>Radar Transponder</i> ).	Alerta de socorro e capacidade de comunicações ponto a ponto utilizando	1,5 a 1,6 GHz.
NAVTEX.	Serviço comercial de rádio recepção por satélite geoestacionário.	-

**Fonte:** O autor.

O sistema de comunicação é, portanto, composto por diversos equipamentos operando em faixas de frequência e potências variadas. A operação simultânea ou isolada desses sistemas pode gerar zonas de dispersão de ondas eletromagnéticas com intensidades variadas, conforme a proximidade da fonte emissora. Logo antes das medições, uma das premissas é identificação dos “pontos quentes”, ou seja, locais onde se espera uma maior intensidade de campos eletromagnéticos. Neste caso o pátio de antenas, a sala de equipamentos de telecomunicações, sala de rádio e sala de controle, foram os pontos mapeados para avaliação em função dos equipamentos transmissores e receptores dispostos nessas áreas.

As medições de campo foram realizadas utilizando-se um medidor de banda larga, modelo NARDA SBM-550 com uma sonda EF 0391 acoplada, com capacidade de leitura de frequência variando entre 100 KHZ e 300 GHZ, com medições a cada 5 segundos em intervalos de 6 minutos em cada ponto analisado. “[...] Os medidores de

campos magnéticos consistem em duas partes: a sonda ou elemento sensor e um detector que processa o sinal da sonda e indica o valor eficaz do campo magnético em mostrador analógico ou digital” (ABNT- NBR 15415, 2006: p.6).

Para avaliação foram selecionados os postos de trabalho com maior probabilidade de emissões de rádio frequência oriunda de antenas ou equipamentos de radiocomunicação tais como: parque das antenas, sala de telecomunicações, sala de rádio operador e sala de controle e operação. No total foram 04 pontos avaliados na plataforma. As avaliações de campo foram balizadas conforme Resolução 303, da ANATEL e NBR 15415.

#### 3.2.4 Limite de exposição à radiações não ionizantes.

O limite de exposição (LE) de um agente de risco ambiental é o valor que representa a intensidade máxima do agente na qual a maioria das pessoas possa estar exposta durante a vida laboral, sem prejuízo à saúde.

No entanto, é um valor que não deve ser considerado como linha divisória entre o seguro e o inseguro, mas como parâmetro na monitorização do risco; haja vista, que diversos agentes tiveram o LE modificado com o tempo.

É preciso lembrar que o LE representa a melhor abordagem disponível, dentro de certos critérios, a respeito do conhecimento acerca do agente ambiental em termos correntes, ou seja, é um conceito sujeito a contínua evolução, sendo apenas o que se conhece na atualidade de sua emissão (FANTAZZINI & OSHIORO, 2007: p.26).

À medida que se aperfeiçoam as técnicas de quantificação do agente e identificação de seus impactos sobre a saúde do homem ou dano ambiental, estes limites podem ser alterados com o passar do tempo (normalmente tornam-se mais restritivos). Conforme Costa (2009: p.35): “O LE para o benzeno foi sendo progressivamente ajustado para baixo: 100 ppm em 1946, para 50 ppm em 1947, 35 ppm em 1948, e 25 ppm em 1957 [...] e 10 ppm em 1969” . A partir de 1997 o limite passou a ser de 1 ppm. Portanto, o limite de exposição representa um valor de proteção em que se acredita que a maioria das pessoas não sofrerá agravo à saúde no decorrer de sua vida laboral. Como este valor não garante proteção a todas as pessoas expostas criou-se o conceito de nível

de ação, a ser utilizado quando a intensidade do agente for igual ou superior a cinquenta por cento (50 %) do limite de exposição.

Conforme ressalta o item 9.3.6.1 da norma regulamentadora 09 do Ministério do Trabalho e Emprego: “Considera-se nível de ação o valor acima do qual devem ser iniciadas ações preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições a agentes ambientais ultrapassem os limites de exposição.” (BRASIL, 1994).

Os limites de exposição são estabelecidos em termos de campo elétrico, campo magnético e densidade de potência da onda plana equivalente. Estes limites são equivalentes aos indicados nas Restrições Básicas da ICNIRP e foram estabelecidas em termos de grandezas que podem ser mais facilmente medidas ou calculadas.

A Lei 11.934/2009 regulamenta esta limitação na faixa de radiofrequências entre 9 KHz e 300 GHz e se aplica a todas as instalações que utilizem estações transmissoras que exponham seres humanos a campos elétricos, magnéticos ou eletromagnéticos na faixa das radiofrequências indicadas. Segundo Sales & Fernández (2004: p.20), para frequências mais baixas os limites de exposição podem ser estabelecidos em termos de intensidade de campo elétrico (V/m) ou de campo magnético (A/m). Em frequências mais altas são determinados valores em termos de densidade de potência ( $W/m^2$ ). As tabelas 1 e 2 apresentam esses limites para exposição pública e de trabalhadores.

A dosimetria quantifica a intensidade do agente no meio ambiente permitindo a comparação entre exposição efetiva e o limite máximo permitido. "a dosimetria é a **medição** ou **determinação por cálculo** da intensidade de campo elétrico, da densidade de corrente induzida, ou da taxa de absorção específica, em seres humanos ou em animais expostos a campos eletromagnéticos" (BRASIL, 2002). As dosimetrias são indispensáveis no desenvolvimento e validação de métodos de avaliação da exposição em estudos epidemiológicos.

