

IPEN/GRR–REL– 03/19

CATEGORIA DISTRIB: A

**Tipologia, Causas e Consequências de Acidentes
Radiológicos na Radiologia Médica.**

Andréia Vilela do Nascimento

Andressa de Jesus Rocha Dias

Eliana Rodrigues Leite

Roberto Vicente

Fevereiro/2019

Gerência de Rejeitos Radioativos
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
Comissão Nacional de Energia Nuclear
São Paulo

IPEN/GRR-REL- 03/19

CATEGORIA DISTRIB: A

**Tipologia, Causas e Consequências de Acidentes
Radiológicos na Radiologia Médica.**

Andréia Vilela do Nascimento

Andressa de Jesus Rocha Dias

Eliana Rodrigues Leite

Roberto Vicente

Fevereiro/2019

Gerência de Rejeitos Radioativos
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
Comissão Nacional de Energia Nuclear
São Paulo

Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN

Presidente: Paulo Roberto Pertusi

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Ipen-Cnen/SP

Superintendente: Wilson Aparecido Parejo Calvo

Serviço de Gerência de Rejeitos Radioativos - SEGRR

Gerente: Júlio Takehiro Marumo

A Gerência de Rejeitos Radioativos é o departamento do Ipen-Cnen/SP que tem como Missão promover a gestão segura dos rejeitos radioativos gerados no Brasil, dentro dos princípios éticos de proteção ao homem e ao meio ambiente. O objetivo da gestão dos rejeitos radioativos é assegurar um nível adequado de proteção à população e às gerações futuras e a preservação do meio ambiente, protegendo, além do Homem, as outras espécies e os recursos naturais.

A GRR presta serviços de gestão de rejeitos aos usuários de materiais radioativos das áreas industrial, médica e outras. Desenvolve atividades de pesquisa e desenvolvimento conduzidas no sentido de se aprimoramento dos métodos, técnicas e estratégias de gestão para reduzir custos e melhorar a segurança no tratamento dos rejeitos. As atividades de P&D estão voltadas para as áreas de caracterização, tratamento e deposição final. Além disso, a GRR participa das atividades de ensino, formação e treinamento nas diversas áreas de aplicação da tecnologia nuclear.

O presente relatório técnico foi elaborado para divulgar, da forma mais ampla possível, as informações contidas nos resultados das atividades de pesquisa e desenvolvimento da GRR, para a administração do Estado, comunidade acadêmica, e público em geral.

Comentários e sugestões sobre este ou outros relatórios da GRR são bem vindos e devem ser dirigidos a:

GRR – Ipen-Cnen/SP

Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária

CEP 05508-000 – São Paulo, SP

Fone: 11 3133-9745

Abril/2016

Página do Ipen-Cnen/SP na Internet: <http://www.ipen.br>

Página da CNEN na Internet: <http://www.cnen.gov.br>

Sugestão de referência deste relatório:

NASCIMENTO, Andréia Vilela. DIAS, Andressa de Jesus Rocha, LEITE, Eliana Rodrigues, VICENTE, Roberto.

Tipologia, Causas e Consequências de Acidentes Radiológicos na Radiologia Médica. Ipen-Cnen/SP, Outubro de 2018. (GRR-REL-03/19).

Palavras chave: medical radiology, ionizing radiation, acidentes.

NOTA: Nem o Ipen-Cnen/SP nem a GRR dão garantias, expressas ou implícitas, da exatidão, completeza ou utilidade de quaisquer informações, produtos ou processos descritos neste relatório, ou de que seu uso não infrinja direitos privados. A referência neste relatório de qualquer produto comercial, processo ou serviço pelo nome comercial, marca ou fabricante não constitui nem implica necessariamente a recomendação ou favorecimento pelo GRR ou pelo Ipen-Cnen/SP.

As conclusões e pontos de vista apresentados neste relatório são do autor.

Para cópias deste documento, contatar:

Biblioteca Terezine Arantes Ferraz

Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária

CEP 05508-000 – São Paulo, SP. Fone: 11 3133-9094

bibl@ipen.br

Para contatos sobre o conteúdo:

Roberto Vicente

Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária

CEP 05508-000 – São Paulo, SP. Fone: 11 3133-9758

rvicente@ipen.br

RESUMO

Tipologia, Causa e Consequências de Acidentes Radiológicos na Radiologia Médica.

Neste trabalho, foram analisados 116 acidentes em radiologia médica, que aconteceram de 1960 até 2016. Um acidente em radiologia médica é definido como um evento cujas consequências são consideradas relevantes do ponto de vista da saúde e que acontece devido a erros do operador, falha do equipamento ou outros percalços envolvendo fontes de radiação, ocorridos durante procedimentos de radiologia médica. Para prevenir tais ocorrências, ter preparo adequado e diminuir o tempo de resposta a eventuais acidentes futuros é importante que se conheça as causas, desdobramentos, procedimentos de detecção, intervenção, consequências e principalmente as lições aprendidas pelos envolvidos na resposta aos acidentes do passado.

ABSTRACT

Medical Radiology Accidents: Causes, Consequences and Prevention.

In this work, 116 accidents in medical radiology that occurred between 1960 and 2016 were analyzed. An accident in medical radiology is defined as an event whose consequences are considered significant from the point of view of health, that happens due to operator errors, equipment failure or other mishaps involving radiation sources, and that occurs during medical radiology procedures. To prevent them and to be prepared for future accidents, it is important to know the causes, the unfolding events, the detection and intervention procedures, the consequences and the lessons learned by those involved in the response to the past accidents.

Sumário.

Tipologia, Causas e Consequências de Acidentes Radiológicos na Radiologia Médica.

1.	Introdução.....	07
2.	Método.....	10
3.	Resultados e Discussão.....	11
4.	Conclusão.....	14
5.	Apêndice.....	16
6.	Anexo 1: Acidentes Radiológicos Área Médica 1960 á 2016.....	20
7.	Anexo 2: Fotos dos Acidentes Área Médica.....	71
	Referências.....	74

I. INTRODUÇÃO

Desde que as fontes de radiação ionizante de origem antropogênica começaram a ser utilizadas de forma rotineira a partir de 1896, acidentes relevantes ocorreram. Devido ao deslumbramento frente à descoberta capaz de visualizar internamente o corpo humano, se iniciou um período em que o uso excessivo e, num intervalo de tempo relativamente pequeno, surgiram efeitos nocivos resultantes da exposição à radiação ionizante. Por exemplo, em 1896, um operário de Chicago sofreu fratura de tornozelo e o médico decidiu empregar a recém-descoberta radiografia. Porém, para obtenção da imagem com qualidade razoável foram necessárias várias exposições, causando dano no tecido que desenvolveu necrose, seguida de amputação do membro. Considera-se este um acidente de sobre-exposição ao paciente decorrente de erro médico causado por manejo e conhecimento insuficiente da radiação ionizante. Acidentes em que há sobre-exposição do paciente, em níveis cujas consequências imediatas são relevantes à saúde, ou seja, acidentes em que os efeitos determinísticos podem estar presentes são o objeto de estudo do presente trabalho. [1,2].

É importante que o técnico e o tecnólogo em Radiologia, assim como o resto da equipe multidisciplinar que cuidam dos pacientes, tenham, durante a sua formação, tempo dedicado aos acidentes, suas causas e sua prevenção. Esse tema é, contudo, raramente abordado de forma integrada e focada nas causas e na prevenção. Vários textos da literatura especializada registram acidentes radiológicos, alguns com compilações bastante extensas. Outros dão uma descrição detalhada de vários deles. Um exame dessa literatura, contudo, mostra que estão mesclados acidentes nucleares, acidentes com fontes industriais, acidentes em pesquisa e desenvolvimento e acidentes da radiologia médica e mostra, também, que os relatos são, em grande parte, incompletos. [3, 4, 5].

O objetivo da presente investigação é inventariar e descrever os acidentes relatados na literatura, com o objetivo de desenvolver uma ferramenta educacional que possa ajudar a criar uma cultura de segurança entre aqueles envolvidos na radiologia médica e proteção radiológica, nas instalações de serviços de saúde. A expectativa é que uma melhor educação poderá contribuir para diminuir a ocorrência de novos acidentes.

A segunda, mas ainda significativa consequência esperada desta investigação, é que um aumento da discussão sobre acidentes em radiologia médica, tanto no ambiente

clínico e hospitalar, como no acadêmico, possa chamar a atenção para o problema da subnotificação dos acidentes. Há, pelo menos um, exemplo de evento que fez manchetes nos jornais e que não aparece em nenhum registro oficial. É, portanto, válido assumir que nem todos os acidentes foram levados à atenção das autoridades e, possivelmente, indicando que alguns acidentes nem sequer foram reconhecidos. Diversos acidentes ocorreram e ocorrem para os quais apenas uma lista curta e abreviada dos dados mais importantes está disponível. É possível, então, concluir que nem todos os fatos foram divulgados a um público mais amplo.

O terceiro objetivo é promover o princípio da transparência, com a crença de que quanto mais os acidentes são tornados públicos em uma área altamente regulada e segura, como são as aplicações das radiações ionizantes, se conquista uma maior confiança pública nessas aplicações.

No uso das radiações ionizantes, é imprescindível garantir a proteção radiológica do trabalhador, do indivíduo do público e da população em geral, no sentido de que as exposições sejam adequadas aos limites de doses estabelecidas. Isso se aplica aos profissionais e ao público em geral, por meio do monitoramento de níveis de radiação, funcionamento de dispositivos de segurança, calibração de equipamentos, verificação de integridade de blindagens e, também, análise de desempenho de equipamentos em uso, principalmente os antigos e ainda em operação. O objetivo é evitar a ocorrência de acidentes que possam causar efeitos biológicos determinísticos e, em operação normal, diminuir a probabilidade de que ocorram efeitos estocásticos [6].

