

### Artigo de Revisão

e-ISSN 2177-4560

DOI: 10.19180/2177-4560.v12n12018p191-212

Submetido em: 17 set. 2017

Aceito em: 6 mar. 2018

---

## ***Avaliação e Gerenciamento de Riscos dos Campos Eletromagnéticos em Plataforma de Petróleo***

### **Diego Fernando Garcia**

Mestrando em Engenharia Ambiental. Docente do Instituto Federal Fluminense *Campus Macaé/RJ* – Brasil. E-mail: diego.garcia@ifff.edu.br.

### **Hélio Ribeiro Gomes Filho**

Mestre em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal Fluminense *Campus Macaé/RJ* – Brasil. E-mail: garcdief@gmail.com.

### **Marcos Antônio Cruz Moreira**

Doutor em Engenharia Elétrica pela UFRJ. Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense *Campus Macaé/RJ* – Brasil. E-mail: mcruzbr@yahoo.com.br.

### **Augusto Eduardo Miranda Pinto**

Doutor em Direito pela UERJ. Docente do Instituto Federal Fluminense *Campus Macaé/RJ* – Brasil. E-mail: augustoepinto@gmail.com.

Os equipamentos de telecomunicações operam na faixa de radiofrequência do espectro eletromagnético, portanto são considerados emissores de radiações não ionizantes (RNI). A exposição a campos eletromagnéticos pode causar impactos à saúde e ao meio ambiente. A pesquisa de campo revelou que na plataforma de petróleo avaliada as exposições a RNI 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.

Palavras-chave: Campos eletromagnéticos. Radiações não ionizantes. Limites de Exposição.



**Avaliação e Gerenciamento de Riscos dos Campos Eletromagnéticos em Plataforma de Petróleo**

Diego Fernando Garcia et al.

.....

***Evaluation and Risk Management of Electromagnetic fields on oil rig***

Telecommunications equipment operates in the radiofrequency range of the electromagnetic spectrum, therefore they are considered to be emitters of non-ionizing radiation (RNI). Exposure to electromagnetic fields can have an impact on health and the environment. Field research has shown that, at the oil platform, exposures to RNI are below the limits set by legislation. However, studies that establish such limits are not conclusive enough to guarantee the absence of damages to man and the environment, considering the current reference values.

Keywords: Electromagnetic fields. Non-ionizing radiation. Exposure limits.

***Evaluación y Gestión de Riesgos de los Campos Electromagnéticos en Plataforma de Petróleo***

Los equipos de telecomunicaciones operan en el rango de radiofrecuencia del espectro electromagnético, por lo que se consideran emisores de radiaciones no ionizantes (RNI). La exposición a campos electromagnéticos puede causar impactos a la salud y al medio ambiente. La investigación de campo reveló que en la plataforma de petróleo evaluada las exposiciones a RNI se encuentran por debajo de los límites establecidos por la legislación. Sin embargo, los estudios que establecen tales límites no son lo suficientemente concluyentes para garantizar la ausencia de maleficios tanto para el hombre, como para el medio ambiente, considerando los actuales valores de referencia.

Palabras clave: Campos electromagnéticos. Radiaciones no ionizantes. Límites de exposición.

## 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.

A televisão, o rádio, o telefone, entre outros equipamentos de transmissão de voz e dados, submergem-nos 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 dessas 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.

A maioria desses 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 capaz de produzir efeitos nocivos à saúde, diversos órgãos de pesquisas e prevenção, tais como a Agência Internacional de Pesquisa sobre Câncer (IARC) e a 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 (OMS, 2002, p. 5), “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”.

No Brasil, os limites tolerados para exposição aos CEMRF são regulamentados pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) por meio da Resolução n.º 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



## Avaliação e Gerenciamento de Riscos dos Campos Eletromagnéticos em Plataforma de Petróleo

Diego Fernando Garcia et al.

.....

sobre sua permanência no local ou adotar medidas preventivas.” (BRASIL, 2002). Enquanto isso, a exposição para o público em geral ou exposição não controlada é aquela em que a população está exposta aos CEMRF ou exposição de pessoas em consequência de seu trabalho, porém sem estarem cientes da exposição ou sem possibilidade de adotar medidas preventivas (BRASIL, 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 o 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), que

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, 1994).

