

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CMG (Md) ANTONIO CARLOS BARBOSA NARDIN LIMA

CAPACITAÇÃO DOS PROFISSIONAIS DE SAÚDE NA ÁREA NUCLEAR

“Avaliação da capacitação do Sistema de Saúde da Marinha na resposta ao atendimento de  
Emergências Radiológicas”.

Rio de Janeiro

2017

CMG (Md) ANTONIO CARLOS BARBOSA NARDIN LIMA

CAPACITAÇÃO DOS PROFISSIONAIS DE SAÚDE NA ÁREA NUCLEAR

“Avaliação da capacitação do Sistema de Saúde da Marinha na resposta ao atendimento às  
Emergências Radiológicas”.

Monografia apresentada à Escola de Guerra  
Naval, como requisito parcial para a conclusão do  
Curso de Política e Estratégia Marítimas.

Orientador: CMG (RM-Ref) Antonio José Neves  
de Souza

Rio de Janeiro  
Escola de Guerra Naval

2017

## **DEDICATÓRIA**

A minha esposa Elizabeth, minhas filhas Carolina e Bruna meus três amores e a minha saudosa mãe Yolanda, sempre presente em meus pensamentos e em meu coração.

## RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo descrever noções básicas de radioproteção e física nuclear com o objetivo de orientar os cuidados necessários na atuação das equipes de saúde nos atendimentos nas emergências radiológicas e nucleares, discutir a capacitação dos profissionais de saúde da Marinha na área nuclear que deverá ser disseminada no âmbito do Sistema de Saúde da Marinha. Descrever os efeitos biológicos causados pela radioatividade e suas principais patologias além de a atuação do Hospital Naval Marcílio Dias (HNMD) em resposta a Emergência Radiológica de Goiás envolvendo o elemento Césio 137 no ano de 1987, apontando as dificuldades encontradas e as lições aprendidas. Ao final do trabalho propor medidas para capacitação do pessoal de saúde na área nuclear.

Palavras-chave: Emergências Radiológicas e Nucleares; Radioproteção; Capacitação.

## **ABSTRACT**

The point of the present work is to describe basic concepts of radioprotection and nuclear physics with the objective of guiding the necessary care in the work of health teams in radiological and nuclear emergencies, to discuss the training of naval health professionals in the nuclear area that should be disseminated within the scope of the Marine Health System. Describe the biological effects caused by radioactivity and its main pathologies. Describe the performance of Naval Hospital Marcílio Dias (HNMD) in response to the Radiological Emergency of Goiás involving the element Cesium 137 in 1987, pointing out the difficulties encountered and the lessons learned. At the end of the paper propose measures for the training of health personnel in the nuclear area.

**Keywords:** Radiological and Nuclear Emergency, Radioprotection, Training.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIEA	– Agência Internacional de Energia Atômica
AMP	– Acidente Máximo Postulado
Bq	– Becquerel
C-Ap-MEDNUCL	– Curso de Aperfeiçoamento em Medicina Nuclear
C-Esp-MEDNUR-PR	– Curso Especial de Medicina Nuclear para Praças
CFO/CSM	– Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Saúde da Marinha
CIAW	– Centro de Instrução Almirante Wandenkolk
CMOpM	– Centro de Medicina Operativa da Marinha
CNEN	– Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNI	– Complexo Naval de Itaguaí
CTMSP	– Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo
DAF	– Nome de Paciente
DIN	– Departamento de Instalações Nucleares
DGPM	– Diretoria - Geral do Pessoal da Marinha
DNA	– Acido Desoxirribonucleico
DSM	– Diretoria de Saúde da Marinha
EAO	– Estágio de Aplicação de Oficiais
END	– Estratégia Nacional de Defesa
EUA	– Estados Unidos da América
GGs	– Nome de Paciente
Gy	– <i>Gray</i>
HNMD	– Hospital Naval Marcílio Dias
IAF	– Nome de Paciente
IEN	– Instituto de Engenharia Nuclear
IGR	– Instituto Goiano de Radioterapia
IRD	– Instituto de Radioproteção e Dosimetria
LABGENE	– Laboratório de Geração Núcleo-Elétrica
LSF	– Nome de Paciente
MB	– Marinha do Brasil

MCTIC	– Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
NBQR	– Nuclear, Biológico, Químico e Radiológico
OM	– Organização Militar
ONU	– Organização das Nações Unidas
OTAN	– Organização dos Tratados do Atlântico Norte
ORCOM	– Orientações do Comandante da Marinha
ORISE	– <i>OaK Ridge Institute for Science and Education</i>
PLACAPE	– Plano de Capacitação de Pessoal
PNM	– Programa Nuclear da Marinha
PROSUB	– Programa de Submarino
PWR	– <i>Pressurized Water Reac</i>
QBN	– Químicos, Biológicos e Nuclear
QI	– Quociente de Inteligência
R	– REM
RSA	– Nome de Paciente
RX	– Raios-X
SAR	– Síndrome Aguda da Radiação
SCR	– Síndrome Cutânea da Radiação
SEN	– Sistema de Ensino Naval
SI	– Sistema Internacional
SNC	– Sistema Nervoso Central
SOD	– Superoxidismutase
SSM	– Sistema de Saúde da Marinha
UCLA	– Universidade da Califórnia
UICC	– <i>International Union Against Cancer</i>
UNSCEAR	– Comitê Científico das Nações Unidas Sobre Efeitos da Radiação Atômica
USARICD	– <i>US Army Research Institute of Chemical Defense</i>
WMP	– Nome de Paciente
SNNF	– Sanatório Naval de Nova Friburgo



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2</b>	<b>EMERGÊNCIAS RADIOLÓGICAS</b> .....	12
2.1	Conceitos básicos sobre radioatividade .....	15
2.2	Considerações sobre as diferentes radiações ionizantes .....	15
2.2.1	Partícula ALFA ( $\alpha$ ) .....	16
2.2.2	Partícula BETA ( $\beta$ ) .....	16
2.2.3	Radiação GAMA ( $\gamma$ ).....	17
2.3	Conceito de atividade radioativa .....	17
2.3.1	Decaimento radioativo .....	18
2.3.2	Dose absorvida .....	18
2.3.3	Equivalente de dose .....	19
2.4	Classificação dos tipos de fontes .....	20
2.5	Modos de exposição às radiações ionizantes .....	20
<b>3</b>	<b>EFEITOS CLÍNICOS E BIOLÓGICOS DAS RADIAÇÕES</b> .....	24
3.1	Classificação dos efeitos biológicos das radiações ionizantes .....	24
3.1.1	Efeitos determinísticos .....	25
3.1.2	Efeito das radiações sobre embriões e fetos .....	26
3.2	Efeitos estocásticos.....	27
3.3	Alterações genéticas causadas pelas radiações .....	28
3.4	Síndrome Aguda da Radiação (SAR) .....	29
3.4.1	A síndrome apresenta quatro fases .....	30
3.4.2	Tratamento da SAR .....	32
3.5	Síndrome Cutânea da Radiação (SCR) .....	34
3.5.1	A síndrome apresenta três fases evolutivas .....	34
3.5.2	Classificação da Síndrome Cutânea da Radiação .....	35
3.5.3	Tratamento da SCR .....	35
<b>4</b>	<b>CAPACITAÇÕES DE OFICIAIS E PRAÇAS EM RADIOPROTEÇÃO</b> .....	39

<b>5</b>	<b>A ATUAÇÃO DO HOSPITAL NAVAL MARCÍLIO DIAS NO ACIDENTE RADIOLÓGICO DE GOIÂNIA E AS LIÇÕES APRENDIDAS .....</b>	<b>45</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>54</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Emergências Radiológicas são definidas como qualquer evento com material radioativo que possa resultar em exposição humana significativa e/ou dano material conforme conceitua a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) (BRASIL, 2010a).

Os efeitos das radiações não são percebidos pelos órgãos dos sentidos dos indivíduos expostos e por isso suas capacidades de causarem danos à saúde ficaram desconhecidas até os últimos anos do século XIX.

Até mesmo nos dias atuais o conhecimento das populações a respeito das radiações ionizantes de um modo geral é bastante restrito, não sendo dimensionado o grau de periculosidade e tampouco identificados os sinais e sintomas causados pela exposição a essas radiações.

A Marinha do Brasil vem executando desde 1979 o Programa Nuclear da Marinha (PNM) com a finalidade de dominar o ciclo do combustível nuclear e desenvolver e construir uma planta nuclear de geração de energia elétrica.

Atualmente vem adquirindo o domínio da tecnologia da produção de combustível nuclear e no, Laboratório de Geração Núcleo-Elétrica (LABGENE), a capacitação tecnológica necessária própria para a construção, e manutenção de reatores nucleares tipo “*Pressurized Water React (PWR)*” e o desenvolvimento de um reator para ser utilizado como forma de propulsão de um submarino nuclear.

A Estratégia Nacional de Defesa (END), em 2008 estabeleceu para o Brasil uma força naval que incluísse submarinos de propulsão nuclear, aumentando a projeção do poder naval com maior capacidade de mobilidade, permanência e controle da Amazônia Azul, território marítimo brasileiro que corresponde a aproximadamente 3,5 milhões de quilômetros

quadrados que poderá aumentar para 4,5 milhões de Km<sup>2</sup> caso seja aceito na Organização das Nações Unidas (ONU) o pleito de ampliação desta área para até os limites da Plataforma Continental, sendo de grande importância estratégica a incorporação à esquadra desse meio naval que irá garantir os direitos de uso da Zona Econômica Exclusiva e o controle da navegação no Atlântico Sul, assim como proporcionar maior segurança a navegação e maior proteção da costa brasileira, desenvolvendo ainda mais o conceito de Consciência Situacional Marítima na sociedade sendo uma grande projeção da Força em todo território nacional.

A introdução de submarinos que utilizam a propulsão nuclear na Marinha do Brasil (MB) exige uma nova capacitação do Sistema de Saúde da Marinha (SSM) na formação dos oficiais médicos, oficiais de apoio a saúde e praças com especialização em Enfermagem.

Os conhecimentos básicos de radioproteção deverão ser obrigatórios para todos os profissionais de saúde e serem transmitidos e incorporados à formação desses militares, desenvolvendo uma cultura médica e de apoio à saúde na área radiológica e nuclear, criando uma massa crítica de conhecimento facilitando a disponibilização de recursos humanos para atuarem em situações de emergência bem como a introdução de uma sistemática progressiva de capacitação básica, intermediária e avançada.

No capítulo 2 serão classificadas as emergências radiológicas, descritos os conceitos básicos de radioatividade, atividade radioativa, decaimento radiativo, dose absorvida, equivalente de dose com suas unidades de grandeza e mensuração, classificação dos tipos de fonte e dos tipos de exposição e contaminação radioativa, conhecimentos indispensáveis para a formação dos profissionais de saúde para atuar em uma resposta a uma Emergência Radiológica ou Nuclear.

No capítulo 3, classificar os efeitos clínicos e biológicos das radiações e descrever a Síndrome Aguda da Radiação e a Síndrome Cutânea da Radiação, importantes

conhecimentos para a formação de militares que atuam no atendimento terciário.

No capítulo 4 será abordada a capacitação atual dos profissionais de saúde para atuarem em emergências Radiológicas e Nucleares, indicação de cursos no país e no exterior pelo Centro de Medicina Operativa, e Hospital Naval Marcílio Dias e a proposta da criação de três níveis de capacitação para a atuação na área nuclear de saúde subdivididos em básico, intermediário e avançado, para atuarem em Emergências Radiológicas.