Porém, acidentes envolvendo radiações ionizantes ocorrem. Alguns acidentes conduziram a sérios eventos de exposição à radiação. Outros podem ter ocorrido, mas ainda não foram relatados ou não puderam ser confirmados [6].

Um acidente radiológico é definido como um evento, cujas consequências não podem ser consideradas irrelevantes do ponto de vista da saúde e da segurança, que é decorrente de erro humano, erro de operação, falha de equipamento ou outros percalços envolvendo as fontes de radiação, e ocorre durante os procedimentos de radiodiagnóstico. [7].

Identificar um acidente radiológico pode ser demorado, pois a latência de lesões e danos pode levar a um falso diagnóstico, comprometendo o reconhecimento da situação acidental e sua causa. [8].

Estudos foram e são realizados para aprimorar o uso desta tecnologia no diagnóstico, mas infelizmente exposições acidentais de pacientes durante os procedimentos podem acontecer, no mundo todo. Sob certo ponto de vista, até a simples repetição de uma radiografia devido a erros de posicionamento ou falhas de operação do equipamento pode ser considerada uma exposição acidental. Este, contudo, não é o objeto do presente estudo, porquanto, embora muito frequente e indesejável, não representa um risco sério e imediato à saúde do paciente, e será investigado em outro projeto de pesquisa voltado para a avaliação de possíveis efeitos estocásticos da exposição acidental da população. [9,10,11,12]

O uso da radiação no radiodiagnóstico teve aumento significativo nas últimas décadas e, de maneira simultânea, a sobre exposição acidental de pessoas, causando mortes, lesões e complicações severas. Graves acidentes parecem aumentar com a expansão tecnológica, especialmente os que envolvem pacientes. Infelizmente nem sempre os acidentes são imediatamente reconhecidos, permanecendo desconhecido o número real de acidentes e sem conduta de prevenção.

Muitos acidentes acontecem ao redor do mundo, por isso há a necessidade de um alerta quanto ao manuseio das radiações ionizantes, diminuindo impacto no profissional, paciente e público. Parece ser necessária uma ampliação do conhecimento dos profissionais sobre normas, portarias etc. aderindo a uma cultura de segurança eficaz, capaz de sinalizar e prevenir novas ocorrências.

Os conhecimentos de proteção radiológica pelos operadores, médicos e paramédicos são fundamentais tanto na utilização mais correta e segura dos equipamentos como na aplicação dos fundamentos de radioproteção, para preservar a saúde da equipe profissional, além do público, pacientes e meio ambiente. [13].

O profissional em radiologia, juntamente com a equipe multidisciplinar de cuidado à saúde, necessita de uma cultura de segurança estabelecida, garantindo protocolos de execução mais ajustados e seguros, com um ensino avançado em radioproteção e segurança, radio-higiene, aliados a programas educativos além da formação usual, assegurando eficácia e excelência no reconhecimento de ocorrências.

Em muitos acidentes, a notificação foi lenta e, por vezes, omitida por órgãos responsáveis, como tentativa de minimizar a apreensão e medo dos profissionais, pacientes, público e até a mídia, agindo sem transparência na identificação, ampliação das ações e correção no ocorrido.

II. MÉTODOS

Os acidentes de radiologia médica, de interesse relevante para a descrição, foram identificados, inicialmente, a partir de compilações publicadas sobre acidentes radiológicos e nucleares, de forma a inventariar o maior número possível de ocorrências relatadas. Foram utilizados os mecanismos de busca disponíveis nos indexadores de literatura técnica-científica, tais como, LILACS, IBECs, MEDLINE, SCIELO, INIS e outros, ou na Web, utilizando palavras-chave como acidente, radiação, exposição etc. e suas combinações de álgebra booleana para formular expressões de busca.

Cada referência bibliográfica recuperada foi analisada quanto à sua relevância e aquelas selecionadas foram encomendadas aos serviços de cópia de documentos, pelo acesso a documentos SCAD, catálogo coletivo de bibliotecas por intermédio da Biblioteca do IPEN, ou pela recuperação de documentos em arquivos digitais via Internet.

Cada documento foi analisado e as informações relevantes foram classificadas e incluídas num banco de dados criado em uma planilha Excel. Informações adicionais que foram consideradas necessárias para completar a caracterização dos acidentes foram buscadas na literatura especializada.

O trabalho foi complementado por meio de análises estatísticas dos dados e apresentação dos resultados em tabelas e gráficos que sintetizam as informações de modo a permitir aos interessados a visualização dos dados sob o aspecto desejado: tipo de fonte, causas dos acidentes, número de envolvidos, ordem cronológica, país e região, características semelhantes, etc.

Por fim, este relatório descreve o trabalho e seus resultados.

Oportunamente, trabalhos com os resultados da pesquisa foram escritos para publicação em revistas especializadas e em eventos científicos da área.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados e relatados 116 casos em eventos e exposições acidentais de pacientes e trabalhadores durante procedimentos de diagnósticos em radiologia médica. Infelizmente existe omissão de órgãos e agências competentes no cuidado em informar fatos relativos às radiações ionizantes, tanto quanto na divulgação consistente e irrestrita sobre acidentes, pois, sabe-se, a falta de dados e registros impossibilitou uma maior abrangência deste estudo.

A análise estatística dos dados recuperados da literatura permite às partes interessadas analisar o inventário de acidentes por diferentes aspectos, como a cronologia, as causas dos acidentes, as aplicações utilizadas na ocorrência e o tipo de fonte, e, também, país ou região de ocorrência, como já citado.

A Figura 1 mostra o número de acidentes selecionados (116) por ano e o número correspondente de vítimas. A Figura 2 mostra as causas dos acidentes, conforme relatado na literatura. É importante ressaltar que o grande número de "causas não especificadas", que aparece no gráfico, se deve a um único relatório recuperado na literatura, mencionando acidentes na antiga União Soviética, para os quais existem poucas informações disponíveis, e que foi a única fonte de dados encontrada.

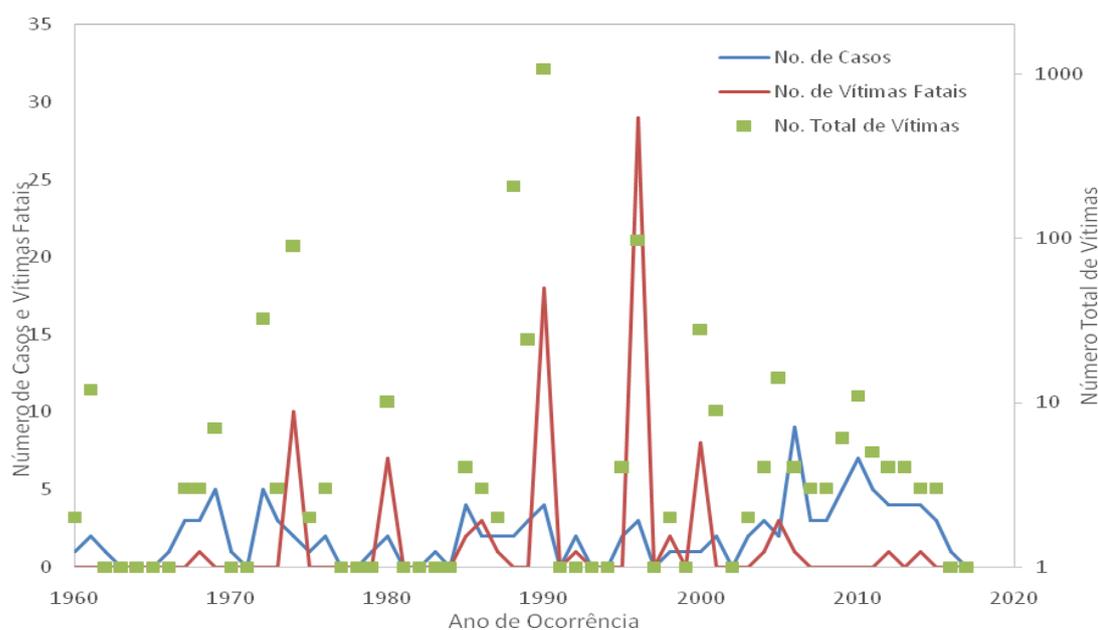


Figura 1 - Número de acidentes por ano (linha azul) e número de vítimas fatais (linha vermelha), ambos no eixo esquerdo; número total de vítimas (pontos verdes), escala no eixo direito.

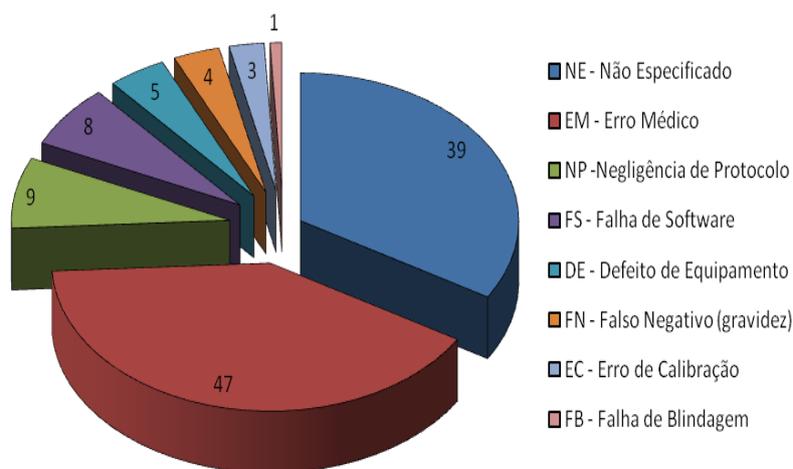


Figura 2 - Causas de acidentes em radiologia médica. Os erros médicos incluem erros de médicos e físicos médicos, principalmente na aplicação de braquiterapia.