Em relação à exposição aos CEMRF, assim como a maioria do parque industrial, 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. Porém, quanto à habitabilidade, 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 desses trabalhadores aos níveis de CEMRF nas plataformas. Nesse aspecto, a dosimetria se constitui excelente ferramenta para o entendimento e gerenciamento das exposições a campos eletromagnéticos.

Neste artigo, pretende-se como objetivo geral identificar, em uma plataforma de produção, áreas críticas com possibilidade de presença de campos eletromagnéticos e exposição de trabalhadores. Como objetivos específicos pretende-se estimular a pesquisa ambiental com foco nos efeitos à saúde humana decorrente de novas tecnologias.

## 2 Material e Métodos

### 2.1 Material

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

## 2.2 Métodos

O estudo consiste em três fases: revisão bibliográfica, avaliação de campo (dosimetria) e simulação matemática da taxa de absorção específica (SAR). A revisão bibliográfica foi orientada pela pesquisa sobre principais conceitos das ondas eletromagnéticas, transmissão de dados com uso de tecnologia sem fio, possíveis efeitos na saúde e consulta à legislação quanto às limitações de CEMRF para exposição ocupacional e para o público em geral. Foram consultados artigos e publicações diversas nas bases de dados Capes, Scielo, Google Acadêmico e em legislação pertinente ao assunto. Quanto à avaliação de campo, foram realizadas medições em plataformas de produção em quatro pontos distintos, escolhidos após análise preditiva da disposição dos principais equipamentos emissores de CEMRF na plataforma.

## 3 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 *electrosmog*. “Sistemas elétricos, eletrodomésticos e uma vasta gama de transmissores sem fios para várias aplicações geram radiação não ionizante (vulgarmente referido como *electrosmog*)<sup>1</sup>.” (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 as recomendações da OMS. Essas 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 circunstância com alto grau de incerteza científica e com necessidade de redução do risco de um dano. Desse modo, o autor utiliza 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*” (*prudent 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 Becker (2006 apud MOTA, 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

<sup>1</sup> tradução livre



**Avaliação e Gerenciamento de Riscos dos Campos Eletromagnéticos em Plataforma de Petróleo**

Diego Fernando Garcia et al.

.....

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 de 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 aos CEMRF, mesmo prevalecendo a incerteza de agravos à saúde humana para exposição dentro dos limites legais estabelecidos. Conforme Rodrigues (2013, p. 2), “[...] 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.”

Para Mota (2006, p. 3), o direito ambiental assume relevo extremo na 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 *International Electromagnetic Fields Project*, com o propósito de avaliar a evidência científica de eventuais efeitos na saúde causados pelos 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 quatro 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 essa tecnologia a fim de que as pessoas não estejam alarmadas quanto às 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). (MOTA, 2006, p. 4).



**Avaliação e Gerenciamento de Riscos dos Campos Eletromagnéticos em Plataforma de Petróleo**

Diego Fernando Garcia et al.

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, p. 29), “*En la modernidad avanzada, la producción social de riqueza va acompañada sistemáticamente por la producción social de riesgos.*” Por tanto, 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 con las de una sociedad repartidora de riesgos.* (BECKER, 2006, p. 31).

#### **4 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 a 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 buscava estabelecer o nexo causal entre os sinais e sintomas das enfermidades e o exercício profissional. A partir dessa 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.” (RAMAZZINI, 2000, 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 nessa 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.” (MOTA, 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



**Avaliação e Gerenciamento de Riscos dos Campos Eletromagnéticos em Plataforma de Petróleo**

**Diego Fernando Garcia et al.**

.....  
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 COHN; MARSILIA, 1993).

Hoje, quase tudo se produz em grande escala, o que facilita o acesso da população às novas tecnologias disponíveis. No entanto, muitas dessas tecnologias inerentes aos produtos e máquinas podem produzir riscos aos seus operários, gerando acidentes e doenças do trabalho. Para Mota (2006, p. 1), “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”.

Os riscos não se resumem apenas aos trabalhadores, mas não raro extrapolam seus males às comunidades vizinhas às fábricas, assim como ao meio ambiente em geral. Ainda em 1700, Ramazzini 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. (RAMAZZINI, 2000, 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 no qual 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. (MOTA, 2006, p. 6).

### 5 Efeitos da exposição a 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, p. 186), “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 íon positivo, ou seja, o átomo em que ocorreu a perda do elétron, e o íon negativo, representado pelo elétron que foi retirado do átomo de origem.