No capítulo 5 será descrito o acidente radiológico de Goiânia em 1987 e a atuação do Hospital Naval Marcílio Dias (HNMD) no atendimento terciário aos radioacidentados transferidos do Hospital Geral de Goiânia, as dificuldades encontradas a experiência adquirida e as lições aprendidas que influenciam a capacitação de militares para atuar na resposta a uma Emergência Radiológica ou Nuclear.

Ao final do trabalho será apresentado um conjunto de sugestões e medidas para aprimorar a capacitação dos profissionais do SSM para atuarem nessas emergências.

## **2 EMERGÊNCIAS RADIOLÓGICAS**

A experiência internacional com Emergências Radiológicas registra que a resposta a essas emergências envolvendo grande exposição à radiação, pode exceder as capacidades técnicas e a logística de organizações, cidades, estados e até países.

O SSM obteve experiência no atendimento a emergência de grandes proporções no território nacional ao atuar no auxílio à população da região serrana do Estado do Rio de Janeiro em 2011, quando uma intensa chuva causou em algumas horas de precipitação na Cidade de Nova Friburgo, enchentes, deslizamento de encostas atingindo muitas vítimas e deixando a sociedade local totalmente isolada, desabrigada e desassistida quanto ao acesso à luz, água potável, bancos, caixas eletrônicos, segurança e manutenção da lei e da ordem, registrando na memória as lições aprendidas e as dificuldades impostas pela situação daqueles dias quando foi fundamental a atuação do Sanatório Naval de Nova Friburgo (SNNF).

Esses fatos causaram na ocasião, grande impotência por parte da Prefeitura, das autoridades locais e da sociedade com exceção das atuações da MB, do Corpo de Bombeiros Militar local e da Defesa Civil, que prontamente atuaram nas primeiras ações de atendimento médico e de resgate e salvamento na ajuda às vítimas daquela emergência.

As dificuldades de acesso na região eram enormes devido ao bloqueio das estradas causados por deslizamentos de encostas, havendo regiões cujo resgate das vítimas somente era possível por meio de evacuação aérea por helicópteros o que exigia uma logística não totalmente disponível como aeronaves, combustíveis, veículos o que dificultava a eficiência das ações.

A falta de luz e de funcionamento dos bancos e dos caixas eletrônicos restringia o comércio local à venda de produtos diversos somente a dinheiro o que dificultava o acesso de toda população a alimentos, água, medicamentos, transportes e a atendimentos de saúde.

Alie-se a esses fatores e condições a um acidente radiológico ou nuclear, como ocorreu na mesma época em Fukushima no Japão, onde um maremoto danificou e provocou um acidente em uma usina nuclear de produção de eletricidade, que certamente provocará na população o receio e o medo de contaminação de nichos produtivos locais tais como indústrias, comércio de alimentos, agricultura, água potável e todo meio ambiente sendo, portanto o treinamento e a capacitação do pessoal de saúde um agente primordial para esclarecer a população quanto aos riscos, diminuindo receios e desordens sociais de toda ordem possibilitando o atendimento de saúde à população de forma eficiente e ordenada durante a emergência.

Em 1987 o HNMD apoiou com tratamentos de nível terciário as vítimas do acidente de Goiânia, onde ocorreu a maior emergência radiológica registrada na história causada pelo contato de pessoas com o elemento Césio 137 que foi exposto à parte da população local, devido à violação de uma cápsula de uma fonte radioativa.

Na ocasião houve a necessidade de proceder a uma triagem de 112.800 pessoas para verificar possíveis indivíduos contaminados sendo diagnosticada contaminação externas , internas ou ambas em 249 vítimas.

Um Acidente Máximo Postulado (AMP) citado na norma CNEN-NE 1.24 de Dezembro de 1991 da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), autarquia federal, órgão superior de planejamento, orientação, supervisão e fiscalização vinculada ao Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), é definido como acidente com baixa probabilidade de ocorrência, porém não considerado desprezível para fins de análise de segurança.

Por representar consequências ruins para trabalhadores, população e meio ambiente, deve sempre estar presente na lembrança dos militares, pois apesar de todo cuidado

com a segurança ao se usar a energia nuclear, falhas humanas e de equipamento podem ocorrer.

Embora sejam pouco frequentes, as Emergências Nucleares assumem um papel de relevante importância para a opinião pública, sendo a capacitação de militares da área de saúde uma das medidas para aumentar a eficiência na resposta a essas emergências assim como o nível de segurança para todos os envolvidos com o uso da energia e da propulsão nuclear na Marinha.

Os conhecimentos descritos a seguir devem fazer parte da capacitação e da formação básica dos profissionais atuantes nas atividades de saúde da Marinha e ser valorizados com a finalidade de proporcionar o desenvolvimento de uma cultura de capacitação na área nuclear de todos os profissionais de saúde, os habilitando para atuar em emergências de natureza radiológica ou nuclear caso sejam requisitados em suas Organizações Militares (OM) e meios navais.

As emergências radiológicas são classificadas como propriamente ditas quando a causa da emergência seja a emissão de radiação por uma fonte radioativa como ocorrida na emergência radiológica de Goiânia.

As emergências nucleares são originadas em instalações onde haja operação de um reator nuclear como em *Chernobyl* no qual em 26 de abril de 1986 após uma explosão na unidade 4 da central nuclear da usina, ocorreu liberação na atmosfera de grande quantidade de material, originando a maior emergência nuclear da história.

Nos dias atuais não podemos deixar de priorizar a segurança de áreas militares da Marinha devido a possibilidade de um ato terrorista com material radioativo como uso de Dispositivos de Dispersão Radiológica conhecido como bomba suja, que combina material radioativo com explosivos convencionais cujas consequências do uso dependem do material radioativo utilizado.

A classificação do tipo de emergência orienta a atuação da equipe de saúde, pois em se tratando de emergência radiológica propriamente dita o nível de dose irradiada emitida em geral é menor que em uma emergência nuclear, mas é maior a possibilidade de contaminação.

Esse conceito deve ser sedimentado nos cursos de noções básicas de radioproteção com a finalidade de complementar a capacitação militar de oficiais e praças da Marinha.

## 2.1 Conceitos básicos sobre radioatividade

Na natureza, átomos instáveis passam por um processo natural para se tornarem mais estáveis. Esse processo envolve a emissão do excesso de energia do núcleo e é denominado radioatividade ou decaimento radioativo.

Radiação ionizante é a energia liberada pelos átomos instáveis com acúmulo de energia em suas camadas orbitais, que liberam essa energia excedente com a finalidade de atingir a estabilidade entre o núcleo e essas camadas (BRASIL, 2002).

Esse conhecimento é necessário aos profissionais de saúde, pois dá noção da quantidade das radiações emitidas por um reator nuclear ou por uma fonte ionizante, onde podem ocorrer centenas ou milhares de reações como essas por segundo, com grande liberação de energia a qual irá interagir biologicamente com o corpo das vítimas expostas, provocando lesões por vezes irreversíveis ou morte dependendo do tempo de exposição.

## 2.2 Considerações sobre as diferentes radiações ionizantes

A energia liberada pelos átomos na tentativa de se tornarem estáveis provoca emissão de partículas que compõem as radiações ionizantes.

O conhecimento detalhado dessas partículas propicia à equipe de saúde assistente de pacientes radioacidentados ter a dimensão da radiotoxicidade exposta, dependendo da forma de contaminação, se por contato direto interno ou externo com o material radioativo ou somente por radiação e sem contato.

Essas partículas ou radiações são responsáveis pelos efeitos deletérios causados no organismo durante uma exposição.

### 2.2.1 Partícula ALFA ( $\alpha$ )

É a maior partícula de radiação ionizante, percorrem apenas poucos centímetros percorre no ar no máximo 10 a 18 cm, não ultrapassam a camada córnea da pele humana, ou seja, a mais superficial e podem ser blindadas impedindo sua progressão até por uma folha de papel.

Quando fora do corpo humano não oferecem perigo à saúde, porém apresentam grande radiotoxicidade quando o elemento radioativo é inserido no organismo por ingestão ou inalação.

Suas fontes de radiação externa não apresentam riscos devido sua baixa capacidade de alcance e penetração (BRASIL, 2002).

### 2.2.2 Partícula BETA ( $\beta$ )

Possuem maior penetração que as partículas ALFA, têm radiotoxicidade quando o elemento responsável pela radiação é inserido no organismo por inalação ou ingestão ou também por meio de radiação externa, mas não penetram suficientemente para atingir órgãos mais internos do corpo.

Podem causar danos a pele e quando atingem os olhos lesam o cristalino ocular. Podem ser blindadas por material denso como vidro ou alumínio (BRASIL, 2002).

### 2.2.3 Radiação GAMA ( $\gamma$ )

Raios GAMA semelhantes a radiação X, são radiações eletromagnéticas de alta energia (fótons) com pequeno comprimento de onda e alta frequência, com alto grau de penetração no organismo, podendo irradiar pessoas e objetos a vários metros de distância com radiotoxicidade interna e externa (BRASIL, 2002).

Quanto à emissão de radiação X as fontes de RX só são emissoras de radiação ionizantes no momento da confecção de exames por serem ativadas eletricamente, não apresentando atividade quando desligadas.

## 2.3 Conceito de atividade radioativa

**Atividade radioativa** é a grandeza utilizada para expressar a quantidade de material radioativo e é representada pelo número de átomos que se desintegram por unidade de tempo. Um Becquerel (Bq) corresponde a uma desintegração atômica por segundo (1dps). Quanto maior é a quantidade de desintegrações atômicas, maior a quantidade de material radioativo na amostra (BRASIL, 2002).

Um reator nuclear para a geração de energia suficiente para ser aproveitada pode conter uma amostra em seu núcleo de algumas toneladas de material radioativo.

O conhecimento da atividade radioativa da fonte ou do reator irá dimensionar o grau de periculosidade e o tempo seguro de exposição para a equipe atuar no local da emergência.

### 2.3.1 Decaimento radioativo

A atividade da amostra radioativa apresenta uma taxa de diminuição ou decaimento de emissão de radiação fixa, característica para cada radioisótopo diferente. O tempo necessário para que a atividade de uma amostra radioativa se reduza a metade do seu valor inicial é denominada meia vida (BRASIL, 2002).

Esse conhecimento inserido na formação de todos os militares profissionais de saúde que poderão compor equipes para atuarem em resposta a uma emergência nuclear ou radiológica, facilita o entendimento da quantidade de radiação emitida pela fonte pelo ou reator envolvido na emergência.

### 2.3.2 Dose absorvida

É a grandeza medida pelo quociente da energia transferida pela radiação ionizante (fótons e ou partículas) ao volume contido na matéria que é mensurada em rad (rad) unidade antiga ou *Gray* (Gy)<sup>1</sup>.

O *Gray* (Gy) é a unidade do Sistema Internacional de Unidades (SI) de dose absorvida. Ele representa a quantidade de energia de radiação ionizante absorvida (ou dose) por unidade de massa, ou seja, um joule (medida de energia), absorvido por um quilograma de matéria (J/kg).