Em relação ao tipo de fonte envolvida nos acidentes, a figura 3 mostra as fontes de radiação que foram divulgadas nos relatórios recuperados. Novamente, a categoria não especificada refere-se à falta de informação ou a relatórios com incongruências, por exemplo, referência a um radionuclídeo não existente como fonte de radiação. A categoria de raio-X convencional inclui os acidentes de tomografia.

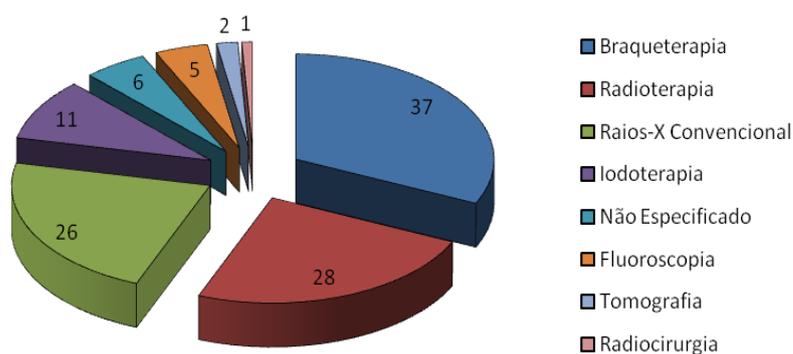


Figura 3 - Acidentes ocorridos entre 1960 e 2016, versus Aplicações

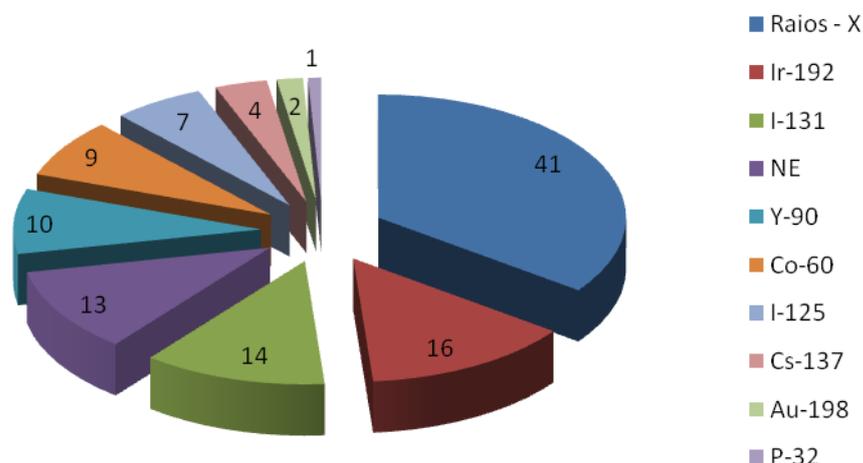


Figura 4 - Acidentes ocorridos entre 1960 e 2016 versus Fonte

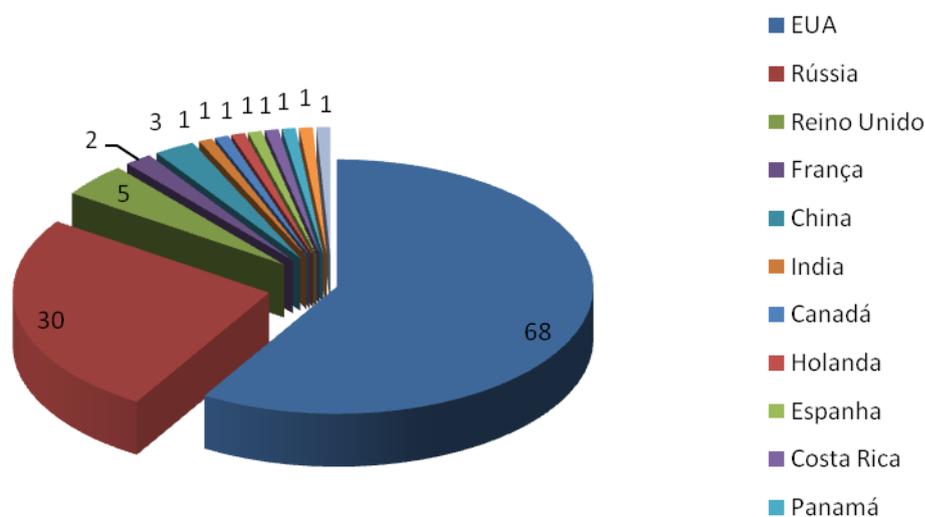


Figura 5 - Número de casos por país ou região.

O grande número de acidentes relatados nos EUA é, provavelmente, o resultado de três fatores: a grande população, serviços de radiologia acessíveis e, talvez, o mais importante, um sistema efetivo de notificação. No entanto, esses números são aqueles recuperados nesta fase do trabalho e é altamente provável que os números reais difiram porque nem todos os relatórios puderam ser encontrados. Também é importante notar que um acidente como o acidente de Goiânia, que envolveu uma fonte usada em radiologia médica (teleterapia), não foi contabilizado aqui porque as vítimas não eram pacientes do serviço de radiologia e, em vez disso, foi considerado um acidente envolvendo fontes orfãs, o qual é relatado em outro trabalho [14, 15].

IV. CONCLUSÃO

O número de acidentes que foi apresentado neste trabalho foi obtido pela análise da literatura publicada. Embora não seja muito alto quando comparado com acidentes em empreendimentos de outras áreas, esse número pode indicar que a ação de autoridades e organizações da área de radiologia é necessária, principalmente, porque parece que esse número poderia ser reduzido por ações simples. Uma dessas ações é a educação e o treinamento contínuo dos profissionais de radiologia, um objetivo que está na motivação do presente trabalho, com a visão de que pode ajudar na criação de uma cultura de segurança em muitas organizações. Essa intenção pode, também, ajudar a divulgar informações para aumentar a segurança dos profissionais na radiologia.

Reconhece-se que o tema dos acidentes em radiologia médica é raramente incluído no programa de formação, e em programas de treinamento, de cursos de radiologia básica ou avançada, portanto, uma compilação de eventos, que são significativos para esse fim, foi analisada e resumida neste trabalho. Também foi reconhecido que existe um banco de dados limitado de acidentes e as condições em que eles ocorreram.

A implementação de uma cultura de segurança é um objetivo importante a ser perseguido pelas organizações e pode ser parcialmente alcançado por meio da melhoria dos canais de informação e do conhecimento dos participantes da área de radiologia sobre os perigos e riscos envolvendo o uso de radiações ionizantes, através de redes sociais na web, intranets e outros meios.

É necessário também o esforço concentrado na mobilização dos atores institucionais responsáveis, instituições universitárias, sociedades internacionais e autoridades de saúde para promover novas oportunidades de educação e formação. Essas incluem a aprendizagem no local de trabalho por meio da orientação, treinamento, educação continuada e mudanças nos currículos dos profissionais atuantes na área, sejam eles médicos, paramédicos, tecnólogos e técnicos para assim permitir que os trabalhadores obtenham reconhecimento e certificação profissionais. Os programas de educação e formação serão reforçados em consequência do melhor aproveitamento dos materiais disponíveis e poderão desenvolver, adaptar e traduzir programas de treinamento adequados às necessidades. As práticas potencialmente inseguras podem resultar em riscos de radiação para os pacientes, Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOEs) e público devido à força de trabalho mal

qualificada. Novas tecnologias estão sendo introduzidas, são necessárias, novas questões de segurança e soluções. É preciso abordar adequadamente questões como a infra-estruturar, equipamentos, força de trabalho e programas de controle de qualidade.

APÊNDICE 1.0

PLANILHA DE ACIDENTES RADIOLÓGICOS NA ÁREA MÉDICA							
CASOS	ANO	PAÍS	MODALIDADE	MORTES	LESÕES	FONTE	REFERÊNCIAS
1	1960	EUA	Raios - X convencional	0	2	Raios X	1, 4
2	1961	Rússia	Não Especificado	0	1	Co-60	1, 5
3	1961	Inglaterra	Raios - X convencional	0	11*	Raios X	1
4	1962	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5
5	1966	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5
6	1967	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5
7	1967	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5
8	1967	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5
9	1968	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5
10	1968	EUA	Radioterapia	1	0	Au-198	1, 7, 8
11	1968	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5
12	1969	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5
13	1969	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5
14	1969	Rússia	Não Especificado	0	3	Cs-137	1, 5
15	1969	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5
16	1969	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5
17	1970	Rússia		0	1	Co-60	1, 5
18	1972	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5

19	1972	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5
20	1972	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5
21	1972	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5
22	1972	P.R. China	Radioterapia	0	28	Co-60	1, 11
23	1973	Rússia	Não Especificado	0	1	Co-60	1, 5
24	1973	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5
25	1973	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5
26	1974	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5
27	1974	EUA	radioterapia	10	78	Co-60	1,7,8,12,13,14
28	1975	Rússia	Não Especificado	0	2	Co-60	1, 5
29	1976	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5
30	1976	EUA	Fluoroscopia	0	2	Raios X	1, 16
31	1979	Rússia	Não Especificado	0	1	Co-60	1, 5
32	1980	Índia	Radioterapia	0	3	NE	15
33	1980	EUA	Radioterapia	7	0	Y-90	1, 7, 17, 18
34	1983	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5
35	1985	EUA	Radioterapia	0	1	Raios X	1, 14
36	1985	Canadá	Radioterapia	1	0	Raios X	1, 14
37	1985	China	Radioterapia	1	1	Au-197/NE	1
38	1985	P.R. China	Radioterapia	0	3	Cs-137	1
39	1986	EUA	Radioterapia	1	0	Raios X	1, 14
40	1986	EUA	Radioterapia	2	0	Raios X	1, 7, 14, 17
41	1987	EUA	Radioterapia	1	0	Raios X	1
42	1987	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5
43	1988	Holanda	Radioterapia	0	1	Raios X	1, 20
44	1988	Reino Unido	Radioterapia	0	207*	Co-60	1, 14
45	1989	Reino Unido	Braquiterapia	0	22*	Cs-137	14
46	1989	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5
47	1989	Rússia	Raios - X convencional	0	1	Raios X	1, 5
48	1990	Reino Unido	Radioterapia	0	1045*	Raios X	14