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, e se dividem 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 que 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.”<sup>1</sup> (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.

<sup>1</sup> tradução livre

**Avaliação e Gerenciamento de Riscos dos Campos Eletromagnéticos em Plataforma de Petróleo**

Diego Fernando Garcia et al.

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 aos 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 consequente 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 Fantazzini e Oshiro (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.

Para ICNIRP (2009, p. 257), “No que diz respeito às interações não térmicas, em princípio é impossível refutar a sua eventual existência, mas a plausibilidade dos vários mecanismos não térmicos que têm sido propostos é muito baixa.<sup>1</sup>”

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; OSHIRO, 2007, p. 93).

A temperatura do corpo se mantém constante por meio 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 têmpera.

<sup>1</sup> tradução livre



**Avaliação e Gerenciamento de Riscos dos Campos Eletromagnéticos em Plataforma de Petróleo**

Diego Fernando Garcia et al.

**6 Fontes de exposição**

O trabalho de reconhecimento, avaliação e controle do risco, conforme preconiza o PPRA, é um princípio que se alinha perfeitamente à proposta da Organização Mundial de Saúde (OMS) para gerenciamento do risco dos campos eletromagnéticos em quatro passos. Logo, uma fase importante nesse 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 à unidade marítima transmissora e sistema via satélite, por meio 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 por meio de antenas instaladas nos diversos níveis da unidade. O Quadro 1 apresenta a faixa de frequência e potência dos equipamentos em operação na plataforma de produção.

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 à 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.

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

Fonte: O Autor



**Avaliação e Gerenciamento de Riscos dos Campos Eletromagnéticos em Plataforma de Petróleo**

Diego Fernando Garcia et al.

Além dos sistemas convencionais de telecomunicações, necessários à operação e habitabilidade da unidade, é obrigatória a adoção do sistema *Global Maritime Distress and Safety System* (GMDSS), para atendimento à 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. O Quadro 2 apresenta a faixa de frequência de operação dos serviços que compõem o sistema de busca e salvatagem de uma plataforma.

SERVIÇO	APLICAÇÃO	FREQUÊNCIA
COSPAS-SARST - <i>Emergency Position-Indicating Radio Beacon</i> (EPIRB)	Radiobaliza de Emergência indicadora de posição	406 Hz
EPIRB (Satélite <i>Emergency Position Indicating Radio Beacon</i> )	Sistema para alertar 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 salvas 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	1,5 a 1,6 GHz.
NAVTEX.	Serviço comercial de rádio recepção por satélite geoestacionário.	

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

Fonte: O Autor

O sistema de comunicação é 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 a identificação dos “pontos quentes”, ou seja, locais onde se espera uma maior intensidade de campos eletromagnéticos. Nesse 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, 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



## Avaliação e Gerenciamento de Riscos dos Campos Eletromagnéticos em Plataforma de Petróleo

Diego Fernando Garcia et al.

.....  
operação. No total, foram quatro pontos avaliados em cada unidade. As avaliações de campo foram balizadas pela Resolução 303, da ANATEL, e NBR 15415.

### 7 Limite de exposição a 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; OSHIRO, 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, esses limites podem ser alterados (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 esse 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 nº 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. Esses limites são equivalentes aos indicados nas Restrições Básicas da ICNIRP e foram estabelecidos em termos de grandezas que podem ser mais facilmente medidas ou calculadas.

A Lei nº 11.934/2009 regulamenta essa 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 Salles e 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<sup>2</sup>). As Tabelas 1 e 2 apresentam esses limites para exposição pública e de trabalhadores.



Avaliação e Gerenciamento de Riscos dos Campos Eletromagnéticos em Plataforma de Petróleo

Diego Fernando Garcia et al.