No que se refere à dose absorvida, um *Gray* de partículas ALFA ( $\alpha$ ) pelas suas características não produz o mesmo efeito biológico no mesmo órgão ou tecido que um *Gray*

---

<sup>1</sup> Disponível em: <[www.ifufr.br/cref/radio/capitulo3](http://www.ifufr.br/cref/radio/capitulo3)>. Acesso em: 15 jun. 2017.

de partículas GAMA ( $\gamma$ ) menor e mais penetrante no mesmo órgão, por serem diferentes causando efeitos biológicos distintos sendo portanto de grande importância a identificação da fonte, o tipo de partícula irradiada e o tipo de exposição ou contaminação.

Isso altera o prognóstico dos tratamentos e são conhecimentos importantes a serem aplicados na medicina assistencial e pericial da Marinha.

### 2.3.3 Equivalente de dose

É a medida da radiação absorvida pelo homem, é mensurada em *Sievert* (Sv) unidade do SI.

O *Sievert* é mais comumente utilizado para medir quantidades menores de radiação e para estimar os riscos de exposição em longo prazo sobre seres humanos.

A radiação natural ou *background* vinda do cosmo incide com intensidades diferentes em cada região do planeta.

O conhecimento da dose de radiação natural local serve de parâmetro comparativo dos níveis de radiação aferidos no cenário de uma emergência radiológica ou nuclear, indicando áreas de possível contaminação radioativa, importante fator de pesquisa para delimitar a extensão da área comprometida num acidente nuclear ou radiológico.

Esse conhecimento quando disponível, também pode servir para determinar a extensão da área de contaminação e a escolha de um local seguro para a instalação de um hospital de campanha que servirá para triagem e descontaminação externa dos radioacidentados devendo ser inserido nos cursos de formação básica em radioproteção.

## 2.4 Classificação dos tipos de fontes

Fontes radioativas não seladas são acondicionadas em recipientes fechados, produzem rejeitos radioativos tóxicos por usarem radioisótopos sob a forma não selada ou exposta.

Nas fontes seladas os radioisótopos são acondicionados em cápsulas hermeticamente fechadas impossibilitando qualquer contato direto com o meio ambiente externo.

A identificação do tipo de fonte serve para determinar as precauções de segurança quando houver a necessidade de manipulação que provavelmente não será procedimento imputado a equipe de saúde.

## 2.5 Modos de exposição às radiações ionizantes

Esses conceitos deverão ser bem sedimentados na formação dos militares da saúde visto a grande possibilidade de terem a necessidade de orientar uma tripulação de OM de terra que utilize reator nuclear ou meio naval de propulsão nuclear, quanto aos riscos de contaminação ou exposição por tempo excessivo à radioatividade.

A exposição ou radiação externa ocorre quando uma fonte radioativa contida em um equipamento irradia uma pessoa sem que haja contato físico da pessoa com o material radioativo, sendo sua maior complicação a Síndrome Aguda da Radiação (SAR).

A exposição ou irradiação externa localizada caracteriza-se pela irradiação de apenas uma área do corpo (mão, coxa etc.) sendo a sua maior complicação a Síndrome Cutânea da Radiação (SCR).

A contaminação radiológica consiste na presença de material radioativo no corpo do paciente devido a contato inadequado ou acidental com material radioativo.

Pacientes contaminados dessa forma podem também contaminar instalações,

veículos, material equipamentos, o ambiente e também os profissionais que prestam assistência por possibilitar a transferência de parte do material contaminante a outras pessoas por contato direto.

As doses de radiação geradas por uma pessoa contaminada em geral são muito baixas, não constituindo risco para os profissionais de saúde que prestam o atendimento quando devidamente protegidos e equipados.

É necessário que esse conhecimento seja inserido nos currículos de formação básica em radioproteção, com a finalidade de proporcionar atendimentos sem causar receios a equipe de riscos de contaminação.

A contaminação radiológica interna ocorre quando o material radioativo penetra no organismo acidentalmente por via respiratória, gastrointestinal, mucosas, através de feridas e raramente através de pele intacta. Esse tipo de contaminação pode levar futuramente ao surgimento de câncer, dependendo de fatores como forma química do contaminante líquido, sólido ou gasoso, grau de contaminação, via de ingresso no organismo, idade do contaminado e radiosensibilidade de órgão alvo. A Tireoide é exemplo de órgão radiosensível devido à captação e a concentração do elemento químico Iodo em seus tecidos.

Contaminação radiológica externa ocorre quando há presença de material radioativo em contato com a superfície externa do corpo do contaminado. Mais de 90% da contaminação externa quando assistida por uma equipe capacitada é removida ao se retirar as roupas e proceder à descontaminação com banhos repetidos.

Nas condições associadas ocorre exposição externa do corpo inteiro ou localizada associada também a uma contaminação radiológica interna ou externa.

Condições associadas foram observadas nos pacientes contaminados no acidente de Goiânia com o Césio 137.

As lesões Combinadas ocorrem com pacientes vítimas de traumas, queimaduras

térmicas ou químicas, fraturas ou outras comorbidades não causadas pela radiação associadas a diferentes tipos de exposição.

Este tipo de paciente tem suas condições clínicas agravadas devido à exposição à radiação, piorando o prognóstico e a resposta clínica aos tratamentos. Esse tipo de vítima possivelmente será mais comum em instalações militares devido às atividades lá desenvolvidas.

O Subsistema Assistencial de Saúde da Marinha deverá estar capacitado para o atendimento a esses pacientes e diagnosticar os tipos de lesões causadas pela radioatividade assim como aplicar os tratamentos propostos para as patologias causadas pela radiação sem dificuldade.

A estabilização clínica do paciente retirando as condições que agravam os riscos de vida coloca o problema da exposição e da contaminação dos profissionais de saúde durante o primeiro atendimento em um patamar secundário pela baixa possibilidade de contaminação de pessoal treinado, usando vestimenta protetora, sistema respiratório de circuito fechado e a baixa ou nenhuma atividade de emissão de radiação observada nos pacientes acometidos, não se justificando protelar os cuidados médicos exigidos.

O fator tempo entre exposição, descontaminação e a abordagem clínica correta de outras comorbidades tem influência direta no prognóstico das patologias causadas pela radiação.

Esse conhecimento não é comum entre os profissionais de saúde, não são ministrados nos cursos de formação universitária, sendo mandatório inserir na formação básica do profissional de saúde militar da Marinha já que a força é referência no atendimento terciário a pacientes vítimas de contaminação ou irradiação nuclear.

A complexidade e a diversidade dos tipos de contaminação causados pela radiação nas Emergências Radiológicas e Nucleares exigem conhecimento, planejamento, logística

adequada e coordenação da equipe de saúde e equipamentos adequados para uma abordagem correta, possibilitando diagnósticos precisos a fim de se propor planos terapêuticos adequados e definir prognósticos, além de dar a devida atenção ao ambiente, cenário da emergência identificando possível contaminação da água, materiais e alimentos no local.

Os conhecimentos dispostos neste capítulo auxiliam os diagnósticos e prognósticos das patologias causadas pela radiação quando associados aos os danos causados pelas radiações ionizantes no organismo humano que será abordado no próximo capítulo, os efeitos biológicos provocados nos tecidos, as principais síndromes com suas complicações e seus tratamentos o que proporcionará uma completa a avaliação clínica e o correto acompanhamento da evolução das doenças de pacientes radioacidentados, importantes conhecimentos para a capacitação de nossos militares na área assistencial.

### 3 EFEITOS CLÍNICOS E BIOLÓGICOS DAS RADIAÇÕES

Os efeitos clínicos e biológicos produzem os sinais e sintomas das patologias criadas pela exposição à radiação.

São conhecimentos indispensáveis na capacitação dos profissionais de saúde no auxílio ao diagnóstico e ao prognóstico, dimensionam o grau de comprometimento causado pela radiação ao organismo, define o grau de gravidade e identifica os pacientes fora de possibilidade terapêutica.

As radiações ionizantes ao entrarem em contato com o corpo interagem com toda a matéria a qual atravessam ou são absorvidas, partindo as cadeias de aminoácidos do Acido Desoxirribonucleico (DNA) do núcleo celular, modificando a estrutura biológica de células e tecidos, podendo induzir o surgimento de tumores, más formações fetais, abortamentos, necroses na pele, alterar a produção de células pela medula óssea em particular as de defesa que compõem a série branca do hemograma (leucócitos) e dependendo do tempo de exposição e da intensidade da radiação à morte de células ou de pacientes expostos.

Os tipos de lesões ocorridas nas contaminações externas e as alterações laboratoriais causadas pela radiação não são comumente vistas nos atendimentos diários de hospitais e ambulatórios, sendo difícil identificar a radiação como a causa dessas alterações clínicas, o que também dificulta o diagnóstico.

#### 3.1 Classificação dos efeitos biológicos das radiações ionizantes

Os efeitos biológicos das radiações ionizantes são divididos principalmente em **Determinísticos** cujos efeitos levam a morte celular e os **Estocásticos** cujos efeitos levam as mutações celulares.

### 3.1.1 Efeitos determinísticos

Os efeitos Determinísticos podem provocar nos pacientes expostos ou contaminados a Síndrome Aguda das Radiações (SAR).

A dose de radiação necessária para a ocorrência da SAR é de 1Gray (1Gy) que corresponde a dose efetiva de 50.000 RX de Tórax em um ano.

Nas Emergências Radiológicas em geral os profissionais de saúde são expostos a doses baixas e incapazes de gerarem efeitos determinísticos, mas em Emergências Nucleares como a exemplo da ocorrida em Chernobyl, doses de 1Gy ou mais foram registradas.

Fatores que podem diminuir a dose de exposição externa são o tempo, pois quanto menor o tempo de exposição menor a dose absorvida e a distância, pois a dose recebida é inversamente proporcional ao quadrado da distância da fonte do ponto de atendimento onde se encontra a vítima.

Igualmente a fonte causadora da Emergência Radiológica se possível deve ser identificada quanto ao tipo de radiação emanada, ALFA, BETA ou GAMA para possibilitar o uso de blindagem ou barreira adequada entre a fonte e o pessoal exposto com a finalidade de atenuar ou eliminar a exposição radioativa, caso não seja possível à evacuação imediata das vítimas do local.

Para fontes de radiação gama, usa-se uma camada semirredutora de chumbo cuja espessura dependerá do tipo de radionuclídeo da fonte. O Césio 137 necessita de 0,5cm, o Cobalto 60 de 1,2cm, o Ferro 59 de 1,1cm, o Iodo 131 de 0,3 cm e o Sódio 24 de 1,5cm conhecimento importante para radioproteção da equipe de emergência.

Na Marinha todas as fontes de radiação ionizantes são cadastradas na Diretoria de Saúde da Marinha (DSM), inclusive as fontes de uso industrial e não médico o que facilita a identificação da fonte e o tipo de radionuclídeo e o tipo de radiação emitida (BRASI, 2006 C).

Blindagem deve ser do conhecimento de todos os profissionais que utilizam e manipulam ou se expõem a materiais radioativos. O entendimento teórico de como ocorre essa proteção por esses profissionais em todos os níveis hierárquicos é exigência da CNEN.

A tabela abaixo identifica os efeitos determinísticos causados pela radiação em graus diferentes de exposição levando a morte total ou parcial dos tecidos acometidos.