A medição é o método de quantificação do agente com uso de medidores de campo magnético. Os medidores consistem basicamente de duas partes: um elemento sensor (sonda) e o processador de sinal da sonda (detector), que indica o valor eficaz do campo magnético com display digital ou analógico. As sondas de campo magnético, são constituídas por uma bobina de fio eletricamente blindada, normalmente se usa um voltímetro como detector para medições. O medidor de campo magnético baseia-se no princípio da Lei de Faraday que prevê que uma voltagem  $V$  é gerada no terminal de um laço de fio aberto colocado em um campo magnético variável. Os valores encontrados

nestas medições são comparados com os valores de entrada das tabelas 1 e 2, para investigação da exposição pública e ocupacional a CEMRF.

**Tabela 1:** Limites para exposição ocupacional a CEMRF na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz (valores eficazes não perturbados).

Faixa de Radiofrequências	Intensidade de Campo Elétrico, E (V / m)	Intensidade de Campo Magnético, H (A / m)	Densidade de Potência da Onda Plana Equivalente, Seq (W / m <sup>2</sup> )
9 KHz a 65 KHz	610	24,4	—
0,065 MHz a 1 MHz	610	1,6/ <i>f</i>	—
1MHz a 10 MHz	610/ <i>f</i>	1,6/ <i>f</i>	—
10 MHz a 400 MHz	61	0,16	10
400 MHz a 2000 MHz	3 <i>f</i> <sup>1/2</sup>	0,008 <i>f</i> <sup>1/2</sup>	<i>f</i> /40
2 GHz a 300 GHz	137	0,36	50

**Fonte:** Resolução 303 ANATEL.

**Tabela 2:** Limites para exposição da população em geral a CEMRF na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz (valores eficazes não perturbados).

Faixa de Radiofrequências	Intensidade de Campo Elétrico, E (V / m)	Intensidade de Campo Magnético, H (A / m)	Densidade de Potência da Onda Plana Equivalente, Seq (W / m <sup>2</sup> )
9 KHz a 150 KHz	87	5	—
0,15 MHz a 1 MHz	87	0,73/ <i>f</i>	—
1MHz a 10 MHz	87/ <i>f</i> <sup>1/2</sup>	0,73/ <i>f</i>	—
10 MHz a 400 MHz	28	0,073	2
400 MHz a 2000 MHz	1,375 <i>f</i> <sup>1/2</sup>	0,0037 <i>f</i> <sup>1/2</sup>	<i>f</i> /200
2 GHz a 300 GHz	61	0,16	10

**Fonte:** Resolução 303 ANATEL.

Os valores obtidos por medição direta expressam as intensidades de campo eletromagnético presente no ambiente. Porém, segundo capítulo 3 Art. 3º, alínea XXXVII, da resolução 303 da ANATEL, “a medida dosimétrica amplamente adotada em radiofrequências superiores a cerca de 100 KHz é a Taxa de Absorção Específica (SAR).”

Os limites de SAR foram estabelecidos para prevenir efeitos térmicos. Conforme Figueiredo *et.al.*, (2011: p.50): “ao se definir SAR procurou-se estabelecer uma unidade de medida (dose) correlacionada a efeitos de elevação de temperatura do corpo”. Conforme tabela 3, portanto a SAR depende das características de cada tecido, por exemplo, para uso de telefones celulares utiliza-se normalmente a cabeça como ponto de investigação dos possíveis efeitos da exposição. Vale lembrar que os limites

estabelecidos pelas normas visam prevenir efeitos conhecidos à saúde humana e refletem o atual estágio do conhecimento.

A SAR é à medida que melhor permite avaliar os efeitos da irradiação eletromagnética, porém na prática não há como medi-la diretamente no indivíduo, as técnicas atuais mais empregadas para se estimar a SAR incluem simulação numérica em computador e medição do campo induzido em maquetes artificiais. (DIAS & SIQUEIRA 2002: p. 44).

Na determinação por cálculo utiliza-se a simulação numérica para quantificação da intensidade do agente, através do uso de software específico. Os valores são obtidos em SAR e comparados aos estabelecidos pela resolução 303 da ANATEL. Conforme tabela 3.

**Tabela 3:** Restrições Básicas para exposição à CEMRF, na faixa de radiofrequências entre 9 KHz e 10 GHz.

Características de exposição	Faixa de Radiofrequências	Densidade de Corrente para Cabeça e tronco (mA / m <sup>2</sup> ) (RMS)	SAR Média do Corpo inteiro (W / kg)	SAR Localizada (Cabeça e Tronco) (W / kg)	SAR Localizada (Membros) (W / kg)
Exposição 100 KHz a 10 MHz $f/100$ 0,4 10 20 Ocupacional	9 KHz a 100 kHz	$f/100$	-	-	-
	100 KHz a 10 MHz	$f/100$	0,4	10	20
	10 MHz a 10 GHz	-	0,4	10	20
Exposição população em Geral	9 KHz a 100 kHz	$f/500$	-	-	-
	100 KHz a 10 MHz	$f/500$	0,08	2	4
	10 MHz a 10 GHz	-	0,08	2	4
<i>f</i> é o valor da frequência, em Hz.					