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

**Tabela 1. Limites para exposição ocupacional aos 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, $S_{eq}$ (W / m <sup>2</sup> )
9 KHz a 65 KHz	610	24,4	—
0,065 MHz a 1 MHz	610	1,6/ $f$	—
1MHz a 10 MHz	610/ $f$	1,6/ $f$	—
10 MHz a 400 MHz	61	0,16	10
400 MHz a 2000 MHz	3 $f$ 1/2	0,008 $f$ 1/2	$f$ /40
2 GHz a 300 GHz	137	0,36	50

Fonte: ANATEL (2002)

**Tabela 2. Limites para exposição da população em geral aos 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, $S_{eq}$ (W / m <sup>2</sup> )
9 KHz a 150 KHz	87	5	—
0,15 MHz a 1 MHz	87	0,73/ $f$	—
1MHz a 10 MHz	87/ $f$ 1/2	0,73/ $f$	—
10 MHz a 400 MHz	28	0,073	2
400 MHz a 2000 MHz	1,375 $f$ 1/2	0,0037 $f$ 1/2	$f$ /200
2 GHz a 300 GHz	61	0,16	10

Fonte: ANATEL (2002)



**Avaliação e Gerenciamento de Riscos dos Campos Eletromagnéticos em Plataforma de Petróleo**

Diego Fernando Garcia et al.

Os valores obtidos por medição direta expressam as intensidades de campo eletromagnético presente no ambiente; porém segundo o capítulo 3, Art. 3º, alínea XXXVII, da Resolução nº 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 a 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, por meio do uso de *software* específico. Os valores são obtidos em SAR e comparados aos estabelecidos pela Resolução nº 303 da ANATEL, conforme Tabela 3.

**Tabela 3. Restrições Básicas para exposição aos 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 <i>f</i> / 100 0,4 10 20 Ocupacional	9 KHz a 100 kHz	<i>f</i> / 100	-	-	-
	100 KHz a 10 MHz	<i>f</i> / 100	0,4	10	20
	10 MHz a 10 GHz	-	0,4	10	20
Exposição população em geral	9 KHz a 100 kHz	<i>f</i> / 500	-	-	-
	100 KHz a 10 MHz	<i>f</i> / 500	0,08	2	4
	10 MHz a 10 GHz	-	0,08	2	4

Fonte: ANATEL (2002)

Nota: *f* é o valor da frequência, em Hz.

## 8 Resultados

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



## Avaliação e Gerenciamento de Riscos dos Campos Eletromagnéticos em Plataforma de Petróleo

Diego Fernando Garcia et al.

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 NBR 15415 (ABNT, 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 Tabelas 1 e 2, a maioria dos equipamentos de rádio frequência em operação na plataforma operam na faixa de frequência entre 115 MHz e 3 GHz. Os níveis de exposição ocupacional aceitáveis para essa faixa de frequência estão entre 10 W/m<sup>2</sup> e 50 W/m<sup>2</sup>. 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 aos 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, dessa 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 –  $S_{eq}$ , encontrado, considerando as medições dos pontos 1 e 2 da sala de rádio, 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 –  $S_{eq}$ , encontrado, considerando os valores encontrados nos pontos 1 e 2 do parque das antenas, foi de 0,00041 W/m<sup>2</sup>.

## 9 Discussão

A quantidade de sistemas de transmissão de voz e dados instalados numa plataforma revela uma complexidade semelhante à de uma operadora de telecomunicações, com diversos 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.

Como dito inicialmente, *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 à existência dos equipamentos de radiofrequência atuantes no seu processo, que a tornam um ambiente favorável à investigação da exposição pública e ocupacional aos campos eletromagnéticos.

A fase de levantamento de dados deve ser precedida de uma análise mais detalhada dos pontos de medição observando-se os seguintes aspectos: quanto aos equipamentos transmissores e



**Avaliação e Gerenciamento de Riscos dos Campos Eletromagnéticos em Plataforma de Petróleo**

**Diego Fernando Garcia et al.**

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 à 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 dessa exposição sobre o homem e o meio ambiente. Em exame à 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 preventiva em intervalos superiores há 120 dias ou por demanda de manutenção corretiva. Estando, portanto, os mantenedores expostos aos 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 à 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 W/m<sup>2</sup> a 50 W/m<sup>2</sup> e, para exposição pública, entre 2 W/m<sup>2</sup> a 10 W/m<sup>2</sup> 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.



Avaliação e Gerenciamento de Riscos dos Campos Eletromagnéticos em Plataforma de Petróleo

Diego Fernando Garcia et al.