**QUADRO 1**  
Limiares de doses para efeitos determinísticos

Efeito	Órgão ou tecido	Limiar de dose em Gy Dose aguda máximo 2 dias
SAR	Corpo inteiro (forma hematológica da SAR)	1Gy
Eritema	Segmento da pele	3 a 5Gy
Catarata	Olhos – Cristalino	2 a 6Gy
Epilação	Pelos (perda)	Transitória 3Gy/definitiva 7Gy
Infertilidade	Testículos/Ovários	5-6Gy (testículos) e 3Gy (ovários)

Fonte: Quadro modificado do Manual de ações médicas em emergências radiológicas, 2010.

### 3.1.2 Efeito das radiações sobre embriões e fetos

Os efeitos teratogênicos (efeitos deletérios causados aos embriões e fetos por fatores externos ou medicamentosos) causados pela radiação, sempre foram preocupação constante nos ambientes de trabalho do âmbito da saúde pelos impactos que causaram na população devido ao uso de Raios-X (RX) que eram comuns na prática da clínica obstétrica diária antes da descoberta e do uso em larga escala da Ultrassonografia.

Essa morbidade, ou seja, esse temor da população com relação aos RX, afetando a saúde fetal e provocando lesões durante a gravidez pode ser comparado ao uso da Talidomida, medicamento desenvolvido na Alemanha em 1954 utilizado para controlar a ansiedade, a tensão e náuseas tão comuns na gravidez que provocava encurtamento dos membros junto ao

tronco restringindo os a brotamentos, ficando esta má formação conhecida como focomelia por tornar os membros dos recém-nascidos semelhantes aos de focas.

Numa emergência radiológica cujas exposições a princípio são incontroladas a exposição a 1Gy desencadeia abortamentos, a de 0,1 Gy no primeiro trimestre provoca retardo do crescimento embrionário, no mesmo período a exposição a 1 Gy leva a diminuição média do Quociente de Inteligência (QI) em até 30 pontos e doses de exposição acima desse valor ocorre modificação de um QI normal para Retardo Mental Grave.

As implicações legais e periciais para a MB, quanto a exposição de oficiais do sexo feminino as radiações, pelo histórico referenciado acima, torna importante o conhecimento dessas informações a oficiais de todos os corpos e quadros que assumem as funções de chefia, comando ou direção visto a atuação dessas oficiais em diversos segmentos da Marinha.

Todas as oficiais com suspeitas de gravidez que sirvam em OM onde existam instalações nucleares ou fontes ionizantes devem ter esse diagnóstico investigado prioritariamente.

### 3.2 Efeitos estocásticos

Os efeitos Estocásticos responsáveis pelo surgimento de mutações podem facilitar o surgimento de tumores cancerosos radioinduzidos.

O tipo de câncer radioinduzido observado nas vítimas dos ataques nucleares de Hiroshima e Nagasaki nos primeiros dois anos foi a Leucemia, cuja incidência atingiu seu maior número de casos no sétimo ano após o ataque.

Os tumores sólidos com o maior risco relativo foram os tumores de bexiga, os tumores de Mamas, os tumores de Pulmão, os tumores de Cérebro e os tumores de Tireoide

na população exposta a radiação de 1Gy após um período de acompanhamento de 40 anos..

De acordo com o Comitê Científico das Nações Unidas sobre Efeitos da Radiação Atômica (UNSCEAR), radiações ionizantes com doses abaixo de 100mSv são consideradas de menor risco relativo quando comparada a outros agentes causadores de predisposição ao câncer.

A incidência de câncer no Brasil foi estimada em 2002 em 11 milhões de casos novos e alcançará mais de 15 milhões de casos em 2020. Essa previsão, feita em 2005, é da *International Union Against Cancer (UICC)*.

O acompanhamento de trabalhadores operadores de fontes ionizantes não demonstra maior incidência de neoplasias malignas com relação a população em geral.

A tabela abaixo indica o risco relativo do surgimento de tumores radioinduzidos.

## QUADRO 2

### Incidência de câncer radioinduzidos causados por efeito Estocástico

TIPOS DE CA	RISCO RELATIVO	DOSE
TODOS OS TIPOS DE CA	11% toda vida e idades	1Gray (Gy) dose única
	5,5% toda vida e idades	1Gray (Gy) dose fracionada
LEUCEMIA	1% toda vida e idades	1 Gray(Gy)

Fonte:

Esse conhecimento é importante a partir do momento em que irá aumentar o número de trabalhadores na Marinha com reatores nucleares devendo também ser incorporado à formação básica dos cursos de radioproteção.

### 3.3 Alterações genéticas causadas pelas radiações

O estudo epidemiológico de populações sabidamente expostas a de alta a moderadas doses de radiação como Hiroshima, Nagasaki e Chernobyl assim como as

residentes em áreas com alta radiação natural, tem pouco efeito sobre as gerações futuras não aumentando a incidência de alterações genéticas por se apresentarem concomitantemente com as alterações genéticas espontâneas.

Para obter resultados significativos, determinando a sensibilidade da população para danos genéticos radioinduzidos, deve-se mensurar qual a dose multiplicadora da população que consiste em determinar a taxa necessária de cada geração para duplicar as mutações genéticas que ocorrem espontaneamente.

### 3.4 Síndrome Aguda da Radiação (SAR)

A Síndrome Aguda da Radiação é um importante diagnóstico devido ao conjunto de alterações clínicas sistêmicas mais graves que acometem pacientes expostos à radiação em uma emergência radiológica ou nuclear e sua identificação deve se tornar com a capacitação dos nossos profissionais de saúde, um diagnóstico sempre possível de ser investigado diante dos sinais e sintomas apresentados pelo paciente.

Por se tratar de um estado de saúde possível de ter sido causado por exposição a radiação do corpo inteiro o que causa grande receio e insegurança aos profissionais de saúde desabitados a acompanhar casos clínicos semelhantes por não fazer parte da clínica diária, a capacitação é fundamental para a execução de um atendimento eficiente que não cause complicações iatrogênicas (provocar lesões ou patologias nos pacientes) ou condução clínica inadequada às vítimas de contaminação ou irradiação melhorando seus prognósticos.

A Síndrome Aguda da Radiação é um conjunto de manifestações clínicas e laboratoriais provocadas por radiações ionizantes externas que atingem o corpo inteiro de forma aguda com dose acima do limiar a partir de 1 Gray (1Gy).

A SAR se manifesta clinicamente de três formas: a Hematopoiética ou

Hematológica que apresenta alterações sanguíneas a partir de 1Gy de exposição , a Gastrointestinal a partir de 8 a 10 Gy e acima destas doses a Neurovascular ou Cerebrovascular.

#### 3.4.1 A síndrome apresenta quatro fases

A fase de pródromos que são sinais ou sintomas que podem indicar o início de uma doença ou condição patológica, na síndrome eles tem início em geral 48 horas após a exposição a radiação com aparecimento de sintomas como náuseas ,vômitos ,anorexia (falta de apetite), astenia (fraqueza) ,cefaléia (dores de cabeça),salivação, desidratação, eventualmente diarreia e perda de peso.

O tempo mensurado até o início dos vômitos determina a gravidade da SAR e pode servir como referência aproximada da dose a qual o paciente foi exposto.

Exposições entre 1 a 2 Gy o surgimento dos vômitos ocorrem em até 2 horas podendo se considerar uma SAR leve, entre 2 a 4 Gy os vômitos surgem entre 1 e 2 horas sendo considerada SAR moderada ,entre 4 a 6 Gy surgem em menos de 1 hora sendo considerada SAR severa , entre 6 a 8Gy os vômitos surgem em menos de 30 minutos sendo considerada SAR muito severa e 8Gy ou mais os vômitos surgem em menos de 10 minutos, sendo considerada SAR letal e sem possibilidade terapêutica com evolução clínica para o óbito de todos os pacientes submetidos a tal radiação.

Outra alteração clínica para a mensuração da gravidade da exposição é o comportamento dos linfócitos no sangue periférico nas primeiras 48 horas e a evolução da curva hematológica do paciente.

No sangue periférico os valores de referência normais são estabelecidos entre 1500 a 3000 linfócitos.

Após dois dias da exposição, podemos considerar uma linfocitopenia (diminuição de linfócitos) moderada entre 2100 à 1500 linfócitos, linfocitopenia grave entre 1500 e 1000 linfócitos, linfocitopenia muito grave entre 1000 à 500 linfócitos e linfocitopenia letal abaixo de 100 linfócitos/ no sangue periférico. Essas alterações ocorrem em dois dias após a exposição a radiação.

Quanto maior a linfocitopenia pior o prognóstico do paciente e maior os efeitos danosos causados pelo acidente com a radiação.

Na fase de Pródromos a identificação da atividade profissional do paciente na anamnese (história clínica colhida no atendimento) tem grande importância para a suspeita do diagnóstico de exposição radiológica para uma equipe de saúde treinada.

A presença de queimaduras na pele sem que se tenha relato de queimadura térmica ou química, queda do estado geral, lesões na boca e orofaringe, hiperemia (vermelhidão) da conjuntiva ocular, epilação (perda de pelos) e a presença de lesões localizadas na pele também são sinais que associados a anamnese levam a suspeita do diagnóstico.

É importantíssima a determinação precisa do início dos sintomas em particular o tempo de início dos vômitos a fim de se classificar a SAR, fator determinante do prognóstico.

A fase Latente é a fase compreendida entre as fases de pródromos e a Manifesta ou de Estado e é caracterizada pela ausência ou melhora dos sinais e sintomas da exposição.

Em pacientes expostos a doses muito elevadas essa fase pode ser curta ou mesmo inexistir.

A fase Manifesta ou de Estado é caracterizada por baixa da imunidade, pancitopenia, ou seja, diminuição de todos os elementos figurados do sangue, seguida de hemorragias e infecções.

São acometidas as células da Medula Óssea, apresentando decréscimo de

granulócitos (neutrófilos, eosinófilos e basófilos), agranulócitos (linfócitos e monócitos), eritrócitos (hemáceas) e plaquetas levando a morte do paciente em 30 a 60 dias caso ocorram essas alterações.

Em pacientes que apresentam nessa fase alterações gastrointestinais com diarreia não responsiva aos tratamentos, causada pela perda do revestimento da mucosa intestinal, evoluem para septicemia (infecção generalizada) e óbito dentro de 5 a 10 dias, sendo essa alteração denominada forma gastrointestinal da fase de estado.

Em pacientes que apresentam após 30 minutos da exposição vômitos incoercíveis, desorientação, irritabilidade, hiperexcitabilidade, falta de coordenação, convulsões, aumento da pressão intracraniana seguido de coma, são diagnosticados como portadores da forma neurológica da fase evoluindo para morte em 48 horas.

Esses sintomas ocorrem devido a lesões microvasculares no Sistema Nervoso Central (SNC) as quais levam a edema cerebral, hipertensão intracraniana, extravasamento vascular importante (perda de líquidos dos vasos para os tecidos), vasoplegia (relaxamento vascular) seguida de vaso dilatação irreversível, choque e óbito em 100% dos pacientes.

Essas alterações clínicas são irreversíveis sendo indicado o tratamento sintomático somente para alívio dos sintomas sendo importante o reconhecimento desses pacientes na triagem das emergências.

A fase de recuperação ou óbito é o estágio final de definição da evolução da doença causada pela radiação com resolução favorável ou óbito do paciente.