49	1990	EUA	Fluoroscopia	0	1	Raios X	1, 21
50	1990	EUA	Radioterapia	0	1	I-131	1
51	1990	Espanha	Radioterapia	18	9	NE	1, 19, 22
52	1992	EUA	Braquiterapia	1	0	Ir-192	1, 14, 19,22
53	1992	EUA	Iodoterapia	0	1	I-131	1
54	1995	EUA	Fluoroscopia	0	3	Raios X	1, 16
55	1995	EUA	Iodoterapia	0	1	I-131	1
56	1996	EUA	Fluoroscopia	0	1	Raios X	2, 24, 25
57	1996	EUA	Fluoroscopia	0	1	Raios X	16
58	1996	Costa Rica	Radioterapia	29*	68*	Co-60	1, 19, 22, 26
59	1998	EUA	Iodoterapia	2	0	I-131	1, 27
60	1999	EUA	Radioterapia	0	1	I-131	1, 27
61	2000	Panamá	Radioterapia	8	20	NE	1, 28, 29
62	2001	Rússia	Raios - X convencional	0	4	Raios X	1, 5
63	2001	Polônia	Radioterapia	0	5	NE	1,3
64	2003	EUA	Radioterapia	0	1	NE	1, 31
65	2003	EUA	Iodoterapia	0	1	I-131	1, 31
66	2004	EUA	Braquiterapia	0	3	Cs-137	1, 32
67	2004	EUA	Iodoterapia	0	1	I-131	1, 33
68	2004	França	Radioterapia	1	0	NE	1
69	2005	França	Radioterapia	3	13	NE	1, 34
70	2005	EUA	Iodoterapia	0	1	I-125	55
71	2006	Escócia	Radioterapia	1	0	NE	1,35,36,37,38,39, 40,41,42,43
72	2006	EUA	Iodoterapia	0	1	I-131	1, 33
73	2006	EUA	Braquiterapia	0	0	I-125	33
74	2006	EUA	Braquiterapia	0	1	Ir-192	32
75	2006	EUA	Iodoterapia	0	1	I-131	32
76	2006	EUA	Braquiterapia	0	1*	I-125	32
77	2006	EUA	Braquiterapia	0	1	Ir-192	
78	2007	EUA	Braquiterapia	0	1	I-125	52
79	2007	EUA	Iodoterapia	0	1	I-131	52
80	2007	EUA	Iodoterapia	0	1	I-131	52
81	2008	EUA	Tomografia	0	1	Raios X	1, 44, 45, 46
82	2008	EUA	Braquiterapia	0	1	Ir-192	53
83	2008	EUA	Radiocirurgia	0	1	Raios X	53
84	2009	EUA	Braquiterapia	0	1	I-125	54
85	2009	EUA	Braquiterapia	0	1	Ir-192	54
86	2009	EUA	Braquiterapia	0	1	I-125	54
87	2009	EUA	Tomografia	0	2*	Raios X	1, 47, 48
88	2009	EUA	Iodoterapia	0	1	I-131	54
89	2010	EUA	Braquiterapia	0	4	I-125	55
90	2010	EUA	Braquiterapia	0	1	NE	55

91	2010	EUA	Braquiterapia	0	1	Ir-192	55
92	2010	EUA	Braquiterapia	0	2	F-32	55
93	2010	EUA	Braquiterapia	0	1	Ir-192	55
94	2010	EUA	Braquiterapia	0	1	Y-90	55
95	2010	EUA	Braquiterapia	0	1	Ir-192	55
96	2011	EUA	Braquiterapia	0	1	Y-90	56
97	2011	EUA	Braquiterapia	0	1	Y-90	56
98	2011	EUA	Iodoterapia	0	1	I-131	56
99	2011	EUA	Braquiterapia	0	1	Ir-192	56
100	2011	EUA	Braquiterapia	0	1	Ir-192	56
101	2012	Brasil	Radioterapia	1	0	NE	50, 51
102	2012	EUA	Braquiterapia	0	1	NE	57
103	2012	EUA	Braquiterapia	0	1	NE	57
104	2012	EUA	Braquiterapia	0	1	Ir-192	57
105	2013	EUA	Iodoterapia	0	1	I-131	58
106	2013	EUA	Braquiterapia	0	1	Ir-192	58
107	2013	EUA	Braquiterapia	0	1	Y-90	58
108	2013	EUA	Braquiterapia	0	1	Y-90	58
109	2014	EUA	Braquiterapia	0	1	Y-90	59
110	2014	EUA	Braquiterapia	0	1	Ir-192	59
111	2014	EUA	Braquiterapia	1	0	Y-90	59
112	2014	EUA	Braquiterapia	0	1	Ir-192	59
113	2015	EUA	Braquiterapia	0	1	Ir-192	60
114	2015	EUA	Braquiterapia	0	1	Ir-192	60
115	2015	EUA	Braquiterapia	0	1	Y-90	60
116	2016	EUA	Braquiterapia	0	1	Y-90	61

Anexo 1: Acidentes Radiológicos Área Médica 1960 á 2016

Caso 1: 8 de março de 1960

Localização: Lockport, Nova Iorque, EUA

Tipo de evento: Exposição Acidental à Fonte de Raios X

Descrição: No laboratório Lockport de Nova York, dois pacientes sofreram exposição acidental aos raios-X devido a um tubo sem blindagem. Nos dois casos a maior parte da exposição ocorreu na cabeça e no dorso em aproximadamente 1000 rad. Foram analisadas amostras de urina imediatamente após a coleta. As amostras foram cedidas pelos médicos que tratavam dos pacientes que sofreram feridas causadas por excesso de radiação ionizante acidental. As amostras coletadas tiveram baixo nível de excreção de creatinina; os pacientes tiveram uma pequena elevação, mas como as amostras só foram disponíveis no quinto dia após a exposição é possível que o período máximo de creatinina não tenha sido estudado.

Consequências: 2 lesões.

Caso 2: 20 de março de 1961

Localização: Moscou, Rússia, URSS

Tipo de evento: Incidente com Radiação Ionizante

Descrição: Um Incidente com radioisótopo, instalação de raios-X ou uma fonte de cobalto-60 causou uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 3: 1961

Localização: Plymouth, Reino Unido

Tipo de evento: acidente radiográfico

Descrição: Sobre-exposição de raios-X causou lesões localizadas em, possivelmente, 11 indivíduos.

Consequências: 11 ferimentos?

Caso 4: 6 de Fevereiro de 1962

Localização: Moscou, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente em Instalação de Raios-X

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-x causando uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 5: 11 de Junho de 1966

Localização: Kalunga, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente na Instalação de Raios-X

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-x causando uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 6: 15 de Abril de 1967

Localização: Frunze, Quirguistão, URSS

Tipo de evento: Acidente na Instalação de Raios-X

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-x envolvendo exposição á radiação produziu uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 7: 24 de Maio de 1967

Localização: Moscou, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente na Instalação de Raios-X

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-x que envolveu exposição ocasionando uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 8: 9 de Dezembro de 1967

Localização: Moscou, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente na Instalação de Raios-X

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-x que envolveu exposição aos raios-x acarretou uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 9: Maio de 1968

Localização: Moscou, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente na Instalação de Raios-X

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-x que envolveu exposição à radiação ionizante causando uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 10: 1 de agosto de 1968

Localização: Winsconsin, Estados Unidos

Tipo de evento: acidente de Radioterapia

Descrição: Um paciente foi morto após uma dose de '400-500 rads' (4 – 5 Gy) na medula óssea durante uma varredura do fígado. Duas fontes bibliográficas dão a localização como Wisconsin e outra como Argonne Hospital perto de Chicago, Illinois.

Consequências: 1 morte.

Caso 11: 20 de Setembro de 1968

Localização: Moscou, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente na Instalação de Raio-X

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-x que envolveu exposição à radiação ocasionando uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 12: 2 de Janeiro de 1969

Localização: Moscou, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente na Instalação de Raios-X

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-x que envolveu exposição à radiação ionizante causando uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 13: 13 de Outubro de 1969

Localização: Moscou, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente na Instalação de Raios-X

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-x que envolveu exposição à radiação ionizante causando uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 14: 24 de Novembro de 1969

Localização: Novomoskovsk, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente com Radioisótopo ou Raios-X

Descrição: Um acidente de radiação com radioisótopo ou na instalação de raios-X envolvendo uma fonte de Césio-137 causando três ferimentos. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 3 lesões.

Caso 15: 20 de Dezembro de 1969

Localização: Moscou, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente na Instalação de Raios-X

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-X que envolveu exposição ocasionando uma lesão, nada discriminado foi encontrado em bancos de dados sobre este acidente, o conhecimento do evento foi obtido através de uma pesquisa bibliográfica citada através de tabela.

Consequências: 1 lesão.