**Fonte:** Resolução 303 ANATEL.

### 3.3 Material e Método

#### 3.3.1 Material

Medidor de campo de Banda Larga, modelo NARDA SBM-550, Sonda EF 0391.

### 3.3.2 Método

O estudo consiste na revisão bibliográfica e avaliação de campo (dosimetria). A revisão bibliográfica foi orientada pela pesquisa sobre principais conceitos das ondas eletromagnéticas, transmissão de dados com uso de tecnologia sem fio, possíveis efeitos a saúde e consulta a legislação quanto às limitações de CEMRF para exposição ocupacional e para o público em geral. Foram consultados artigos e publicações diversas através das bases de dados: Capes, Scielo, Google Acadêmico e legislação pertinente ao assunto. Quanto à avaliação de campo, foram realizadas medições de campo em uma plataforma de produção em quatro (04) pontos distintos, escolhidos após análise preditiva da disposição dos principais equipamentos emissores de CEMRF na plataforma. As avaliações foram realizadas com uso de medidor de campo magnético de banda larga, modelo NARDA SBM-550 e Sonda EF 0391.

### 3.4 Resultados e Discussão

Foi utilizado o método de avaliação de campo a partir de uma análise preditiva para identificação dos pontos de medição, considerando a disposição dos equipamentos emissores de CEMRF instalados na plataforma, a potência e faixa frequência de operação de cada um deles. Foi realizada medição pontual dos campos eletromagnéticos, com uso de medidor analisador. Conforme (ABNT/NBR 15415, 2006: p.6): “A medição pontual é a medição feita num dado instante e num dado ponto no espaço, que não fornece informações sobre as variações temporais ou espaciais do campo”.

Conforme as tabelas 1 e 2, os equipamentos de rádio frequência da plataforma, operam na faixa de frequência entre 115 MHz e 3 GHz. Os níveis de exposição ocupacional aceitáveis para esta faixa de frequência estão entre  $10 \text{ W/m}^2$  e  $50 \text{ W/m}^2$ . Foi utilizado um medidor de campo de banda larga, modelo NARDA SBM-550 com sonda do tipo Isotrópica (não direcional) com três Sensores de campo elétricos ortogonais capazes de realizar medições nas três direções. O instrumento processa os valores e fornece a intensidade total do campo no ponto de medição.

Dentre os pontos com possibilidade de exposição de trabalhadores à CEMRF, a sala de rádio representa um posto de trabalho crítico em função da permanência de um operador de rádio em revezamento de turnos de 12 horas. A sala de rádio concentra diversos equipamentos de rádio transmissão tais como: rádios fixos e portáteis UHF e VHF marítimos e aeronáuticos, e canais de transmissão de sinais de emergências. As medições realizadas consideraram o funcionamento simultâneo de no mínimo dois canais de rádio, desta forma, as leituras registradas apresentam a realidade da exposição aos campos eletromagnéticos a qual o operador está exposto. O valor máximo de densidade de potência da onda plana equivalente – Seq. encontrado, considerando as medições dos pontos 1 e 2 da sala de rádio (conforme anexo 1A), foi de 0,00043 W/m<sup>2</sup>.

O parque de antenas é o local da plataforma onde estão instaladas as principais antenas de telecomunicações (serviços de recepção e transmissão de dados), as medições foram realizadas levando-se em conta, além da contribuição individual de cada sistema, a contribuição conjunta das emissões de RF das antenas que estão localizadas em um mesmo espaço. O valor máximo de densidade de potência da onda plana equivalente – S<sub>eq.</sub> encontrado, considerando os valores encontrados nos pontos 1 e 2 do parque das antenas (conforme anexo 1B), foi de 0,00041 W/m<sup>2</sup>.

A quantidade de sistemas de transmissão de voz e dados, instalados numa plataforma revela uma complexidade semelhante aos de uma operadora de telecomunicação, com equipamentos de radiofrequências operando simultaneamente. A unidade contempla sistemas interligados por fibra ótica, telecomunicação marítima e aeronáutica, serviço de rádio comunicação interno e externo, repetidoras de TV e rádio, modem digital, link de satélite, além de radares meteorológicos.

Conforme citado inicialmente (p. 5), *eletrosmog* é um conceito de poluição aplicado a ambientes com presença de campos eletromagnéticos na atmosfera. Uma plataforma de produção de petróleo apresenta tal condição devido a presença dos equipamentos de rádio frequência presente no seu processo, tornando-se um ambiente favorável à investigação da exposição pública e ocupacional aos campos eletromagnéticos.

A localização das plataformas (condição *offshore*) impõe limitações à coleta de dados de campo, em função da dificuldade de acesso e transporte de equipamentos de medição até a unidade. Vale lembrar que os serviços de transmissão de voz e dados, são sistema estratégicos para as empresas em função da segurança da informação,

corroborando desta forma para limitação da pesquisa em sua fase de levantamento de dados de campo.

Esta fase de levantamento de dados deve ser precedida de uma análise mais detalhada dos pontos de medição observando-se os seguintes aspectos: quanto os equipamentos transmissores e receptores de radiofrequência, deve-se considerar além dos parâmetros de potência e frequências, sua importância no sistema, objetivo, pico operacional e localização precisa em relação ao ponto de medição; quanto ao diagrama da área, deve-se registrar no diagrama as dimensões do local, plotagem do ponto a ser medido, a distância entre os principais equipamentos e o operador ou exposição do público, entre outros; quanto aos registros de trabalhadores e público, deve-se descrever as rotinas operacionais registrando o número de pessoas expostas e tempo médio de exposição; outras considerações poderão ser incluídas nesta fase da investigação, conforme particularidade do local, equipamento e propósito da avaliação.