#### 3.4.2 Tratamento da SAR

O tratamento da SAR deve ser conduzido em instalações isoladas para evitar contaminações por parte dos pacientes de outras áreas do ambiente hospitalar sendo

necessário também o controle do acesso de todos os profissionais envolvidos na assistência o que exige treinamento conhecimento e disciplina dos profissionais envolvidos.

**a) Tratamento das alterações hematopoiéticas (hematológicas) da SAR:**

Prescrição de concentrado de hemácias para manter o nível de hemoglobina em 10g/dl e sangue total e plasma fresco conforme o necessário.

Em hemorragias volumosas manter as condições hemodinâmicas.

Prescrever concentrado de plaquetas caso a contagem caia abaixo de 20.000/

ou em caso de sangramento com a contagem abaixo de 60.000 .

Todos os produtos transfundidos devem ser irradiados com 25Gy com a finalidade de inativar os leucócitos para não sacrificar ainda mais as células de defesa já prejudicadas pela exposição radioativa com gasto de energia no combate a esses leucócitos.

Pode se indicar o uso de fatores estimulantes de crescimento da Medula Óssea para combater a depressão medular e transplante de células hematopoiéticas nos pacientes expostos a radiação de 8Gy como alternativa terapêutica, sendo contra indicado na presença da forma neuro vascular por não apresentar resposta clínica satisfatória em pacientes expostos a altas doses.

**b) Tratamento e profilaxia das infecções da SAR:** Prescrição de antibióticos não absorvíveis por via oral, que preservem as bactérias anaeróbicas da flora intestinal e de Nistatina (antifúngico), caso os granulócitos apresentem valores abaixo de 1.500/ .

Manutenção da acidez gástrica evitando o uso de antiácidos e bloqueadores H2 (omeprazol, pantoprazol, etc.)

Ficar atento para infecções pelo vírus Herpes Simples ou quaisquer infestação parasitária devido a baixa da imunidade (BRASIL, 2010).

### 3.5 Síndrome Cutânea da Radiação (SCR)

A SCR é um conjunto de alterações patológicas na pele causadas por absorção de doses de radiação provenientes de uma fonte externa ao corpo ou por depósitos na pele de material radioativo (BRASIL, 2010).

As alterações podem ser provocadas por doses superiores as doses passíveis de causar a SAR, porém esta não é desencadeada, pois como a massa de medula óssea não é afetada e a irradiação é ocorre em uma faixa limitada do corpo não atingindo outras partes as manifestações clínicas da SAR assim como sua fisiopatologia não são desencadeadas.

A gravidade da SCR é maior quanto maior a dose absorvida.

### 3.5.1 A síndrome apresenta três fases evolutivas

A fase inicial surge nas primeiras horas após a exposição ou contato da pele com o material radioativo, ocorre surgimento de um eritema transitório de pequena duração estimulado pela liberação de histamina (vaso dilatador) que pode passar despercebido.

A fase de latência ocorre após o desaparecimento do eritema (vermelhidão) seguindo-se a um período sem manifestações clínicas sendo maior ou menor dependendo da dose de exposição.

Na fase Clínica ou de estado ocorre o surgimento dos sinais e sintomas clínicos com maior ou menor gravidade citados a seguir.

**a) Eritema Secundário:** vermelhidão surge devido a mecanismos de compensação à oclusão de capilares arteriais e venosos causados pela radiação.

**b) Dor:** quanto mais grave a exposição mais precoce a dor e mais intensa, de difícil tratamento, com piora nas crises de vasculite, podendo estar presente até nas lesões crônicas.

c) **Edema:** sinal clínico importante de mau prognóstico quando presente na fase inicial.

d) **Flictenas ou bolhas:** é sinal de epitelite exudativa (inflamação da pele) e indica SCR de grau II.

e) **Ulcerações e Necrose:** indica morte celular epitelial caracterizando SCR de grau III.

f) **Lesões tardias:** em casos de lesões causadas por exposição a altas doses podem ocorrer ressurgimento de lesões com aparente resolução após meses ou anos.

### 3.5.2 Classificação da Síndrome Cutânea da Radiação

a) **SCR Grau I:** tem pequena gravidade, ocorre com doses entre 3 a 5 Gy e provoca eritema (vermelhidão) inicial, entre 3 a 7 Gy surge epilação (perda de pelos) temporária, entre 7 a 10 Gy ocorre epilação (perda de pelos) definitiva, entre 7 a 10 Gy e provoca epitelite (inflamação da pele) seca.

b) **SCR Grau II:** apresenta gravidade moderada a severa, ocorre com doses entre 15 a 25 Gy e surge epitelite exudativa (inflamação da pele).

c) **SCR Grau III:** apresenta gravidade muito severa, ocorre com doses de 25 Gy ou mais que provocam ulcerações e necrose.

### 3.5.3 Tratamento da SCR

Para avaliar o prognóstico da SCR, a evolução das lesões cutâneas deve ser acompanhada com fotografias seriadas, ultrassonografia, Ressonância Nuclear Magnética, Tomografia Computadorizada, termografia e estudos angiográficos para avaliar a

permeabilidade vascular.

A profundidade das lesões deve ser determinada especialmente em lesões causadas por altas doses de radiação localizadas, não podendo ser descartada a possibilidade de amputação do membro afetado em caso de extremidades como mãos, braços etc. Também a observação de edema e flictenas (bolhas) até 24 a 36 horas após a exposição indicam exposição elevada.

Em geral na maioria dos casos não é possível determinar a dose de exposição e essas observações clínicas são importantes indicadores do prognóstico.

Nas inflamações de pele como epitelite exudativas, ulcerações superficiais são indicados tratamentos clínicos de natureza conservadora e sintomática, ulcerações profundas e necroses requerem tratamentos cirúrgicos.

No tratamento das inflamações são indicados anti-inflamatórios não hormonais que tem eficiência terapêutica parcial.

O uso de enzimas como a superoxidismutase (SOD) é indicada para tentar reduzir o processo inflamatório e acelerar a cicatrização.

Em infecções secundárias está indicado antibióticoterapia local e sistêmica.

A dor, importante sintoma de difícil controle e remissão causada pela má perfusão local devido as lesões capilares impostas pela radiação, tem indicação do uso de analgésicos de ação central e sedativos nas fases iniciais sendo guardado o arsenal de analgésicos mais potentes para a fase posterior, quando aumenta a sua intensidade. A associação de anti-histamínicos e neurolépticos potencializam a ação analgésica.

O tratamento cirúrgico inicial fica restrito ao desbridamento das queimaduras radiológicas que consiste em remover cirurgicamente todo tecido necrosado (morto).

O comprometimento dos tecidos em profundidade nas lesões é um fator complicador do tratamento cirúrgico não se podendo descartar a amputação de membros no

caso de lesões de extremidade associadas a SAR.

A experiência francesa no Hospital Militar Percy no tratamento de radiolesões graves localizadas utiliza orientação dosimétrica, medindo a radiação no tecido acometido determinando a profundidade da lesão orientando o procedimento cirúrgico, associada a injeção local de células tronco do próprio paciente no tecido acometido na tentativa de recuperar a área acometida com novas células.

Os tratamentos das patologias causadas pela radiação devem ser inseridos nos programas da residência médica e de enfermagem nas áreas clínicas e cirúrgicas com o propósito de familiarizar esses profissionais de saúde com essas patologias, capacitando a todos a atuarem nos tratamentos no caso de uma emergência radiológica ou nuclear.

Atualmente o Curso de Formação de Oficiais no Centro de Instrução Almirante Wandenkolk (CIAW), onde esse conhecimento é repassado aos oficiais alunos é o único momento em que se tem contato com os princípios de radioproteção, não ocorrendo mais nenhuma atualização destes conhecimentos ou adestramentos durante a carreira militar nas diferentes especialidades exercidas pela a maioria dos profissionais de saúde, com exceção dos oficiais e praças atuantes na Medicina Nuclear e na Medicina Operativa.

O conhecimento das síndromes também serão importantes para a Medicina Pericial onde as juntas de saúde necessitarão aplicar os preconizado pela portaria 1.174 de 06 de setembro de 2006 do Ministério da Defesa, capítulo III, que faz referência a doenças especificadas em lei na sua seção 15 que trata da contaminação por radiação, na qual são definidas as condições incapacitantes da SAR e da SCR no seu item 52, definindo incapacidade temporária ou definitiva dependendo do estado da doença atual causada pela radiação.

Futuramente deverão ser acrescidos a essa perícia especificamente para os operadores de reator nuclear, um teste toxicológico possibilitando a profilaxia da dependência

química desses profissionais.

O estudo das noções de radioproteção, dos efeitos causados pelas radiações e pelas patologias que acometem às vítimas de exposição às radiações ionizantes, demonstra a importância da capacitação que será gradualmente mais exigida para atender as demandas de uma nova Marinha.

A produção de combustível e a construção e manutenção de meios navais com propulsão nuclear exigirão atualização e treinamento constantes do pessoal para o uso segura da energia nuclear. O próximo capítulo irá abordar a capacitação de profissionais de saúde na área nuclear para atuarem nas Emergências Radiológicas.

#### **4 CAPACITAÇÕES DE OFICIAIS E PRAÇAS EM RADIOPROTEÇÃO**

O crescimento da utilização da energia nuclear pela MB, ao desenvolver um reator para propulsão de seu primeiro submarino e o domínio da produção do ciclo de combustível fundamental para a viabilidade do Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), torna necessário o planejamento e a preparação de equipes e hospitais para atender pacientes vítimas de Emergências Radiológicas e Nucleares em suas variadas formas de contaminação.

A formação desses profissionais da área da saúde deve ser orientada a tornar os conhecimentos em radioproteção comuns, assim como as síndromes associadas à irradiação e a contaminação radiológica, de modo a capacitar todos à confecção de diagnósticos, a avaliação e a emissão de prognósticos corretos oferecendo tratamentos adequados a cada caso.

Essa linha de ação e capacitação dos profissionais de saúde e em especial médicos e enfermeiros, irá prontificar os diagnósticos com maior eficiência e eficácia nos atendimentos nas emergências dos hospitais e ambulatórios navais, incluindo a identificação de militares de OM de terra ou de meios navais que trabalhem diretamente com radiações ionizantes ou reatores nucleares, facilitando diagnósticos diferenciais entre sintomas de contaminação ou irradiação nuclear com os de outras patologias.

A notícia de uma Emergência Nuclear causa medo, pânico e tem grande impacto na população, inclusive com implicações econômicas quando ocorre contaminação do meio ambiente, portanto quanto maior a eficiência da equipe no atendimento, mais precoces os diagnósticos e mais rápido o início dos tratamentos com menos agravamento das patologias envolvidas.

A Lei 12.704 de 8 de agosto de 2012 que dispõe sobre o Sistema de Ensino Naval (SEN) , no capítulo II em seu artigo 4,º faz referência a abrangência de diferentes níveis e modalidades de ensino, finalidades de cursos e estágios em estabelecimentos de ensino naval,

possibilitando o sistema ser completado por cursos e estágios de interesse da Marinha, conduzidos em organizações extra Marinha, militares ou civis, nacionais ou estrangeiras, levando ao contato com outras instituições o que produz acréscimo de conhecimentos e de novas experiências, possibilitando a capacitação do sistema atingir o estado da arte.