Caso 16: 1969

Localização: Moscou, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente na Instalação de Raio-X

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-X que envolveu exposição á radiação acarretou uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 17: 13 de Fevereiro de 1970

Localização: Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente com Radioisótopo ou Raios-X

Descrição: Um acidente de radiação com radioisótopo ou na instalação de raios-X envolvendo uma fonte de cobalto-60 causando uma lesão com sintomas de síndrome da radiação aguda. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 18: 31 de Março de 1972

Localização: Moscou, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente na Instalação de Raios-X

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-x que envolveu exposição á radiação ionizante causando uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 19: Junho de 1972

Localização: Moscou, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente na Instalação de Raios-X

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-X que envolveu exposição à radiação acarretou uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 20: 4 de Outubro de 1972

Localização: Moscou, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente na Instalação de Raios-X

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-X que envolveu exposição à radiação ionizante causando uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 21: 22 de Dezembro de 1972

Localização: Irkutsk, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente na Instalação de Raios-X

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-X que envolveu exposição à radiação acarretou uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 22: Dezembro de 1972

Localidade: Wuhan, P. R. China

Tipo de evento: acidente com fonte

Descrição: Uma fonte de cobalto-60 saiu de posição no aparelho e permaneceu assim durante 16 dias. A fonte tinha uma alta atividade. No ocorrido, 20 pacientes e 8 trabalhadores foram expostos a doses variando de '5 a 245 rads' (0,05 a 2,45 Gy).

Consequências: Pelo menos uma lesão.

Caso 23: Março de 1973

Localização: Kaliningrado, Moscou, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente na Instalação de Raios-X

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-x que envolveu exposição á radiação ocasionando uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 24: Abril de 1973

Localização: Moscou, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente na Instalação de Raios-X

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-x que envolveu exposição á radiação ionizante causando uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 25: 26 de Julho de 1973

Localização: Elektrogorsk, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente com Radioisótopo ou Raios-X

Descrição: Um acidente de radiação com radioisótopo ou na instalação de raios-X envolvendo uma fonte de cobalto-60 causando uma lesão com sintomas de síndrome da radiação aguda. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 26: 9 de Janeiro de 1974

Localização: Novosibirsk, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente na Instalação de Raios-X

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-x que envolveu exposição à radiação ionizante causando uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 27: 1974-1976

Localização: Riverside Methodist Hospital, Columbus, Ohio, EUA

Tipo de evento: Acidente de Radioterapia

Descrição: O acidente envolveu 426 pacientes que eram tratados com uma unidade de teleterapia com fonte de cobalto-60, entre 1974 a 1976. O acidente ocorreu em um período de 16 meses, durante esse período a taxa de dose nesses pacientes foi subestimada, o erro ocorreu devido a uma calibração baseada em uma curva de decaimento errônea sem a devida calibração periódica posterior. O resultado disso foi uma sobre exposições de 10% nos primeiros 5 meses para 50% nos 16 meses após a calibração inicial. As taxas de doses variam entre 50 Gy a 90 Gy. O físico médico responsável falsificou documentos para ocultar o erro. O problema só foi descoberto pelos consultores externos trazidos pelo hospital para investigar as sobre exposições aparentes de alguns pacientes. Dos 426 pacientes tratados nos 16 meses antes da identificação do problema, 300 morreram no prazo de um ano após o início do tratamento e 88 sobreviveram, mas tiveram complicações graves imediatas relacionadas aos locais irradiados; 10 mortes foram atribuídas à sobre exposição.

Consequências: 10 mortes, 78 lesões.

Caso 28: 20 de Junho de 1975

Localização: Kazan, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente com Radioisótopo ou Raios-X

Descrição: Um acidente de radiação com radioisótopo ou na instalação de raios-X envolvendo uma fonte de cobalto-60 causou duas lesões com sintomas de síndrome aguda de radiação. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 2 lesões.

Caso29: Março de 1976

Localização: Moscou, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente na Instalação de Raios-X

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-x que envolveu exposição á radiação ionizante causando uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 30: 1976 ?

Localização: USA

Tipo de evento: Acidentes com Fluoroscopia

Descrição: Ocorreram duas lesões graves durante o procedimento de fluoroscopia. Segundo a referência, não há detalhes sobre o que ocasionou o acidente ou o local do mesmo, apenas sabe-se que um dos pacientes recebeu uma dose estimada de 22 Gy durante uma angiografia, no outro foi estimada uma dose de 58 Gy durante a colocação de um marca-passo.

Consequências: 2 lesões, não relatado ocorrência de morte

Caso 31: 1 de Dezembro de 1979

Localização: Semipalatinsk, Cazaquistão, URSS

Tipo de evento: Acidente com Radioisótopo ou Raios-X

Descrição: Um acidente de radiação com radioisótopo ou na instalação de raios-X envolvendo uma fonte de cobalto-60 causou uma lesão com sintomas de síndrome da radiação aguda. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesões.

Caso 32: 1980

Localização: Lidihana, Índia

Tipo de evento: Defeito no equipamento.

Descrição: Um defeito no equipamento fez com que o mercúrio vazasse através do obturador.

Consequência: 3 pessoas envolvidas (não se confirmou se as pessoas envolvidas eram pacientes ou trabalhadores); sem relato de lesões ou óbitos.

Caso 33: 1980

Localização: Houston, Texas, USA

Tipo de evento: acidente de radioterapia

Descrição: Acidente envolvendo Ítrio-90 na terapia de medicina nuclear que causou 7 mortes.

Consequências: 7 mortes.

Caso 34: 27 de Janeiro de 1983

Localização: Moscou, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente na Instalação de Raios-X

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-x ocasionando uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 35: 3 de Março de 1985

Localização: Centro Oncológico Regional de Kennestone, Marietta, Geórgia, EUA

Tipo de evento: Acidente de radioterapia

Descrição: Um defeito de software que controlava o acelerador de radiação Therac-25 resultou numa sobre exposição a um paciente. Uma mulher de 61 anos recebeu uma dose localizada de 15.000 a 20.000 rads e relatou dor imediatamente. Os operadores não reconheceram o acidente até que a mulher desenvolveu queimaduras severas da radiação, requerendo eventualmente a remoção de uma mama e causando o prejuízo permanente.

Consequências: 1 lesão.

Caso 36: 26 de Julho de 1985

Localização: Hamilton, Ontario, Canadá

Tipo de evento: Acidente de radioterapia

Descrição: Um defeito de Software que controlava o acelerador de radiação Therac-25 resultou numa sobre exposição a uma paciente. Uma mulher de 40 anos de idade que tratava de câncer de colo do útero recebeu uma dose localizada de 130 a 170 Gy. O aparelho já possuía um histórico de mau funcionamento e como o display da máquina indicava “sem dose”, os operadores já acostumados com a situação reiniciaram a máquina cinco vezes. O acidente não foi reconhecido até que a mulher voltou à clínica com queimaduras por radiação em 29 de julho. A paciente morreu em 3 de novembro de 1985. Por meio da autópsia foi descoberto que mesmo se a vítima tivesse sobrevivido seria necessário à substituição de todo o quadril.

Consequências: 1 morte.

Caso 37: 1985

Localização: P.R. China

Tipo de evento: acidente de radioterapia

Descrição: Um acidente envolvendo radioterapia com ouro-197 causou doses internas nocivas a 2 pessoas.

Consequências: 1 morte, 1 lesão.

Caso 38: 1985

Localização: P.R. China

Tipo de evento: acidente de radiação

Descrição: Um acidente envolvendo céσιο-137 resultou em doses de 800 a 1.000 rem para 3 pessoas.

Consequências: 3 lesões.

Caso 39: Setembro 1985 a Janeiro 1986.

Localização: Yakima Valley Memorial Hospital, Yakima, Washington, EUA

Tipo de evento: Acidente de radioterapia

Descrição: Um defeito de Software que controla o acelerador de radiação Therac-25 resultou em superexposição nos pacientes. Houve dois incidentes no local, cada um

com um desfecho diferente. O primeiro caso ocorreu em setembro de 1985, onde uma mulher desenvolveu eritemas em uma porção do lado direito de seu quadril. No final a lesão foi associada ao uso de compressa quente, embora tenha sido cogitado que as bandejas de bloqueio do Therac-25 pudessem ter sido a causa da lesão. Um ano depois, um segundo caso de superexposição acarretou queimaduras e ulcerações crônicas na pele de um paciente, que não foram reconhecidas como lesões por radiação até que outra lesão ocorreu em 1987. A cirurgia foi realizada, mas a paciente veio a falecer.

Consequências: 1 lesão, 1 morte.

Caso 40: 21 de Março e 11 de Abril de 1986.

Localização: Centro de Câncer do Leste do Texas, Tyler, Texas, EUA.

Tipo de evento: Acidente de radioterapia

Descrição: Um defeito de software que controla o acelerador de radiação, semelhante ao Therac-25, resultou em superexposição em dois pacientes. Um paciente do sexo masculino foi sobre-exposto no dia 21 de março, com uma dose entre 165 a 250 Gy na parte superior das costas, do lado esquerdo enquanto estava posicionado em decúbito ventral o paciente relatou que havia recebido “um choque elétrico ou como que alguém houvesse derramado café quente nas suas costas”. Ele sentiu uma batida e um calor e ouviu um barulho proveniente do aparelho. Como ele já havia realizado outras sessões de radioterapia, ele sabia que o que havia acontecido não era normal, e ao tentar sair da mesa o operador disparou uma segunda vez. Neste momento o paciente sentiu que “seu braço havia sido chocado por eletricidade e que sua mão estava deixando seu corpo”. Depois disso ele saiu da sala e foi examinado por um médico que constatou um eritema intenso sobre a área que seria tratada. Durante as semanas subsequentes ele perdeu a função do seu braço esquerdo, teve náuseas e vômito, vindo a falecer 5 meses após o acidente. O segundo paciente, também do sexo masculino, recebeu uma exposição excessiva no rosto em 11 de abril que produziu queimaduras imediatas na pele, entrou em coma e faleceu em 1 de maio devido a irradiação no cérebro e tronco cerebral.