Este trabalho limitou-se a avaliação de campos eletromagnéticos produzidos pelos equipamentos de radiofrequência; no entanto o sistema elétrico da plataforma (geração, distribuição e consumo), também se caracteriza como fonte de dispersão de campos eletromagnéticos, uma avaliação semelhante deve ser considerada, com vistas a um amplo gerenciamento dos riscos de campos eletromagnéticos.

Apesar da existência de grande quantidade de estudos e pesquisas sobre exposições a campos eletromagnéticos, desde a década de 1940, o assunto permanece em pauta no meio acadêmico e científico, porém, sem consenso sobre os reais efeitos desta exposição, sobre o homem e o meio ambiente. Em exame a literatura, percebe-se ainda um acirrado debate sobre o tema protagonizado por instituições internacionais tais como: OMS, ICNIRP e organismos não governamentais. A prevalência de câncer em crianças, infertilidade masculina e diminuição da imunidade de animais expostos, são questões que figuram no centro do debate.

Enquanto as instituições representantes dos governos internacionais buscam a atenuação das alarmantes notícias de agravos à saúde, organizações não governamentais e representantes do público geral (especialistas e estudiosos) persistem na tese dos malefícios da exposição aos campos eletromagnéticos, mesmo com limites de exposição bem restritivos, conforme os estabelecidos pelos principais órgãos de pesquisa do assunto.

Quanto às condições encontradas nas plataformas, observa-se que a sala de rádio concentra diversos equipamentos de comunicação, com exposição do posto de trabalho do operador de rádio, estando assim sujeito aos limites para exposição ocupacional.

A área do pátio de antenas não é uma área habitada por trabalhadores de forma contínua e permanente. As intervenções nos equipamentos dispostos na torre de telecomunicações e seu entorno ocorrem de maneira preventivas em intervalos superiores há 120 dias ou por demanda de manutenção corretiva. Estando, portanto, os mantenedores expostos a CEMRF, devendo ser observado os limites para exposição ocupacional para esse grupo.

Tanto a sala de rádio, quanto o pátio de antenas não são ambientes sujeitos ao regime de áreas restritas, podendo dessa forma, ser acessados pelos demais trabalhadores da plataforma, para os quais devem ser observados os limites para exposição pública.

Quanto a operação dos equipamentos distribuídos na plataforma, observa-se que a maioria opera na faixa de frequências entre 150 kHz e 3 GHz, o que permite níveis de exposição ocupacional entre  $10 \text{ W/m}^2$  a  $50 \text{ W/m}^2$  e para exposição pública entre  $2 \text{ W/m}^2$  a  $10 \text{ W/m}^2$  conforme tabelas 1 e 2.

Os valores máximos da medição de campo encontrados estão bem abaixo dos limites permitidos tanto para a exposição ocupacional, quanto para exposição pública. Conforme a tabela 4.

**Tabela 4:** Relação entre limite permissível na faixa de frequência de 150 kHz a 3 GHz e valores encontrado na plataforma conforme medição de campo.

Faixa de Frequência: 150 kHz a 3 GHz	Valores em Densidade de Potência de Onda Plana equivalente ( $S_{eq}$ )
Limites permissíveis para exposição	$10 \text{ W/m}^2$ a $50 \text{ W/m}^2$
Limites permissíveis para exposição pública	$2 \text{ W/m}^2$ a $10 \text{ W/m}^2$
Valor Máximo encontrado na Sala de Rádio	$0,00043 \text{ W/m}^2$
Valor Máximo encontrado no Pátio de Antenas	$0,00041 \text{ W/m}^2$

**Fonte:** autor.

Admitindo-se que uma estação radio base (ERB) emite campos eletromagnéticos semelhantes aos pesquisados na plataforma, é possível correlacionar os valores encontrados nos dois ambientes. A tabela 5 apresenta um estudo de Dias e Siqueira, publicado na revista científica de telecomunicações, sobre medições realizadas

próximas a estações rádio base de uma empresa de telefonia na Cidade do Rio de Janeiro (DIAS & SIQUEIRA, 2004: p.46).

**Tabela 5:** Medição de campos eletromagnéticos próximo à Estações Rádio Bases no Rio de Janeiro, segundo estudo de Dias e Siqueira.

Local	Valores em densidade de potência de onda plana equivalente (Seq.)
Próximo a uma ERB localizada no bairro de campo grande – RJ	0,0000075 W/m <sup>2</sup>
Próximo a uma ERB localizada no bairro de Bento Ribeiro – RJ	0,0000043 W/m <sup>2</sup>
Próximo a uma ERB localizada no bairro da Urca - RJ	0,0000089 W/m <sup>2</sup>
Próximo a uma ERB localizada no bairro de Botafogo	0,0000096 W/m <sup>2</sup>

**Fonte:** autor.

Observa-se que os valores encontrados na sala de rádio e pátio de antenas (tabela 4) da plataforma analisada, encontram-se 100 vezes maiores que o de uma estação rádio base de uma empresa de telefonia do Rio de Janeiro (tabela 5). No entanto, estão abaixo do limite permitidos na legislação.