A inclusão de conhecimentos sobre a Síndrome Aguda da Radiação, Síndrome Cutânea da Radiação e dos efeitos clínicos e biológicos causados pelas radiações ionizantes às vítimas expostas deverão fazer parte dos currículos dos Cursos de Aperfeiçoamento e de Residência dos oficiais.

Essa medida irá complementar a formação, particularizando os tipos de tratamento afetos a cada especialidade, farmacêutica, odontológica, médica, clínica ou cirúrgica e de enfermagem, possibilitando na formação desses profissionais militares, maior habilitação para diagnosticar e aplicar tratamentos personalizados em suas especialidades às patologias causadas pela radiação, além de aprimorar o conhecimento teórico básico atual na área nuclear de não especialistas.

Os conhecimentos básicos de Radioproteção deverão também ser ministrados nos cursos citados com a finalidade de capacitar esses militares para atuarem em Emergências Radiológicas.

Para atingir esse objetivo deve ser proposto, dividir a capacitação dos oficiais de saúde na área nuclear em níveis de conhecimento partindo de um nível básico seguindo-se para um nível intermediário e após para um nível avançado.

No Nível básico, todo oficial profissional de saúde deverá estar capacitado em cursos de suporte básico e de suporte avançado de manutenção de vida em emergência para atuar no primeiro atendimento às vítimas.

Curso de Emergência Médica Radiológica Pré Hospitalar que capacita o profissional de saúde para atuar na primeira resposta a situações de uma Emergência

Radiológica, introduz conhecimentos e aspectos básicos da preparação para a resposta.

Curso de Radioproteção, que capacita em noções básicas de física nuclear, identificação de fontes de radiação ionizantes, princípios de proteção radiológica e limite de doses.

O nível intermediário para oficiais deverá ser complementado a capacitação com cursos de Emergências Radiológicas em instituições no país possibilitando novas experiências na área nuclear.

O nível avançado será indicado para oficiais médicos que acrescentarão a capacitação dos níveis básico e intermediário, o Curso de Especialização em Medicina Nuclear do HNMD.

De 2012 a 2016 cursaram no CIAW, no Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Saúde da Marinha (CFO/CSM), 441 alunos, onde foi administrada a disciplina Radioproteção e Resposta Médico Hospitalar em Acidentes Radiológicos e Nucleares que capacitou os oficiais da área de saúde em Radioproteção Básica e na em resposta médico-hospitalar em acidentes radiológicos e nucleares.

No HNMD o Curso expedito de Operações com Fontes de Radiação e Atendimento ao Paciente Irradiado, para oficiais e praças de 2008 a 2017 capacitou 227 praças.

O curso tem o objetivo de capacitar os oficiais e praças em operar equipamentos produtores de radiações ionizantes, cuidados de radioproteção para operadores e executar procedimentos de rotina ou de urgência pertinentes ao paciente irradiado.

Também no HNMD o Curso Especial de Medicina Nuclear para Praças de 2008 a 2017 capacitou 17 militares.

O curso qualifica sargentos enfermeiros já com especialização do Corpo de praças da Armada e do Corpo de Fuzileiros Navais para o exercício de atividades relacionadas com

Medicina Nuclear.

Os profissionais capacitados criam uma reserva de profissionais de saúde para atuarem na operação de fontes ionizantes sendo essa atividade comum em hospitais e OM, mas em exercícios de Emergências Nucleares pela sua própria natureza e pelos recursos empregados ficam restritos a participação de militares da área de saúde atuantes na área nuclear.

É importante a criação de cursos de atualização e reciclagem anuais para os oficiais e praças da saúde que não atuam na área nuclear, com a finalidade de manter militares prontos e bem capacitados para atuarem em uma primeira resposta as Emergências Radiológicas e Nucleares.

O Centro de Medicina Operativa (CMOpM) no ano de 2016 propôs cursos complementares conforme determinado pelas Orientações do Comandante da Marinha (ORCOM/2016) por atuar como ferramenta de capacitação da MB no atendimento pré-hospitalar em cenários NBQR mediante sua programação de adestramentos.

Os cursos propostos caso aprovados pela alta administração naval, terão a finalidade de complementar a capacitação do pessoal de saúde na área nuclear no exterior conforme discriminados a seguir.

Curso de *Radiation Emergency Medicine* a ser realizado no *OaK Ridge Institute for Science and Education* (ORISE) nos Estados Unidos da América (EUA) que irá capacitará o oficial do CSM no âmbito do Subsistema de Medicina Operativa, no reconhecimento e o manejo de vítimas irradiadas ou contaminadas por material radioativo de forma a possibilitar a concepção de protocolos e manuais consistentes, bem como a condução de adestramentos, fundamentais para os novos desafios da Marinha.

Curso de defesa NBQR do Exército Português que irá complementar, atualizar e nivelar conhecimentos com as práticas da Organização dos Tratados do Atlântico Norte

(OTAN) em defesa NBQR o que permitirá a incorporação e novos conhecimentos e tecnologias para a melhoria da qualidade dos adestramentos e cursos ministrados no CMOpM.

O HNMD também recomendou o *US Army Research Institute of Chemical Defense* (USARMICD) nos cursos de *Hospital Management Field, Field Management of Chemical and Biological Casualties*, os quais capacita profissionais de saúde como primeiros respondedores no atendimento pré hospitalar as vítimas de agentes Químicos, Biológicos e Nuclear (QBN) complementando a capacitação dos militares atuantes na Medicina Nuclear

A qualificação em instituições a nível internacional proporciona a atualização dos procedimentos e planejamentos de resposta às emergências.

Cursos nacionais recomendados e solicitados pela Clínica de Medicina Nuclear do HNMD incluídos no Plano de Capacitação de Pessoal (PLACAPE).

Curso – Ações de resposta a Emergências Radiológicas e Nucleares – Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD): realizado por 70% do pessoal tem indicação pela Clínica de Medicina Nuclear do HNMD o adestramento de 100% do pessoal que irá complementar a capacitação na resposta às Emergências Radiológicas e Nucleares atualizando os conhecimentos na área nuclear.

Curso – Radioproteção em Medicina Nuclear – Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) realizado por 14% do pessoal, tem indicação pela Clínica de Medicina Nuclear do HNMD com a finalidade de aprimorar e atualizar os conhecimentos em Radioproteção.

Num futuro próximo será necessário que no Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP) e no Complexo Naval de Itaguaí (CNI) mantenham em sua tripulação pessoal de saúde capacitado no nível intermediário e no HNMD no nível avançado o que possibilitará o cumprimento das missões dessas OM.

No próximo capítulo será descrito o acidente de Goiânia e a atuação do HNMD no

tratamento aos pacientes de nível terciário, as lições aprendidas e as dificuldades que estimularam o aprimoramento da capacitação de saúde na área nuclear.

## **5 A ATUAÇÃO DO HOSPITAL NAVAL MARCÍLIO DIAS NO ACIDENTE RADIOLÓGICO DE GOIÂNIA E AS LIÇÕES APRENDIDAS**

O acidente radiológico de Goiânia é considerado a maior emergência radiológica já ocorrida na história pelas suas características e patologias causadas pela contaminação por contato direto com o elemento radiativo de maneiras ainda não vistas nas proporções em que ocorreram.

Foi um importante marco para o desenvolvimento para a Medicina Nuclear na Marinha, que na ocasião era restrita a um Serviço de Medicina Nuclear, sendo nos dias de hoje uma clínica que capacita médicos do Corpo de Saúde da Marinha com curso de Aperfeiçoamento em Medicina Nuclear.

A referência da Marinha para apoiar o acidente de Goiânia foi devido ao programa Nuclear da Marinha iniciado em 1979 com grandes progressos o que destacou a força nos conhecimentos na área nuclear em todos os setores pertinentes.

A aquisição pelo Instituto Goiano de Radioterapia (IGR) de uma fonte radioativa de Césio 137 por importação para tratamentos de radioterapia para tumores cancerosos foi autorizada pela CNEN em 17 de junho de 1971 por meio da carta CNEN-DFMR-C-102/71.

O instituto funcionou na Santa Casa de Misericórdia na Avenida Paranaíba no centro de Goiânia até o ano de 1985 mudando-se para outro endereço, deixando no prédio um aparelho com a uma fonte de Césio 137, não comunicando a CNEN.

As edificações da Santa Casa foram demolidas, porém algumas salas foram preservadas em ruínas estando contido em uma delas o aparelho com a fonte.

Em 13 de setembro de 1987, dois catadores de materiais metálicos que viviam de revenda desses materiais para depósitos de ferro velho, os catadores R. S. A. de 22 anos e W. M. P. de 19 anos, removeram indevidamente a unidade de cesioterapia que estava desativada

a dois anos nas antigas instalações do IGR, conforme foi registrado em depoimentos da época na Polícia Federal.

Na tentativa de separar o chumbo que servia de blindagem para a fonte radioativa da cápsula selada com ferramentas inadequadas ocorreu uma ruptura do obturador do orifício do colimador, aparato destinado a restringir a área do feixe de radiação composto por uma janela de irídio de um milímetro de espessura, expondo o material radioativo da cápsula, o elemento Césio 137 ao ambiente.

Toda essa operação ocorreu no quintal da residência do catador R. S. A. iniciando o processo de irradiação e contaminação.

Esses fatos tiveram como principal causa a não comunicação a CNEN das condições e local da fonte após a mudança do instituto, assim como a parada da utilização do equipamento em tratamentos de saúde, não dando um destino seguro de todo o material por tratar-se de material radioativo.

A DSM no seu Departamento Técnico Gerencial em sua Sessão de Cadastro Radiológico tem o controle de todas as fontes de radiação ionizantes da MB, tipos de aparelhos industriais ou de saúde, modelo, ano de aquisição, tipo de fonte e de material radioativo contido e sua atividade radioativa.

O departamento é possuidor das cópias dos relatórios da Comissão de Radioproteção da Marinha sobre os aparelhos, a adequação física das instalações onde eles operam e a lista dos aparelhos em atividade sendo de fundamental importância inserir esses conhecimentos nos cursos de capacitação do pessoal de saúde na área nuclear fim dar conhecimento a todos os profissionais sobre esse controle exercido.

Os primeiros sintomas da exposição a radiação ocorreram com o catador W. M. P. no mesmo dia após a ruptura da cápsula e exteriorização do material, três dias após ele buscou assistência médica devido a queimaduras na mão e no braço além de vômitos e diarreia.

Não sendo diagnosticado corretamente recebeu liberação hospitalar para a residência sentindo-se mal por uma semana, porém nesse período chegou a realizar alguns trabalhos nas redondezas.

Em 19 de setembro de 1987 parte da fonte foi vendida ao primeiro depósito de ferro velho o que possibilitou o contato direto com material por mais quatro pessoas o gerente do estabelecimento.

Em 21 de setembro o gerente D. A. F. levou parte da fonte para sua residência.

O azul brilhante do pó luminoso foi usado como peça decorativa e como não havia cheiro e não apresentava alterações de temperatura pareceu ser inofensivo sendo posteriormente distribuído junto com fragmentos da fonte para parentes e amigos.

Em 24 de setembro o irmão do gerente entrou em contato com o Césio e sua filha de seis anos ingeriu o pó de forma voluntária.

A blindagem de chumbo e parte do equipamento foi transportada para outro depósito de ferro velho aumentando a quantidade de pessoas que entraram em contato com o material.