Consequências: 2 mortes.

Caso 41: 17 de Janeiro de 1987

Localização: Yakima Valley Memorial Hospital, Yakima, Washington, EUA

Tipo de evento: Acidente de radioterapia

Descrição: Um defeito de software que controla o acelerador de radiação Therac-25 resultou em superexposição aos pacientes. Um paciente do sexo masculino foi sobre exposto a uma dose localizada estimada em 8-10 Gy, imediatamente relatando dor e queimaduras na pele. O paciente, apesar de câncer terminal, morreu em abril de complicações relacionadas com a superexposição.

Consequências: 1 morte.

Caso 42: 19 de Fevereiro de 1987

Localização: Moscou, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente na Instalação de Raios-X

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-x que envolveu exposição á radiação causando uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 43: 1988

Local: Dr. Daniel den Hoed Cancer Center, Roterdão, Holanda

Tipo de evento: Acidente de radioterapia

Descrição: O paciente que tratava de câncer de próstata recebeu uma dose localizada de 10 a 20 Gy. O caso ocorreu com um acelerador da GE CGR – Sagittaire, que estava sendo utilizado no local a mais de dez anos e estava passando por problemas técnicos. O paciente estava sendo tratado desde agosto de 1988 e, em setembro, ao ser examinado foi notada a presença de eritema. Concluíram que “um acidente havia acontecido”. O acelerador foi levado para mais investigações e, depois de 3 meses, com base em experimentos, concluíram que uma fuga de radiação de 4 Gy por minuto durante o tratamento poderia ter sido a causa da lesão.

Consequências: 1 lesão

Caso 44: 1988

Localização: Royal Devon and Exeter Hospital, Exeter, Grã-Bretanha, Reino Unido

Tipo de evento: Acidente de radioterapia

Descrição: Devido a um erro de calibração com uma unidade de radioterapia houve uma sobre dose de 25% em cerca de 207 pacientes expostos.

Consequências: Desconhecidas.

Caso 45: 1988 a 1989

Localização: Reino Unido

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Vinte e dois pacientes foram envolvidos nesse acidente devido a um erro de identificação da fonte de Césio-137 (-20 a +10% erro dosimétrico).

Consequências: Desconhecidas.

Caso 46: 20 de Março de 1989

Localização: Moscou, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente na Instalação de Raios-X

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-x que envolveu exposição á radiação ionizante causando uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 47: 30 de Outubro de 1989

Localização: Moscow, Rússia, URSS

Tipo de evento: Acidente na instalação de raios-x

Descrição: Um acidente em uma instalação de raios-x que envolveu exposição á radiação ionizante causando uma lesão. Nenhuma informação foi encontrada na pesquisa bibliográfica sobre esse caso; somente uma menção ao evento foi obtida numa tabela com acidentes na antiga União Soviética.

Consequências: 1 lesão.

Caso 48: 1982 a 1990

Localização: Reino Unido.

Tipo de evento: Acidente de Radioterapia

Descrição: Esse acidente foi causado por um erro do planejamento de tratamento dos pacientes. Embora a instalação utiliza-se de um sistema computadorizado para o planejamento de tratamento, a pessoa responsável pelo planejamento o fazia manualmente. O profissional não percebeu que mesmo fazendo os cálculos de distância foco-pele o software da máquina o fazia automaticamente, fazendo com que o ajuste fosse feito duas vezes. Não se fazia controle de qualidade, fazendo com que somente em 1991 fosse descoberto o erro. Este acidente ocasionou uma exposição de 5% a 35% mais baixa do que a prescrita nos 1045 pacientes envolvidos no ocorrido. Destes pacientes, 492 foram avaliados com possíveis efeitos adversos como resultado da subexposição, enquanto 189 não foi possível saber se o evento causaria algum tipo de efeito. Os efeitos da subexposição foram específicos para cada tipo de tumor. Por exemplo, para câncer de pulmão a taxa de sobrevivência é tão pequena com radioterapia e outros tratamentos que a sobrevida não foi afetada; entretanto, para pacientes com os câncer de bexiga ou próstata, uma redução de 20% de dose pareceu resultar em um redução de 50% na chance de cura em 5 anos. Para pacientes com estágio II de carcinoma do colo de útero houve uma redução na taxa de cura de 60 a 65% para 46%.

Consequências: Não relatado.

Caso 49: 29 de Março de 1990

Localização: Estados Unidos

Tipo de evento: Acidente por fluoroscopia

Descrição: Um paciente do sexo masculino foi submetido a vários procedimentos de fluoroscopia duas angiografias coronarianas, durante um período de tempo. Aproximadamente um mês mais tarde a pele tornou-se avermelhada em suas costas, desenvolvendo eventualmente uma pequena área ulcerada. A dose localizada provavelmente ultrapassou 20 Gy.

Consequências: 1 lesão.

Caso 50: 19 de Junho de 1990

Localização: Havaí, Honolulu, Estados Unidos

Tipo de evento: exposição de recém-nascido através da amamentação

Descrição: Uma paciente que tratava de tumor na tireóide, não comunicou a médica administradora que estava amamentando sua filha de 18 dias, isso foi atribuído a uma falha de comunicação entre o médico de diagnóstico e o médico que administrou o tratamento, e a falha da equipe para fazer com que a paciente preenchesse um questionário apropriado e falha da paciente em informar que estava amamentando. Em 19 de Junho, a paciente recebeu um tratamento com iodo-131 oral de 5 mCi. Cerca de 12 horas após o tratamento, a paciente retomou a amamentação da criança. Durante o tratamento em 21 de Junho, o médico identificou a absorção de iodo-131 nas mamas e reconheceu o risco para a criança. O bebê foi trazido e descobriu-se ter significativa contaminação da tireóide; A dose estimada para a tireóide do bebê foi de 30.000 rads com uma dose de 17 rads para todo o corpo. Estimou que a criança perdesse a tireóide sem maiores danos.

Consequências: 1 lesão.

Caso 51: 10 a 20 de Dezembro de 1990

Localização: Espanha

Tipo de evento: Acidente de radioterapia

Descrição: Devido a um mau funcionamento em um acelerador linear 27 pessoas sofreram superexposição. O acelerador é semelhante ao Therac-25 envolvido em vários acidentes nos Estados Unidos e no Canadá (Johnstone). Durante 10 dias os pacientes receberam doses de três a sete vezes maiores do que as doses prescritas (J-C Nenót 2009), acarretando no desenvolvimento de lesões no pulmão, orofaringe e na medula óssea. Os sinais de lesão por radiação foram observados em 26 de Dezembro, e a primeira morte ocorreu possivelmente pouco tempo depois. Em 28 de fevereiro de 1991, três pacientes morreram e outros sete morreram em 31 de março de 1991. As autoridades espanholas hesitaram em divulgar detalhes do acidente, mas buscaram ajuda externa no início de 1991. Um total de dezoito pacientes morreram (Johnstone). Contudo, como os pacientes envolvidos no acidente recebiam tratamento para o combate ao câncer em seus estágios mais severo é difícil precisar a causa real da morte dos mesmos.

Consequências: 18 mortes, 9 lesões.

Caso 52: 16 a 21 de Novembro de 1992

Localização: Pensilvânia, EUA.

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Uma paciente de 82 anos morreu depois de voltar de um pós-tratamento de braquiterapia sem ter a fonte de irídio-192 removida. Esta fonte em particular tinha uma atividade de 16 GBq, já a dose prescrita era de 18 Gy em três frações. Foram usados cinco cateteres no procedimento, houve dificuldade em colocar a fonte no quinto cateter o que ocasionou na não remoção, tal fato não foi reconhecido, uma vez que a equipe não conseguiu realizar as verificações necessárias. Quatro dias depois da morte da paciente, uma enfermeira do lar dos idosos, local onde a paciente havia retornado após a sessão de braquiterapia, jogou um cateter contendo a fonte no coletor de descarte, o alarme na entrada da instalação foi o que alertou os trabalhadores do local. No final, 94 pessoas foram expostas a radiação incluindo a equipe médica, a enfermeira do lar de idosos, trabalhadores de empresas de eliminação de resíduo e outras áreas; suas doses não foram elevadas o suficiente para acarretar nenhum dano significativo.

Consequências: 1 morte.

Caso 53: 1992

Localização: San Antonio, Texas, EUA

Tipo de evento: acidente com Iodoterapia

Descrição: Um paciente sofreu uma sobre dose de iodo-131 durante o tratamento. Não há mais detalhes sobre o evento.

Consequências: 1 lesão.

Caso 54: Janeiro de 1992 a Outubro de 1995.

Localização: não especificado

Tipo de evento: Exames de Fluoroscopia

Descrição: Foram relatados três casos entre os anos de 1992 e 1995. Não há informações se os casos ocorreram no mesmo local, apenas relata-se que houve três casos de lesões durante intervenções hepáticas e biliares, colangiografia percutânea

seguida por vários procedimentos de angioplastia renal. Um caso de angioplastia renal e biliar ocasionou em uma lesão tão grave que foi necessária a realização de enxerto. Detalhes dos outros casos não foram publicados.

Consequências: 3 lesões

Caso 55: 1995

Localização: Tyler, Texas, EUA

Tipo de evento: Acidente com Iodoterapia

Descrição: Um paciente sofreu uma sobre dose de iodo-131 durante o tratamento. Não há mais detalhes sobre o evento.