Quanto à aplicação do princípio da precaução no controle das emissões de campo eletromagnético em plataformas de petróleo deve-se considerar o seguinte: “os equipamentos de radiofrequência, como a telefonia celular, por exemplo, não utilizam uma tecnologia nova, de efeitos desconhecidos. Utilizam a tecnologia do rádio, com a qual convivemos há décadas” (MOTA, 2006: p.9).

O princípio da precaução se aplica aquelas condições em que ainda restam incertezas científicas. No entanto, deve existir a ameaça hipotética, porém plausível de riscos e danos para o homem e o meio ambiente.

Em uma análise sobre gerenciamento de risco ambiental com vistas aplicação do princípio da precaução a situações de CEMRF, deve-se atentar para os conceitos de perigo concreto e perigo abstrato. Conforme Motta, (2006: p.5): “O perigo concreto, se caracteriza quando há real probabilidade de ocorrência do dano e não a mera possibilidade.” Neste sentido a própria OMS, após uma grande quantidade de estudos sobre o assunto, não evidencia danos à saúde decorrentes de exposições a CEMRF, dentro dos limites estabelecidos. Desta forma a hipótese de perigo concreto não fica caracterizada para o caso em análise.

Quanto ao perigo abstrato, para Motta (2006: p.5), este conceito é aplicável nos casos em que a ameaça é pressuposta. Considerando que os limites estabelecidos por norma são submetidos a certo fator de segurança. No caso da SAR, por exemplo, descreve Dias & Siqueira (2004, p.44), o fator de proteção estabelecido inicialmente era de 10, ou seja, os distúrbios causados pela presença de campos eletromagnéticos, identificados por comitês de estudos em 1982, iniciavam com SAR igual 4 W/kg, logo o valor de referência adotado, considerando um fator de segurança igual a 10, foi de 0,4 W/kg. Em 1991, com vistas a proteção de pessoas consideradas hipersensíveis, a este valor foi acrescido um fator de segurança igual a 5, baixando o limite máximo de exposição para 0,08 W/kg.

Considerando que o valor medido na plataforma em densidade de onda plana equivalente encontra-se centenas de vezes menores do que o limite estabelecido (valor medido igual a 0,00043 W/m<sup>2</sup>, para um limite máximo entre 10 W/m<sup>2</sup> e 50 W/m<sup>2</sup>, conforme a faixa de frequência analisada, o perigo abstrato, ou seja, a certeza de ameaça não seria plausível de aplicação ao caso. Conforme ressalta Mota (2006): “dada a incerteza científica sobre as consequências dos efeitos da situação referida como suscetível de aplicação do princípio da precaução, podemos não estar sequer diante de uma “ameaça”, seja concreta, seja abstrata”.

Os equipamentos com tecnologia por CEMRF proporcionam um maior grau de automação e controle industrial, a inclusão equipamentos de transmissão de dados permitem inclusive a operação remota de quase todo o sistema. Esta modernidade permitiu que diversas atividades antes realizadas *in loco* pelos operadores, passassem a ser realizadas a distância ou com menor frequência, diminuindo a exposição dos operadores a diversos riscos ambientais, tais como gases, vapores, ruído, vibração, entre outros riscos que inerentes a uma planta industrial. Em função dessa tecnologia uma plataforma *offshore*, atualmente pode ser operada a partir de uma sala de comando e controle em terra a 180 km distância.

### 3.6 Conclusão

Em função de sua complexidade operacional e localização (instalação *offshore*), uma plataforma de produção de petróleo tende a incorporar em seu processo diversas tecnologias de transmissão de dados e voz disponíveis no mercado. Sendo inclusive,

reconhecida pela vanguarda em investimento em novas tecnologias de telecomunicações.

Apesar da quantidade e variedade de equipamentos operando em radiofrequências, a exposição à CEMRF para os trabalhadores e público em geral, não representa problema de risco ambiental, considerando os limites de exposição propostos pela Legislação Brasileira através da ANATEL e segundo restrições básicas da ICNIRP.

A medição de campo através de medidor de campo eletromagnético apresentou valores dezenas de vezes inferiores aos limites mínimos estabelecidos pela legislação. Sendo assim, ainda que novos equipamentos sejam inseridos no processo, não são esperadas alterações significativas, capazes de interferir no controle da exposição à CEMRF.

A Taxa de Absorção Específica (SAR), está relacionada aos efeitos térmicos dos campos eletromagnéticos sobre os tecidos, sendo uma grandeza muito utilizada na avaliação a exposição aos campos eletromagnéticos, desta forma recomenda-se, que novos estudos possam pesquisar os valores de SAR em ambientes das plataformas com maior incidência de exposição.

Recomenda-se, ainda, a avaliação das exposições aos campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, provenientes dos sistemas de geração e distribuição de energia elétrica da plataforma.

Uma perspectiva de trabalhos futuros envolve a avaliação da exposição através de simulação numérica da taxa de absorção (AUGUSTINE, 2009), método que vem sendo usado com frequência crescente nos últimos anos.

### 3.6 Referências

AUGUSTINE, R. **Electromagnetic modelling of human tissues and its application on the interaction between antenna and human body in the BAN context**. Physics. Universit\_e Paris-Est, 2009. English. Disponível em: <<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00499255/>> Acesso em: jul., 2014.