Em 26 de setembro, foi transportado do IGR para um terceiro depósito de ferro velho o cabeçote do aparelho com cerca de 300 Kg ficando o material guardado no interior da residência do gerente I. A. F tendo sua esposa sentido náuseas após algumas horas de exposição.

Em 28 de setembro um funcionário do primeiro ferro velho que havia recebido o material acompanhado da esposa do gerente levou acondicionado em um saco plástico uma peça de ferro retirada da fonte até a Vigilância Sanitária de Goiânia utilizando como transporte um ônibus coletivo urbano expondo o material a mais pessoas.

O funcionário G. G. S. carregou a peça no próprio ombro por duas quadras até o destino. Na chegada a esposa do gerente dirigiu-se a autoridade presente com a seguinte frase

“meu povo está morrendo”.

No mesmo dia o catador W. M. P. foi internado no Hospital de Doenças Tropicais onde após uma pesquisa diagnóstica o médico assistente solicitou a presença de um físico devido a desconfiança de tratar-se aqueles sintomas terem sido causados por um possível contato com material radioativo.

A suspeita diagnóstica foi confirmada somente em 29 de setembro após a avaliação do material apresentado na vigilância sanitária no dia anterior e informado ao Departamento de Instalações Nucleares (DIN) da CNEN.

A percepção das pessoas envolvidas de que o material era a causa dos sintomas somente após 15 dias entre o primeiro contato e o diagnóstico que confirmou a Emergência Radiológica, possibilitou o aumento da área de contaminação e de pessoas.

Animais contaminados foram sacrificados, 42 residências sendo que as 20 mais próximas a fonte tiveram desocupação temporária, 22 eram afastadas do foco.

Devido ao tempo transcorrido foi necessário verificar a possibilidade de contaminação do dinheiro circulante.

Foram monitoradas 10.240.000 notas e identificadas 68 contaminadas, mas a situação de emergência que se impunha não poderia haver falhas que possibilitariam o aumento de pessoas e da área contaminada.

Outro fator preocupante era de que o elemento Césio tem absorção rápida como e excreção por via renal e gastrointestinal se fixando no organismo das pessoas contaminadas.

Por ser solúvel também tem alta dispersão no ambiente como solo e a água, mas as características impermeáveis do solo próximo as áreas em que ocorreram as contaminações restringiram a profundidade comprometida sendo possível remover a terra contaminada.

A preocupação com esses fatores devem ser valorizadas na capacitação dos profissionais de saúde na área nuclear por serem responsáveis pelo agravamento das

emergências, por aumentarem o número de pessoas contaminadas por causa direta ou ambiental, cabendo uma noção complementar de contaminação de água, solo e ar e os meios para detecção e aferimento da radioatividade baseando-se na radiação natural local como parâmetro.

Das 249 pessoas identificadas com contaminação interna ou externa, 49 foram internadas sendo que 21 necessitaram de atendimento médico intensivo e 14 com quadro clínico mais agravado devido à radiodermites (lesões na pele causadas pela radiação) e complicações clínicas como a SAR e a SCR, foram transferidas de Goiânia para o Rio de Janeiro e internadas no HNMD que era o hospital de referência capacitado na época para oferecer tratamento a radioacidentados.

Era a primeira vez que o hospital iria tratar esse tipo de paciente e utilizar sua enfermaria de radioacidentados e seus profissionais capacitados em uma situação real.

A enfermaria era capacitada para internar oito pacientes divididos de dois em dois leitos, tendo que ser envelopada com lençóis plásticos para isolar o contato direto com maçanetas, pisos, cadeiras e ser adequada para receber 14 pacientes..

Algumas áreas do hospital e o mobiliário foram contaminados e posteriormente passados por um processo de descontaminação. Isso ocorreu devido à necessidade de fazer concessões às normas de segurança devido ao pouco tempo para prontificar as incumbências.

A remoção dos pacientes para o HMND teve indicação para diminuir os sintomas da S. A. R., tratar a S. C. R., reduzir os índices de contaminação externa com banhos de descontaminação, tratar as contaminações internas acelerando a eliminação do Césio do organismo dos pacientes e prestar assistência psicológica.

Ao receber os primeiros pacientes a equipe tomou ciência que não se encontrava devidamente preparada para atender aqueles pacientes de forma completa, sendo a equipe auxiliada pela equipe médica de Furnas Centrais Elétricas e por físicos e técnicos em

radioproteção do IRD durante todo o período de internação no HNMD.

O transporte dos primeiros seis pacientes transferidos de Goiânia no dia três de outubro foi realizado por ambulância não envelopada, imprópria para transporte de radioacidentados, as enfermarias também não estavam adequadamente preparadas e o local onde se deu o trânsito dos pacientes da ambulância para a enfermaria também não foi devidamente envelopado e preparado sendo contaminado por onde eles transitaram.

A enfermaria e os materiais que eles manipulavam também foram contaminados por falta de preparo adequado, demonstrando a pouca experiência da equipe composta por um médico chefe do Serviço de Medicina Nuclear, uma enfermeira e quatro praças enfermeiros.

Num segundo tempo com a convocação de outros militares capacitados em Radioproteção que possibilitou a equipe multiprofissional composta por mais de 100 militares esses problemas foram superados e resolvidos, porém outros desafios se apresentaram.

O uso excessivo de toalhas utilizadas após os banhos de descontaminação e a roupa de cama, não podiam ser lavados e esterilizados para serem reutilizados no dia seguinte.

Também o material cirúrgico utilizado no tratamento das radiodermites precisavam ser descontaminados para somente após ser utilizados os materiais.

O atendimento ambulatorial e os exames marcados no Serviço de Medicina Nuclear e clínicas próximas fisicamente foram suspensos.

O hospital observou uma mudança brusca em sua rotina que afetou os tanto pacientes internados quanto os atendidos nos ambulatórios.

Todo material utilizado pelos pacientes radioacidentados era encaminhado para o Instituto de Engenharia Nuclear (IEN) para descontaminação e aqueles que eram considerados inaproveitáveis eram classificados como lixo radioativo sendo acondicionados e descartados apropriadamente.

O material passível de descontaminação retornava ao hospital para ser reutilizado.

Outro problema enfrentado foi a necessidade de adquirir materiais para radioproteção, luvas, gorros, máscaras, rolos de plástico para forração.

Um laboratório de análises clínicas de apoio foi montado próximo à enfermaria de pacientes irradiados.

Outro desafio imposto foi o tratamento de uma paciente com elevado nível de contaminação cujo corpo tornou-se uma fonte de radiação o que impossibilitava a permanência de longos períodos ao seu lado para prestar os cuidados necessários o que exigiu um grande número de profissionais de saúde para poder ser prestados cuidados da forma mais adequada possível.

Também o óbito de dois pacientes apresentou mais um novo obstáculo, não havia caixões fabricados no Brasil com as especificações exigidas de radioproteção. Os corpos foram levados para o necrotério do hospital e acondicionados em lençóis de chumbo.

A CNEN providenciou os dois primeiros caixões e solicitou que a equipe tomasse a medida corporal dos quatro pacientes mais graves. Felizmente só mais dois pacientes foram a óbito.

Os quatro pacientes foram a óbito devido a S. A. R. dois por hemorragia e dois por infecção.

O caso clínico mais grave observado foi da paciente L. S. F. de seis anos devido à contaminação interna por ingestão acidental do pó de Césio 137.

Cerca de três horas após a ingestão apresentou náuseas e vômitos além de uma lesão na região palmar da mão direita.

Evoluiu com estomatite (inflamação na orofaringe), diarreia, hemorragia intestinal, fraqueza, torpor e aplasia de medula, ou seja, diminuição de todas as células e plaquetas do sangue.

A contaminação interna foi tão intensa que o material ingerido por ela irradiava

sua própria medula óssea.

A dificuldade de tratar essa paciente demonstra a necessidade da capacitação a nível hospitalar para toda a equipe assistente e a urgência da situação imposta por essa emergência indica a necessidade de um número elevado de profissionais capacitados para prestarem a assistência.

A paciente L. S. F, evoluiu para óbito em 27 de outubro de 1987 após 27 dias de contaminação que gerou uma dose absorvida de 6,0 Gy.

A Marinha na época capacitava os seus militares de saúde para atuar na área nuclear internamente e alguns oficiais foram capacitados também no Curso de Higiene e Medicina das Radiações Ionizantes por médicos, enfermeiros, físicos e técnicos de radioproteção das Centrais Elétricas de Furnas que foi a base de conhecimentos dos militares profissionais de saúde para atender com profissionalismo e eficiência aos radioacidentados.

Para atingir esse objetivo foi extremamente importante o treinamento ministrado na ocasião pelo pessoal da CNEN e Furnas que demonstra a importância da atualização e reciclagem dos conhecimentos de radioproteção a todos os militares que atuam no CSM.

Para prestar o atendimento aos 14 pacientes vítimas dessa emergência o pessoal necessário empregado foi de mais de 100 militares que formaram uma equipe multidisciplinar.

A AIEA encaminhou o Dr Robert Galé da Universidade da Califórnia (UCLA) para ajudar nas condutas médicas e tratamentos aplicados.

Também veio em nosso auxílio médicos da Alemanha, Argentina e da antiga União Soviética que deram uma contribuição de grande valor colaborando com medicamentos como antibióticos de última geração da época e medicações para imuno depressão (baixa de imunidade), além de equipamentos.

Essa emergência orienta pelas dificuldades observadas quais as condições o

HNMD deve estar preparado para estar apto para o pronto emprego, com edificações adaptáveis para funcionar isoladamente sem prejudicar a rotina do hospital, manutenção de estoque de materiais mínimos para os atendimentos aos radioacidentados, preparo da enfermaria e da montagem de um laboratório auxiliar.

A atualização e reciclagem dos profissionais de saúde em Cursos de Radioproteção atingindo um público mínimo de 100 militares anualmente entre médicos, enfermeiros, cirurgiões dentistas, farmacêuticos e praça especializados na área da saúde irá manter uma reserva de recursos humanos para atuar nas emergências quando necessário.

## 6 CONCLUSÃO

As Emergências Radiológicas têm baixa possibilidade de ocorrer devido os cuidados adotados com a segurança ao se manipular fontes de radiações ionizantes, operar reatores nucleares e manusear material radioativo.

Um Acidente Máximo Postulado (AMP) citado na norma CNEN-NE 1.24 de dezembro de 1991 da Comissão Nacional de Energia Nuclear faz referência a essa condição, mas não a considera como desprezível dando a devida atenção a essas emergências devido a importância dos fatos gerados no ambiente e na sociedade.

Uma Emergência Radiológica causa impactos na economia local, muda por vezes a matriz energética quando envolve uma usina de produção de eletricidade, pode contaminar a água, o ar, alimentos, instalações e residências gerando pânico na população que é desinformada a respeito das contaminações e das radiações ionizantes.

No Brasil a CNEN, autarquia federal, órgão superior de planejamento, orientação, supervisão e fiscalização vinculada ao Ministério de Ciência Tecnologia Inovações e Comunicações (MCTIC), é responsável para fins de análise de segurança.

Mesmo na área de saúde o conhecimento dos profissionais a respeito de Medicina Nuclear, radiações ionizantes, fontes radioativas, tipos de contaminação, síndromes causadas pelos efeitos da radiação, são deficientes ou inexistentes.