Consequências: 1 lesão.

Caso 56: 1996 entre 2000

Localização: Western Pensilvânia Hospital, EUA

Tipo de evento: Acidente com Fluoroscopia

Descrição: Caso com data indeterminada, um paciente do sexo masculino de aproximadamente 57 anos, após o teste de esforço físico exames de varredura com radionuclídeos no coração foram interpretadas como indicação de isquemia miocárdica, o paciente foi submetido ao procedimento de angioplastia coronariana. Ao encontrar três áreas distintas de estenose na artéria circunflexa esquerda, o cardiologista procedeu a realizar a dilatação com balão stenting e aterectomia rotacional adjuvantes devido à obstrução e endurecimento de sua artéria. O procedimento durou longo tempo, envolvendo 173 minutos de tempo de fluoroscopia e várias imagens cinefluorográficas, o cardiologista teve sucesso em seu procedimento e houve restabelecimento do bom fluxo arterial. Cinco meses depois, o paciente teve outro desconforto no peito e novamente procurou o cardiologista identificando grau de estenose na parte anterior esquerda da artéria descendente. Em novo e demorado procedimento que envolveu mais 74 min de fluoroscopia, tempo este capaz de escopa mais de 2700 imagens. Na conclusão do procedimento, o cardiologista ficou satisfeito por ter obtido um excelente resultado angiográfico. Dentro de 24 horas após o segundo procedimento o paciente retornou a unidade com dor e eritema envolvendo a pele abaixo sua escápula direita. Nos próximos 5 meses a pele afetada passou a ulcerar e logo depois necrosar. Eventualmente, o paciente sofreu enxerto extensivo de pele. Um

ano depois, o paciente levantou uma ação judicial contra o médico cardiologista, alegando que o cardiologista havia sido negligente ao usar uma quantidade excessiva de fluoroscopia durante os procedimentos de angioplastia. A fluoroscopia não só causou graves queimaduras na pele, mas também aumentou a probabilidade de desenvolver câncer de pulmão no futuro. O paciente também acusou que ele não tinha sido informado pelo cardiologista antes das angioplastias que os procedimentos poderiam causar queimaduras na pele e eventual risco de efeitos estocásticos e possível desenvolvimento de câncer de pulmão. O caso prosseguiu para júri. Um físico médico retido pelo advogado estimou que durante o primeiro procedimento o paciente recebeu uma dose total de pele combinada da fluoroscopia e cinefluorografia de 27-43 Gy (2700-4300 rad). O físico estimou que a dose total recebida tanto da fluoroscopia e cinefluorografia durante o segundo procedimento foi 8-13 Gy (800-1300 rad). O físico concluiu que a dose total de pele claramente excedeu os limiares conhecidos por resultar no tipo de lesão sofrida pelo paciente, particularmente havia, sem dúvida, sobre exposição. Na conclusão do julgamento, o júri concluiu que o réu o cardiologista tinha sido negligente e era responsável pelos danos sofridos pelo paciente. O júri concedeu ao paciente US\$ 1 milhão em compensação.

Consequências: 1 lesão.

Caso 57: 1996

Localização: Estados Unidos

Tipo de evento: Acidente com Fluoroscopia

Descrição: Foram relatados doze acidentes no ano de 1996, porém não há relatos detalhados sobre o local de todos os casos na bibliografia encontrada.

Entretanto, sabe-se que nesses dozes casos os pacientes encontravam-se em idades variadas de 7 a 50 anos e que os procedimentos variaram entre 45 e 190 minutos. Apenas um paciente precisou de um segundo procedimento depois de um intervalo de 11 meses. Foram estimadas as doses em três pacientes sendo elas em uma faixa de 11 a 20 Gy. A causa das altas doses foi apontada como dificuldades do procedimento, posição desfavorável do braço do paciente e problemas no equipamento.

Consequências: Não especificado, apenas sabe-se que houve casos de eritemas, formação de bolhas, descamações de pele e ulcerações.

Caso 58: 22 de Agosto a 27 de Setembro de 1996

Localização: San José, Costa Rica

Tipo de evento: Acidente de radioterapia

Descrição: Este acidente envolveu 115 pacientes, incluindo crianças, e é considerado até hoje uma tragédia nacional.

Erros na calibração da fonte de cobalto-60 – no aparelho Alcyon II — resultaram em uma exposição de 50-60% maior do que a prescrita; o erro foi devido à confusão na unidade de tempo, segundo versus minuto. O equívoco só foi descoberto quando os primeiros pacientes começaram a apresentar sintomas inerentes à superexposição.

Um fato interessante de ser mencionado é que, antes do acidente, o hospital estava tendo problemas nos resultados das auditorias de qualidade dosimétricas TLD da IAEA, desde 1977, por isso foi designado um especialista para avaliar a situação do hospital. A avaliação ocorreu de 8 a 19 de Julho de 1996, o profissional descobriu que não foram mantidos nenhum registro sobre a calibração dos feixes de radiação, e que não havia informação disponível no equipamento usado, nas condições de trabalho vigentes, os protocolos de determinação de dose seguidos, os resultados obtidos ou o cálculo no chamado rendimento (jargão para taxa de dose absorvida) em um programa de computador escrita intencionalmente para calcular o tempo (IAEA 1998). A primeira análise mostrou que o valor do rendimento era usado tanto para o cálculo de dose de profundidade de percentagem e para o cálculo da relação tecido-ar, vale ressaltar que quando o especialista informou o ocorrido ao médico responsável pelo setor de dosimetria o responsável pareceu surpreso e também cético (IAEA 1998) justificando que se fosse verdade os exames clínicos mostrariam.

Dos 42 pacientes que morreram até 7 de Julho de 1997, três morreram provavelmente como resultado direto da exposição à radiação e quatro mais tarde de causa contributiva. Vinte e dois morreram provavelmente de sua doença e não de exposição à radiação. Dos pacientes sobreviventes quatro sofreram consequências severas, dezesseis tiveram efeitos mais graves, vinte e seis tiveram efeitos menores e vinte dois não tiveram efeitos.

Consequências: 7 mortes, 81 lesões.

Caso 59: 6 de Outubro de 1998

Localização: Kansas, Missouri, EUA

Tipo de evento: Acidente com iodoterapia

Descrição: Foi administrada a uma paciente uma dose de 5,75 GBq de iodo-131 para tratamento de câncer na tireoide que posteriormente descobriu-se estar grávida. O exame foi feito antes do resultado do teste de gravidez, que depois de 3,5 horas após a administração do iodo deu resultado positivo para gravidez da paciente. A mulher foi aconselhada a aumentar a ingestão de líquidos para liberar iodo livre de seu sistema. O tempo de gestação foi estimadamente de 13,5 semanas; gravidez geminar. A dose estimada para cada feto era de 0,38 Sv de corpo inteiro e mais de 2.000 Sv para cada tireoide fetal. Foi estimada a mulher que os bebês enfrentaram um aumento de 30% na chance de microcefalia, aumento de 20-50% na chance de câncer na infância, maior chance de retardo mental, além de perda de glândulas tireóideas. A mulher fez um aborto, baseando-se nas informações que lhe foram passadas. Este acidente foi causado devido à falta de conversa entre os profissionais. O médico responsável que pediu o teste de gravidez e não informou ao profissional, que acreditando na paciente, pensou que a mesma não estivesse grávida, seguindo, assim, com os procedimentos com o iodo-131.

Depois do ocorrido o hospital tomou medidas de prevenção como, procedimentos de iodoterapia com dosagens iguais ou maiores de 7,4 MBq, para serem realizadas, devem ser acompanhadas de teste de gravidez em 24 horas antes da administração.

Consequências: 2 terminações fetais.

Caso 60: 4 de Agosto de 1999

Localização: Houston, Texas, EUA

Tipo de evento: Acidente de radioterapia

Descrição: Dois pacientes asiáticos de meia-idade estavam aguardando a realização de seus procedimentos de radioterapia, quando o paciente programado para o tratamento com iodo-131 saiu da sala de espera. O tecnólogo pediu ao paciente restante que confirmar-se seu nome, data de nascimento e tipo de tratamento, para o qual o paciente não proficiente em inglês respondeu "sim". O tratamento foi administrado incorretamente, resultando em uma dose de 22.000 rad para a tireóide, uma chance avaliada de 85% de perda de função da tireóide, e uma exigência para a reposição hormonal..

Consequências: 1 lesão.

Caso 61: Agosto de 2000 a 24 de Março de 2001

Localização: Panamá

Tipo de evento: Acidente de radioterapia

Descrição: Antes do acidente que será relatado é importante salientar que um médico oncologista solicitou a modificação no sistema de tratamento computadorizado usado para calcular blocos de blindagem durante os tratamentos de radioterapia. O sistema que permitia o uso máximo de quatro blocos passaria a atuar com cinco, mas isto acarretou em erros de doses; se o tratamento fosse feito com o tempo calculado pelo computador o paciente receberia uma dose um pouco menor do que a prescrita. Isto foi percebido e aceito como uma solução temporária, já que a dose era próxima à da prescrição, embora fosse insatisfatório. Foi essa insatisfação que fez com que em Agosto de 2000 a equipe desenvolvesse outro método que assegurasse o uso dos cinco blocos. Neste método o físico digitalizava os blocos seguindo um *loop* com as fronteiras internas dos blocos, este método foi usado mesmo quando não havia necessidade do uso dos cinco blocos. Isto fez com que o tempo de exposição do tratamento dobrasse.