AGUIRRE, E. *et.al.* Evaluation Of Electromagnetic Dosimetry of Wireless Systems In Complex Indoor Scenarios With Human Body Interaction Progress. **In: Electromagnetics Research B**, v.43, pp.189-209, 2012. Disponível em: <<http://www.jpier.org/pierb/pier.php?paper=12070904>> Acesso em: ago., 2014.

BECKER, U. **La sociedad del riesgo, Hacia una nueva modernidade**, ed. Barcelona. Paidós Ibérica S/A, 2006, 32p.

BRASIL, Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). **Regulamento sobre limitação da exposição a campos elétricos, Magnéticos e eletromagnéticos na faixa de radiofrequências entre 9 khz e 300 ghz.** Anexo à resolução nº 303 de 02 de julho de 2002. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/17-2002/128-resolucao-303>> Acesso em: fev., 2014.

\_\_\_\_\_, Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). NR 09: Portaria - SSST n.º 25, 29 de dezembro de 1994. **Programa de Prevenção de Riscos Ambientais.** Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>> Acesso em: mar., 2015.

BULLA, G. **Cálculo da Taxa de Absorção Específica e Aumento de Temperatura em Modelos de Cabeça de Adulto e Criança.** 2006. 98p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/8934/000591197.pdf?sequence=1>> Acesso em: jul., 2014.

COSTA, CP; & FONTGALLAND, G. Cálculo da SAR na cabeça produzida por telefones celulares dispostos assimetricamente. **Revista Brasileira de Engenharia e Biomédica**, v.27, n.1, pp.52-60, dez., 2011. Disponível em: <[www.rbejournal.org/files/v27nE/v27nEa8.pdf](http://www.rbejournal.org/files/v27nE/v27nEa8.pdf)> Acesso em: mai., 2015.

COSTA, DF. **Prevenção da Exposição ao Benzeno no Brasil.** 2009. 184 p., Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, Departamento de Patologia, São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5144/tde-25092009-135349/pt-br.php>> Acesso em: mai., 2015.

DIAS, MHC; SIQUEIRA, GL. Considerações sobre os Efeitos a Saúde Humana da Irradiação Emitida por Antenas de Estações Rádio: Base de Sistemas Celulares. **Revista Científica Periódica – Telecomunicações**, v.1, pp.41-54, 2002. Disponível em: <[http://www.inatel.br/revista/index.php?option=com\\_content&view=article&id=45:edicao-2002&catid=8:-sp-821](http://www.inatel.br/revista/index.php?option=com_content&view=article&id=45:edicao-2002&catid=8:-sp-821)> Acesso em: abr., 2015.

FELICIO, J. **Especialista em higiene ocupacional analisa estudos e regulamentação sobre campos eletromagnéticos.** Brasília 2013. Disponível em: <<http://www.stf.jus.br/portal/cms/verNoticiaDetalhe.asp?id-Conteudo=232902>>. Acesso em: jul., 2014.

FIGUEIREDO, CHS. *et.al.* Comparação de Níveis de Radiações de Radiofrequência Emitidas por Antenas de Estações Rádio - Base. **Revista Científica Periódica – Telecomunicações**, Santa Rita do Sapucaí, v.13, pp.48-54, 2011. Disponível em: <[www.inatel.br/revista/index.php?option=com\\_docman&task...](http://www.inatel.br/revista/index.php?option=com_docman&task...)> Acesso em: abr., 2015.

FRANCO-BENATTI, DM. **Acidentes e Doenças do Trabalho Relacionados a Indústria de Calçados de Franca - SP.** 2011. 262p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/17/17139/tde-27092011-112908/pt-br.php>> Acesso em: abr., 2015.

HALIDAY, D; RESNIK, R; WALKER, J. **Fundamentos da Física Óptica e Física Moderna: Tradução e Revisão Técnica Ronaldo Sérgio de Biasi**. 8º edição. Rio de Janeiro: LTC, 2009, 478 p.

KLAASSEN, DC. & WATKINS, JB. **Fundamentos em toxicologia de Casarett e Doll**, Tradução Adelaide José Vaz *et.al.*; Revisão técnica Flávia Thielsen, Alice A. da Matta Chasin. 2.ed. Porto Alegre, 2012.

MINGUENS, AP. **Navegação: a Ciência e a Arte, Vol. III, Navegação Eletrônica e em Condições Especiais**. Brasília Ed. Marinha do Brasil, 2000, 878p. Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/dhn/bhmn/download/cap-34.pdf>> Acesso em: mai., 2015.

MORAES, GA. **Normas Regulamentadoras comentadas e ilustradas**, 11º ed. revisada, ampliada e atualizada. Rio de Janeiro: Gerenciamento Verde Consultoria, 2014, 1157p.

MOTA, M. Princípio da precaução: uma construção a partir da razoabilidade e da proporcionalidade. **Revista Brasileira de Direito do Petróleo, Gás e Energia**, Rio de Janeiro, v.2, pp.1-42, 2006. Disponível em: <[http://www.academia.edu/15745267/Mauricio\\_Mota/Principio\\_da\\_precauca\\_uma\\_construcao\\_a\\_partir\\_da\\_proporcionalidade\\_e\\_razoabilidade](http://www.academia.edu/15745267/Mauricio_Mota/Principio_da_precauca_uma_construcao_a_partir_da_proporcionalidade_e_razoabilidade)> Acesso em: maio., 2015.