Isso ocorre devido à ausência da inclusão nos currículos universitários de alguma matéria relacionada ao uso da energia nuclear e os efeitos causados por radiações advindas de reatores nucleares ou contato direto com elementos radioativos acidentalmente em laboratórios ou após violação de uma fonte.

As informações sobre radiações ficam em geral restritas ao estudo na cadeira de radiologia por um período curto no nível de graduação e não chega a abordar Emergências

## Radiológicas ou Nucleares

Essas deficiências na graduação, principalmente de médicos, enfermeiros e dentistas, especialidades que permanecem por tempos prolongados com os pacientes em cirurgias, exames físicos e cuidados diários devem existir com a inserção desses conhecimentos nos currículos dos cursos de aperfeiçoamento ou residência disponibilizados na Marinha para todos os oficiais.

As noções dos efeitos biológicos causados pela radiação deverão ser ministradas a todas as especializações e também serem abordadas com foco particular por especialidade por todos os cursos de aperfeiçoamento.

O estudo das síndromes e patologias causadas pelas radiações ionizantes por especialidade irá adicionar conhecimento aos oficiais alunos, complementando a formação na especialidade e capacitando esses profissionais para diagnosticar e tratar de forma eficiente radioacidentados vítimas de Emergências Radiológicas ou Nucleares.

O Brasil está dando os primeiros passos na direção da utilização segura da energia nuclear para fins pacíficos.

A Marinha com seu programa nuclear iniciado em 1979 tem apresentado sucessivos resultados positivos no domínio do ciclo de combustível, no desenvolvimento de um reator nuclear para propulsão de submarinos com tecnologia própria com esforço da indústria nacional por ser inviável estrategicamente a dependência de tecnologia de outros países que não compartilham conhecimento e negam o fornecimento de combustível para reatores nucleares inviabilizando os projetos.

A indústria nuclear exige capacitação em todos os setores envolvidos desde do industrial ao de saúde.

Na área da saúde, conhecimentos básicos de radioproteção, física nuclear, classificação dos tipos de emergência envolvendo o uso da energia nuclear ou um possível

ataque terrorista passou a ter grande importância devido ao aumento da possibilidade da ocorrência de uma emergência, visto as inúmeras atividades desenvolvidas pelo PNM e pelo PROSUB.

A capacitação em Radioproteção Básica deverá abranger a formação de todos os militares oficiais e praças da área de saúde criando recursos humanos suficientes para caso seja preciso possa se convocar esses recursos para atuar na resposta as Emergências Radiológicas.

Deverá ser criado um programa de atualização e reciclagem em Radioproteção Básica para todos os militares da área de saúde de forma rotativa e constante com cursos anuais atingindo um público de 100 militares, oficiais e praças divididos em turmas nos dois semestres.

Deverá ser propostos cursos na CNEN ou estudos para complementar a capacitação dos profissionais de saúde especializados em Radiologia e em Medicina Nuclear para adquirir conhecimentos teóricos para avaliar a segurança das instalações nucleares por meio de inspeções de saúde aos moldes das inspeções realizadas hoje pela Comissão de Radioproteção o que garantirá a permanência do pessoal nas instalações nucleares de terra e futuramente em meios navais.

Deverão ser alocados recursos na medicina operativa para a aquisição de material de radioproteção utilizados nos cursos de capacitação de pessoal assim como criar um estoque de materiais permanentes para uso imediato nas Emergências Radiológicas.

Estimular a capacitação do pessoal em instituições fora da Marinha, no Brasil e no exterior com a finalidade de acrescentar novos conhecimentos, protocolos de atendimento, novas experiências e atualizar condutas melhorando os cursos de capacitação ministrados na força, proporcionando um aprendizado contínuo de nossos instrutores preparando a medicina operativa para capacitar e atuar de forma eficiente e eficaz na resposta às Emergências

Radiológicas.

Propor a Diretoria Geral do Pessoal da Marinha (DGPM) a criação de um capítulo na DGPM – 406 7ª revisão, Normas para Inspeções de Saúde na Marinha específicas para Inspeções de Saúde em radioacidentados e em pessoal que trabalha em OM com instalações nucleares complementando o ANEXO ZULU.

A atuação do HNMD na Emergência Radiológica de Goiânia demonstrou a importância da capacitação básica em radioproteção, sendo disponibilizado em pouco tempo uma equipe multidisciplinar com mais de 100 militares (ROCHA, 2008).

A rotina do hospital foi alterada devido à necessidade do uso exclusivo pelos pacientes radioacidentados de materiais, instalações, laboratório.

Centro Cirúrgico teve que preparar uma sala de cirurgia exclusiva para o tratamento cirúrgico dos pacientes com SCR.

Todo material utilizado nos pacientes teve que ser inspecionado pelo Instituto de Engenharia Nuclear para ser descartado ou autorizado o uso novamente.

O funcionamento do ambulatório do Serviço de Medicina Nuclear e adjacentes foram interrompidos devido à proximidade com a enfermaria dos radioacidentados.

Foi necessário a CNEN fornecer caixões com blindagem próprios para os pacientes contaminados que foram a óbito num total de quatro.

As lições aprendidas com a Emergência Radiológica de Goiânia deverão ser estudadas com a finalidade de propor soluções para as dificuldades observadas.

O aumento das instalações da enfermaria de radioacidentados propondo o aumento do número de leitos, criação de um laboratório auxiliar exclusivo para atender os pacientes radioacidentados a criação de um paiol de material permanente com material cirúrgico para tratamento das radiodermites, lençóis plásticos para revestimento e envelopamento de ambulâncias e demais materiais adequado para tratamento tornar o setor

independente do uso das instalações e com isso não prejudicar as rotinas do hospital.

As propostas do autor a serem estudadas são dirigidas ao Subsistema Assistencial, Subsistema Operativo e Subsistema Pericial, visto a grande demanda de desafios que a utilização segura da energia nuclear para fins pacíficos trouxe e que criará uma nova Marinha.

A incorporação aos meios navais de um submarino de propulsão nuclear irá exigir capacitação em radioproteção do pessoal de saúde embarcado para identificar possíveis efeitos deletérios causados pela radiação em tempo hábil para evitar maiores períodos de exposição, contribuindo para o cumprimento da missão do submarino no combate às ameaças impostas no Atlântico Sul de forma mais eficiente, proporcionando maior presença e controle da Amazônia Azul.

## REFERÊNCIAS

Áustria. International Atomic Energy Agency. Preparedness and Response for a nuclear or Radiological Emergency. Safety Standards Series N° GS-R-2 2002, Viena.

Áustria. International Atomic Energy Agency. **Organization and Staffing of the Regulatory Body for Nuclear Facilities**. Safety Guide. Safety Standards Series No GS.G-11. 2002, Viena.

ÁUSTRIA. International Atomic Energy Agency. Recruitment Qualification and Training of personal for Nuclear Power Plants. Safety Guide No NS G 2.8. Viena 2002

BRASIL. Eletrobrás/Eletronuclear. CNEN. Manual de ações médicas em emergências radiológicas 2010, Rio de Janeiro.

BRASIL. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. História da Energia Nuclear. Apostila Educativa. Rio de Janeiro.

ÁUSTRIA. INTERNACIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Criteria for use in preparedness and response for a nuclear or radiological emergency. IAEA, Viena, 2011.

BRASIL. Estratégia Nacional de Defesa. Brasília, DF. Disponível em: <[http://www.defesa.gov.br/projetosweb/estrategia/arquivos/estrategia\\_defesa\\_nacional\\_portugues.pdf](http://www.defesa.gov.br/projetosweb/estrategia/arquivos/estrategia_defesa_nacional_portugues.pdf)>. Acesso em: 14 Jun 2017.

BRASIL. Marinha do Brasil. Diretoria Geral de Pessoal da Marinha. DGPM 406 7ª Rev, Normas Reguladoras para Inspeções de Saúde na Marinha. Rio de Janeiro, 2017.

BRASIL. Diretoria de Ensino da Marinha. Currículo do Curso Especial de Medicina Nuclear para Praças (C-ESP-MEDNUR-PR), Rio de Janeiro, 2006a.

BRASIL. Currículo do Curso de Formação de Oficiais (CFO), Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. Currículo do Curso de Aperfeiçoamento em Medicina Nuclear (C-AP-MEDNUCL), Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. Currículo do Curso de Formação de Oficiais (CFO) e Estágio de Aplicação de Oficiais (EAO), Rio de Janeiro, 2014.

BRASIL. Currículo do Curso Especial de Medicina Operativa para Praças (C-ESP-MEDNUR-PR), Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. Diretoria de Saúde da Marinha. Norma Técnica DSM 4004. Manual de resposta médica em ações nucleares, biológicas, químicas e radiológicas associadas ou não ao uso de explosivos, Rio de Janeiro, 2011.

BRASIL. Hospital Naval Marcílio Dias. Ordem Interna 13-02 da Clínica de Medicina Nuclear. Dez., Rio de Janeiro, 2015.

BRASIL. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN). P. Mazzilli Bárbara *et al.*; Noções básicas de proteção radiológica, Rio de Janeiro, 2002.

BRASIL. Marinha do Brasil. Diretoria do Patrimônio Histórico e Documentação da Marinha. Acidente radioativo com o Césio 137 a participação da Marinha no atendimento as vítimas.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e do Trabalhador. Plano de contingência para emergência em saúde pública por agente químico, biológico, radiológico e nuclear. Brasília, 2014.

BRASIL. Plano de Contingência para Emergência em Saúde Pública por Agentes Químicos, Biológicos, Radiológico e Nuclear. Brasília, 2014.

BRASIL. Senado Federal. Comissão Parlamentar de Inquérito. ALVES. Rex Nazaré. Relatório de Inquérito Parlamentar do Acidente Radiológico de Goiânia, Brasília, 1988.

BRASIL. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. CNEN – NN- 3.01, Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. CNEN - 09/84, Rio de Janeiro Dez, 1984.

GONZALES. Abel. J. Crônicas. Boletim. Organização Internacional de Energia Atômica. Mar 1996.

BRASIL. ROCHA. Sônia Fonceca. Revista Navigator. Edição especial, Rio de Janeiro, 2008.

BRASIL. Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo-CTMSP. Página oficial. Disponível em: <[HTTPS://www.mar.mil.br/ctmsp](https://www.mar.mil.br/ctmsp)>. Acesso em 14 ago.2017.

BRASIL. DIRETORIA GERAL DE PESSOAL DA MARINHA. DGPM 402. Normas sobre radioproteção, cadastramento e descadastramento de pessoal e de fonte de radiação ionizante. Rev 2. Rio de Janeiro, 2006c.

BRASIL. Decreto 2.864, de 7 de dezembro de 1998. Promulga o Tratado sobre não Proliferação de Armas Nucleares, assinado em Londres, Moscou e Washington em 1º de julho de 1968. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 08 Dez. 1991. Seção 1, p. 42.

Brasil. Lei 12.704, de 08 de agosto de 2012. Altera a lei 11.279,, de 9 de fevereiro de 2006, que dispõe sobre ensino na Marinha. Diário oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 09 Ago 2012.

Couto, Marcelo de Araújo. Apresentação do DSM ao DGPM – Visitec /2012. Arquivo Powerpoint. Rio de Janeiro 2012

FRANÇA, Junia Lessa; VASCONCELLOS, Ana Cristina. Manual para normalização de publicações técnico-científicas. Belo Horizonte: UFMF, 2007.