Tabela 4. Relação entre limite permissível na faixa de frequência de 150 kHz a 3 GHz e valores encontrados 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 ocupacional	10 W/m <sup>2</sup> a 50 W/m <sup>2</sup>
Limites permissíveis para exposição pública	2 W/m <sup>2</sup> a 10 W/m <sup>2</sup>
Valor Máximo encontrado na Sala de Rádio	0,00043 W/m <sup>2</sup>
Valor Máximo encontrado no Pátio de Antenas	0,00041 W/m <sup>2</sup>

Fonte: O Autor (2016)

Admitindo-se que uma estação rádio 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 próximos a Estações Rádio Bases no Rio de Janeiro, segundo estudos de Dias e Siqueira

Local	Valores em densidade de potência de onda plana equivalente ( $S_{eq}$ )
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	0,0000089 W/m <sup>2</sup>
Próximo a uma ERB localizada no bairro de Botafogo	0,0000096 W/m <sup>2</sup>

Fonte: O Autor (2016)

Observa-se que os valores apresentados na Tabela 5 são compatíveis aos valores encontrados na plataforma, sendo todos abaixo dos limites 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 àquelas 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 à aplicação do princípio da precaução a situações de CEMRF, deve-se atentar para os conceitos de perigo concreto e perigo abstrato. Conforme Mota (2006, p. 5), “O perigo concreto se caracteriza quando há real probabilidade de ocorrência do dano e não a mera possibilidade.” Nesse sentido, a própria OMS, após uma grande quantidade de estudos sobre o assunto, não evidencia danos à saúde decorrentes de exposições aos CEMRF, dentro dos limites estabelecidos. Dessa forma, a hipótese de perigo concreto não fica caracterizada para o caso em análise.



## Avaliação e Gerenciamento de Riscos dos Campos Eletromagnéticos em Plataforma de Petróleo

Diego Fernando Garcia et al.

Quanto ao perigo abstrato, para Mota (2006, p. 5), esse 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, descrevem Dias e Siqueira (2004, p. 44) que 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 a 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 à proteção de pessoas consideradas hipersensíveis, a esse 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 menor 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 de equipamentos de transmissão de dados permite a operação remota de quase todo o sistema. Essa 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 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 de distância.

### 10 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 aos CEMRF para os trabalhadores e público, em geral, não representa problema de risco ambiental, considerando os limites de exposição propostos pela Legislação Brasileira por intermédio da ANATEL e segundo restrições básicas da ICNIRP.

A medição de campo por meio 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 aos 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 da exposição aos campos eletromagnéticos. Dessa forma, recomenda-se que novos estudos possam pesquisar os valores de SAR em ambientes das plataformas com maior incidência de exposição.



**Avaliação e Gerenciamento de Riscos dos Campos Eletromagnéticos em Plataforma de Petróleo**

Diego Fernando Garcia et al.

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 mediante simulação numérica da taxa de absorção (AUGUSTINE, 2009), método que vem sendo usado com frequência crescente nos últimos anos.

**Referências**

ABNT. *NBR 15415: Métodos de medição e níveis de referência para exposição a campos elétricos e magnéticos na frequência de 50 Hz e 60Hz*. Rio de Janeiro, 2016. 51p.

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, p. 189-209, 2012. Disponível em: <<http://www.jpier.org/pierb/pier.php?paper=12070904>>. Acesso em: 08 out. 2016.

ANATEL. Agência Nacional de Telecomunicações. *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: 08 out. 2016.

AUGUSTINE, R. *Electromagnetic modelling of human tissues and its application on the interaction between antenna and human body in the BAN context* Physics. Paris: Universit Paris-Est, 2009. English. Disponível em: <<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00499255/>>. Acesso em: 08 out. 2016.

BECKER U. *La sociedad del riesgo: Hacia una nueva modernidad*. Barcelona: Paidós Ibérica S/A, 2006. 400p.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. *NR 09, Portaria SSST n.º 25, de 29 de dezembro de 1994: Programa de Prevenção de Riscos Ambientais*. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/imagens/Documentos/SST/NR/NR-09atualizada2014III.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2016.

COHN, A.; MARSIGLIA, R. G. Processo e organização do trabalho: Isto É Trabalho de Gente? In: ROCHA, L.E.; RIGOTTO, R.M.; BUSCHINELLI, J.T.P. (Orgs.). *Vida, Doença e Trabalho no Brasil*. Petrópolis: Vozes, 1993. p. 56-75.

COSTA, D. F. *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: 08 out. 2016.

DIAS, M. H. C; SIQUEIRA, G. L. 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, p. 41-54, 2002. Disponível em: <<http://www.inatel.br/revista/busca/202-consideracoes-sobre-os-efeitos-a-saude-humana-s196466-1/file>>. Acesso em: 08 out. 2016.