OKUNO, E. Efeitos Biológicos das Radiações Ionizantes: Acidente Radiológico de Goiânia. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 27, n. 77, p. 185-200, 2013. Disponível em: <[http://www.ipen.br/biblioteca/outros/efeitos\\_biologicos\\_acidente\\_goiania.pdf](http://www.ipen.br/biblioteca/outros/efeitos_biologicos_acidente_goiania.pdf)> Acesso em: mar., 2015.

OMS. Organização Mundial de Saúde. **Estabelecendo um diálogo sobre riscos de campos eletromagnéticos, Radiação e Saúde Ambiental**. Genebra 2002, 79p. Departamento de Proteção do Ambiente Humano, Organização Mundial de Saúde.

RAMAZZINI, B. **As doenças dos trabalhadores**. Tradução de Raimundo Estrela. São Paulo: FUNDACENTRO, 2000, 325p.

REICHENBACH, A. *et.al.* **Electrosmog in the environment**, Swiss 2005, 60p. Federal Office for the Environment, Ed. SAEFL. Disponível em: <<http://citizens-for-saf-technology.org/Electrosmog-in-the-Environment-Switzerland,66,1607>> Acesso em: mai., 2015.

REVISTA DE MARINHA (RM985). **Ponto de situação do GMDSS** (Global Maritime Distress and Safety System), 08/2009. Disponível em: <[http://www.revistade-marinha.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1263:gmdss-situacao&catid=107:seguranca-na-navegacao&Itemid=294](http://www.revistade-marinha.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1263:gmdss-situacao&catid=107:seguranca-na-navegacao&Itemid=294)> Acesso em: jul., 2015.

RODRIGUES S. C. A., FREITAS M. B. Gerenciamento de risco em saúde ambiental: mito ou realidade no contexto brasileiro. **Anais: Encontros Nacionais da ANPUR**. v.15, 2013. Disponível em: <<http://unuhospedagem.com.br/revista/rbeur/index.php/anais/article/view/4439>>. Acesso em: jun., 2015.

SALLES, AA.; & FERNÁNDEZ, ECR. O impacto das radiações não ionizantes da telefonia móvel e o princípio da precaução. **Cadernos Jurídicos**, São Paulo, v 6, nº 2, p. 17-46, abr./jun. 2004. Disponível em <<http://www.esmp.sp.gov.br/Biblioteca/Cadernos/caderno7.pdf>> Acesso em: jul., 2014.

SILVA, RMC. **Estudo da exposição humana a campos eletromagnéticos na frequência Industrial utilizando métodos numéricos**, Universidade Federal do Rio de Janeiro. UFRJ, TCC 141p. Disponível em:<<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001040.pdf>> acesso em: jul., 2015.

SPINELLI, RG. **Acidente de Bophal Faz 30 Anos**, Ministério do Trabalho e Emprego FUNDACENTRO. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/noticias/detalhe-da-noticia/2014/12/acidente-de-bhopal-faz-30-anos>>. Acesso em: mai., 2015.

SADIKU, MNO. **Elementos do Eletromagnetismo**. 3ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2004, 678 p.

SOARES, CQ. **Gestão de Riscos da Exposição Humana a Campos Eletromagnéticos Oriundos de Estações Rádio Base: Estudo de Caso**. 2012. 95p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2012. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/3449dissertação-Gestao-Riscos-Exposição.pdf>> Acesso em: mai., 2015.

UNIVERSITY OF TORONTO. **EMF Radiation Safety Program at the University of Toronto**. Toronto, 2010. 19p. Disponível em:<<http://www.ehs.utoronto.ca/Digital-Assets-ehs3-rad-EMF-program.pdf>>. Acesso em: jul., 2015.

VAZ C. Os direitos Fundamentais na Sociedade de Riscos. **Revista do Ministério Público do RS**, Porto Alegre, N.61, mai/2008 a out/2008. Disponível em: <[www.amprs.org.br/arquivos/revista\\_artigo/arquivo\\_1246466326.pdf](http://www.amprs.org.br/arquivos/revista_artigo/arquivo_1246466326.pdf)> Acesso em: jul., 2015.