FANTAZZINI, M. L.; OSHIRO, M. C. S. *Técnicas de avaliação de agentes ambientais: Manual do SESI*. Brasília, 2007.



**Avaliação e Gerenciamento de Riscos dos Campos Eletromagnéticos em Plataforma de Petróleo**

Diego Fernando Garcia et al.

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?idConteudo=232902>>. Acesso em: 08 out. 2016.

FIGUEIREDO, C. H. S. 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, p. 48-54, 2011. Disponível em: <<http://www.inatel.br/revista/busca/160-comparacao-de-niveis-de-radiacoes-de-radiofrequencia-emitidas-por-antenas-s685677-1/file>>. Acesso em: 08 out. 2016.

FRANCO-BENATTI, D. M. *Acidentes e Doenças do Trabalho Relacionados a Indústria de Calçados de Franca, SP*. 2011. 262 p. 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: 08 out. 2016.

ICNIRP. The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. ICNIRP Statement on The "Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (Up To 300 Ghz)". *The Radiaton Safety Journal*, Alemanha, v. 97, p. 257-258, 2009.

MORAES, G. A. *Normas Regulamentadoras comentadas e ilustradas*. 11. ed. rev., ampl. e atual. 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, p. 1-42, 2006.

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: 11 mar. 2015.

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

PONTO de situação do GMDSS. Global Maritime Distress and Safety System. *Revista de Marinha*, n. 985, ago. 2009. Disponível em: <[http://www.revistadamarinha.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1263:gmdss-situacao&catid=107:seguranca-na-navegacao&Itemid=294](http://www.revistadamarinha.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1263:gmdss-situacao&catid=107:seguranca-na-navegacao&Itemid=294)>. Acesso em: 08 out. 2016.

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

REICHENBACH, A. et al. *Electrosmog in the environment*. Swiss: Federal Office for the Environment, Ed.SAEFL, 2005. 60 p. Disponível em: <<http://citizensforsafetechnology.co/uploads/scribd/Electrosmog%20in%20the%20Environment.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2016.

RODRIGUES S. C. A.; FREITAS M. B. Gerenciamento de risco em saúde ambiental: mito ou realidade no contexto brasileiro. In: ENCONTROS NACIONAIS DA ANPUR, 15., 2013. *Anais ...* Disponível em: <<http://unuhostedagem.com.br/revista/rbeur/index.php/anais/article/view/4439/4308>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

SADIKU, M. N. O. *Elementos do Eletromagnetismo*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004. 678 p.



**Avaliação e Gerenciamento de Riscos dos Campos Eletromagnéticos em Plataforma de Petróleo**

**Diego Fernando Garcia et al.**

.....

SALLES, A. A.; FERNÁNDEZ, E C. R. O impacto das radiações não ionizantes da telefonia móvel e o princípio da precaução. *Cad. Jur.*, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 17-46, abr./jun. 2004. Disponível em: <[http://www.esmp.sp.gov.br/Biblioteca/Cadernos/caderno\\_7.pdf](http://www.esmp.sp.gov.br/Biblioteca/Cadernos/caderno_7.pdf)>. Acesso em: 08 out. 2016.

SILVA, R. M. C. *Estudo da exposição humana a campos eletromagnéticos na frequência Industrial utilizando métodos numéricos*. 2009. 141p. Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. UFRJ, 2009. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001040.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2016.

SOARES, C. Q. *Gestão de Riscos da Exposição Humana a Campos Eletromagnéticos Oriundos de Estações Rádio Base: Estudo de Caso*. 2011. 95p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/3449>>. Acesso em: 08 out. 2016.

SPINELLI, R. G. *Acidente de Bhopal Faz 30 Anos*. Brasília: FUNDACENTRO, 2014. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/noticias/detalhe-da-noticia/2014/12/acidente-de-bhopal-faz-30-anos>>. Acesso em 10 ago. 2016.

VAZ, C. Os direitos Fundamentais na Sociedade de Riscos. *Revista do Ministério Público do RS*, Porto Alegre, n. 61, maio/out. 2008. Disponível em: <[http://www.amprs.org.br/arquivos/revista\\_artigo/arquivo\\_1246466326.pdf](http://www.amprs.org.br/arquivos/revista_artigo/arquivo_1246466326.pdf)>. Acesso em: 08 out. 2016.