## **ANEXOS**

### Anexo 1A - Medições Realizadas na Sala de Rádio.

Medições da Sala de Radio							
Ponto 1				Ponto 2			
Index	Avg (E-field) [W/m2]	Index	Avg (E-field) [W/m2]	Index	Avg (E-field) [W/m2]	Index	Avg (E-field) [W/m2]
1	0,00039175	37	0,0004202	1	0,00039175	37	0,00042287
2	0,00042033	38	0,00042018	2	0,00042327	38	0,00042287
3	0,00042047	39	0,0004201	3	0,00042355	39	0,00042283
4	0,00042044	40	0,00042014	4	0,00042327	40	0,00042281
5	0,00042041	41	0,00042012	5	0,00042327	41	0,00042283
6	0,00042047	42	0,00042008	6	0,00042327	42	0,00042289
7	0,00042039	43	0,0004202	7	0,00042333	43	0,00042294
8	0,00042049	44	0,00042012	8	0,00042322	44	0,00042296
9	0,00042042	45	0,00042008	9	0,00042313	45	0,00042289
10	0,00042041	46	0,00042008	10	0,00042319	46	0,00042294
11	0,00042048	47	0,00042006	11	0,0004232	47	0,00042283
12	0,00042051	48	0,00042018	12	0,0004231	48	0,00042281
13	0,00042056	49	0,00042018	13	0,00042318	49	0,00042287
14	0,00042057	50	0,0004201	14	0,00042318	50	0,00042289
15	0,00042047	51	0,00042006	15	0,0004231	51	0,00042298
16	0,00042049	52	0,00042008	16	0,00042312	52	0,00042296
17	0,0004205	53	0,00042006	17	0,00042315	53	0,00042283
18	0,00042047	54	0,00042004	18	0,00042313	54	0,00042285
19	0,00042049	55	0,00042004	19	0,00042316	55	0,00042289
20	0,00042048	56	0,00042004	20	0,00042313	56	0,00042285
21	0,00042046	57	0,00041999	21	0,00042304	57	0,00042281
22	0,00042044	58	0,00041993	22	0,0004298	58	0,00042279
23	0,00042037	59	0,00041985	23	0,0004292	59	0,00042279
24	0,00042041	60	0,00041972	24	0,00042296	60	0,00042281
25	0,00042046	61	0,00041968	25	0,000423	61	0,00042287
26	0,00042041	62	0,00041962	26	0,00042296	62	0,00042287
27	0,00042041	63	0,00041947	27	0,00042296	63	0,00042285
28	0,00042029	64	0,00041943	28	0,00042302	64	0,00042281
29	0,00042029	65	0,00041932	29	0,000423	65	0,00042279
30	0,00042031	66	0,0004193	30	0,00042294	66	0,00042277
31	0,00042033	67	0,0004193	31	0,00042287	67	0,00042287
32	0,00042031	68	0,0004192	32	0,00042292	68	0,00042285
33	0,00042029	69	0,00041911	33	0,00042289	69	0,00042285
34	0,00042029	70	0,00041907	34	0,00042287	70	0,00042285
35	0,00042031	71	0,00041901	35	0,00042287	71	0,00042281
36	0,00042027	72	0,00041892	36	0,00042287	72	0,00042287

Fonte: O autor

### Anexo 1 B - Medições Realizadas no Parque de Antenas.

Medições do Parque das Antenas							
Ponto 1				Ponto 2			
Index	Avg (E-field) [W/m <sup>2</sup> ]	Index	Avg (E-field) [W/m <sup>2</sup> ]	Index	Avg (E-field) [W/m <sup>2</sup> ]	Index	Avg (E-field) [W/m <sup>2</sup> ]
1	0,00039175	37	0,00040696	1	0,00039175	37	0,00041531
2	0,00040667	38	0,00040069	2	0,00041445	38	0,00041531
3	0,00040073	39	0,00040688	3	0,00041515	39	0,00041527
4	0,00040709	40	0,00040686	4	0,00041529	40	0,00041527
5	0,00040705	41	0,00040068	5	0,00041529	41	0,00041533
6	0,00040716	42	0,00040673	6	0,0004155	42	0,00041539
7	0,00040718	43	0,00040675	7	0,00041535	43	0,00041539
8	0,00040709	44	0,00040675	8	0,00041534	44	0,00041543
9	0,00040967	45	0,00040669	9	0,00041533	45	0,00041548
10	0,00040705	46	0,00040661	10	0,00041533	46	0,00041548
11	0,00040707	47	0,00040663	11	0,00041536	47	0,00041543
12	0,00040712	48	0,00040661	12	0,00041539	48	0,00041548
13	0,00040701	49	0,00040654	13	0,00041545	49	0,00041539
14	0,0004007	50	0,00040656	14	0,0004155	50	0,00041543
15	0,00040694	51	0,00040648	15	0,00041551	51	0,00041548
16	0,00040696	52	0,00040659	16	0,00041552	52	0,0004155
17	0,00040693	53	0,00040659	17	0,00041551	53	0,00041545
18	0,00040695	54	0,00040654	18	0,00041552	54	0,00041535
19	0,00040697	55	0,00040654	19	0,00041557	55	0,00041543
20	0,00040694	56	0,00040659	20	0,00041556	56	0,00041537
21	0,00040701	57	0,00040659	21	0,00041552	57	0,00041535
22	0,00040707	58	0,00040663	22	0,00041558	58	0,00041531
23	0,00040701	59	0,00040659	23	0,00041548	59	0,00041531
24	0,00040703	60	0,00040654	24	0,00041545	60	0,00041529
25	0,00040703	61	0,00040654	25	0,00041543	61	0,00041533
26	0,00040703	62	0,00040065	26	0,00041533	62	0,00041531
27	0,00040699	63	0,00040648	27	0,00041545	63	0,00041531
28	0,00040701	64	0,00040648	28	0,00041539	64	0,00041529
29	0,00040703	65	0,00040656	29	0,00041543	65	0,00041531
30	0,00040694	66	0,00040659	30	0,00041543	66	0,00041529
31	0,00040699	67	0,00040661	31	0,00041537	67	0,00041516
32	0,00040069	68	0,00040654	32	0,00041537	68	0,00041516
33	0,00040699	69	0,00040659	33	0,00041537	69	0,0004152
34	0,00040701	70	0,00040654	34	0,00041535	70	0,00041512
35	0,00040707	71	0,00040661	35	0,00041527	71	0,00041514
36	0,00040701	72	0,00040654	36	0,00041531	72	0,00041512

Fonte: O autor