Já que o procedimento não foi relatado por escrito o método foi replicado com diferenças para alguns pacientes. Embora os pacientes tenham apresentado alguns sintomas como diarreia prolongada em Novembro do mesmo ano, somente em Março de 2001 que foi identificado o problema no cálculo do tempo de tratamento, portanto a dose exposta ao paciente era diferente. Foram expostos 28 pacientes. Cinco pacientes morreram devido a uma superexposição, um morreu em Dezembro de 2000 de câncer não relacionado com o tratamento e dois morreram em 2001 de causas indeterminadas. Das mortes relacionadas a radiação, as datas foram as seguintes: 6 de Março, cerca de 3 semanas após o tratamento; 28 de Março, cerca de 7 semanas após o tratamento; 7 de Maio, cerca de 13 semanas após o tratamento; 19 de Maio, cerca de 10 semanas após o tratamento; 20 de Maio, cerca de 12 semanas após o tratamento; Os outros 20 pacientes apresentou lesões por radiação no intestino. Em 23 de maio de 2002, 17 pacientes haviam morrido, sendo 13 das mortes por complicações retais e 4 mortes totais associadas à exposição à radiação. Em agosto de 2003, 21 pacientes tinham morrido com 17 das mortes atribuídas à exposição à radiação. Para todas as mortes, os tempos entre a exposição e a morte foram de 35, 47, 69, 115, 116, 117, 172, 277, 292, 292, 319, 321, 326, 345, 363, 386, 439, 650, 691, 782, E 836 dias.

Consequências: 17 mortes e 11 feridos.

Caso 62: 6 de Fevereiro de 2001

Localização: Nizhny Novgorod, Rússia

Tipo de evento: Acidente de raios x

Descrição: Um acidente de raios-x causou lesões a 4 indivíduos. Não foi encontrado nada mais detalhado, o conhecimento do evento foi obtido através de uma pesquisa bibliográfica citada através de tabela.

Consequências: 4 lesões.

Caso 63: 27 de Fevereiro de 2001.

Localização: Bialystok, Polônia.

Tipo de evento: Acidente de radioterapia

Descrição: Cinco pacientes de radioterapia pós-operados foram afetados. A máquina (NEPTUN 10P®) desligou durante uma queda de energia enquanto um paciente estava na mesa de tratamento. Da dose de 2,5 Gy o paciente recebeu apenas 0,008 Gy. O tecnólogo que operava a máquina contactou o médico chefe do setor. O médico reiniciou a máquina respeitando o tempo de aquecimento mínimo obrigatório de 5 minutos da mesma. Ele checkou o painel de controle, incluindo o nível de voltagem do painel de fonte de alimentação e constatou que ambos estavam funcionando corretamente. No manual da máquina não havia indicação de como proceder em caso de falta de energia, apenas em caso de desligamento de emergência devido a um mau funcionamento. A rede elétrica do hospital ainda estava instável e ocorreram ainda mais duas quedas de energia. O tecnólogo que já havia passado por experiências similares acreditava que depois que assegurassem que a máquina estava funcionando adequadamente ela de fato estaria funcionando normalmente, visto que já haviam feito todas as verificações indicadas pelo manual. Depois dos cinco minutos, o tratamento do paciente continuou com 2,42 Gy restantes. Ainda foram expostos mais quatro pacientes já que não haviam detectado o mau funcionamento do monitor de dose. Foi solicitado assistência à AIEA em 27 de Novembro de 2001 e foi constatado que o problema era no Sistema de Bloqueio e no fusível de conexão de força.

Consequências: 5 lesões.

Caso 64: 9 de Junho e 11 de Junho de 2003

Localização: Houston, Texas, Estados Unidos

Tipo de evento: Acidente de radioterapia

Descrição: Uma paciente fazia tratamento para câncer de mama quando recebeu uma dose superficial na pele de 70 Gy em uma área de aproximadamente 10mm de diâmetro. A alta dose ocorreu devido ao incorreto posicionamento da fonte. A fonte, em um carregador foi colocada a 20 cm da ponta do cateter em vez de 20 mm da ponta durante os tratamentos em 9, 10 e 11 de junho. A paciente e o médico responsável foram notificados do erro, a paciente ainda optou por continuar o procedimento com um plano de tratamento modificado depois de a fonte ter sido reposicionada. O ocorrido foi atribuído ao erro humano. A paciente sofreu eritemas e ulcerações. O eritema não cicatrizou e a ulceração foi removida cirurgicamente, que cicatrizou em dois meses.

Consequências: 1 lesão

Caso 65: 8 de Agosto de 2003

Localização: Anderson, Indiana, Estados Unidos.

Tipo de evento: Acidente ao feto com Iodoterapia

Descrição: Este acidente ocorreu enquanto uma paciente, com hipertireoidismo, era tratada com iodo-131. Antes da realização do procedimento o médico responsável mais o tecnólogo perguntaram, repetidas vezes, a paciente se havia suspeita de gravidez, o que a mulher prontamente negou. Isto porque devido a exames anteriores foi constatado que a mulher era infértil, fazendo com que, para a paciente, não houvesse possibilidade de gravidez o que a fez negar a realização do exame de gravidez. Como a mulher era médica do próprio hospital, nenhum dos trabalhadores insistiu na realização do teste, já que acreditavam que com o cargo que ela tinha a mesma saberia se houvesse alguma possibilidade de gravidez. No final do tratamento a paciente recebeu uma dose de 1,1 GBq. No dia 25 de Agosto do mesmo ano a mulher descobriu-se grávida de 15 semanas, fazendo com que estivesse grávida no momento do tratamento. A ginecologista da paciente informou o hospital. A dose corpo todo para o feto foi estimada em 0,074 Gy e 278 Gy para a tireoide, com ablação fetal da tireoide antecipada. A Comissão Reguladora Nuclear dos Estados Unidos (NRC – Nuclear Regulatory Commission) investigou o caso e foi determinado que não houve violação nas exigências da NRC. O caso foi considerado um erro humano por parte da paciente.

Consequências: 1 lesão

Caso 66: 26 de Janeiro a 22 de Março de 2004

Localização: South Bend, Indiana, Estados Unidos

Tipo de evento: Acidente de Braquiterapia

Descrição: Três mulheres receberam altas doses localizadas durante uma braquiterapia com fontes de césio-137. O aplicador de braquiterapia foi carregado com fontes de tamanho incorreto, permitindo que as fontes migrassem da posição pretendida e causassem doses localizadas na coxa de 0,02 Gy, 0,02 Gy e 0,015 Gy, respectivamente. As três pacientes desenvolveram lesões cutâneas no interior da coxa após duas semanas.

Consequências: 3 lesões

Caso 67: 2 e 16 de Novembro de 2004

Localização: Columbus, Ohio, Estados Unidos

Tipo de evento: Acidente ao feto com Iodoterapia.

Descrição: No dia 2 de Novembro foi administrado em uma paciente 7,59 MBq de iodo-123 como parte de um procedimento diagnóstico para hipertireoidismo. Em 16 de Novembro a paciente retornou para fazer o tratamento terapêutico e com isso foi administrado 469,9 MBq de iodo-131. Antes da administração do iodo-131 a paciente recusou-se a fazer o teste de gravidez alegando que não haveria possibilidade de a mesma estar grávida. Não houve pedido para teste de gravidez a fim de confirmar a alegação da mulher. A gravidez foi descoberta quando a mulher mais tarde visitou seu médico devido a dores abdominais. Foi constatada a gravidez de 17 semanas no momento da administração de iodo-131. A dose estimada ao feto foi de 0,024 Gy de corpo inteiro e 224 Gy para a tireoide. Foi realizado um exame de sangue no feto que confirmou que o mesmo tinha hipertireoidismo, ainda foi realizado um exame de ultrassom onde não foram identificadas outras anormalidades. O caso foi considerado erro humano por parte da paciente, segundo o NRC.

Consequências: 1 lesão

Caso 68: Novembro de 2004

Localização: Lyon, França

Tipo de evento: Acidente de radioterapia.

Descrição: Este acidente ocorreu devido a uma confusão de unidades o paciente que recebia tratamento por radioterapia foi sobre exposto, desenvolvendo sintomas em Maio de 2005 que foram atribuídos na época a excesso de sensibilidade à radiação. Em Março de 2006 o paciente veio a óbito.

Consequências: 1 morte.

Caso 69: Maio 2004 à Maio 2005

Localização: Epinal, França

Tipo de evento: Acidente de radioterapia.

Descrição: Entre Maio de 2004 e Maio de 2005, vinte e três pacientes receberam altas doses de radiação durante seus tratamentos. Os tratamentos foram para câncer de próstata e foram cerca de 20% a mais suas exposições. Os primeiros sintomas relacionados à sobre exposição surgiram no verão de 2005 quando um paciente morreu, em 25 de junho de 2006 outros 13 mostraram lesão por radiação localizada. Dos pacientes restantes, seis não apresentaram sintomas relacionados à radiação e três morreram por causas não relacionadas com a exposição à radiação. Em julho de 2006, foi identificado que um problema de software era o culpado, combinado com um treinamento inadequado do pessoal com o software.

Consequências: 1 morte, 13 lesões.

Caso 70: 8 de Novembro de 2005 (divulgado somente em 3 de março de 2010)

Localização: Toledo, Ohio

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Durante um procedimento de implante de sementes de braquiterapia para tratar câncer de próstata, o paciente foi prescrito para receber uma dose total de 160 Gy para a próstata usando 67 sementes de iodo-125, em vez disso, o cólon sigmóide do paciente recebeu pelo menos a dose completa de prescrição de 160 Gy e uma porção significativa na base da bexiga incluindo a região dos orifícios uretrais recebidos pelo menos 108 Gy campo errado de tratamento. Em 3 de março de 2010, o departamento de Saúde de Ohio (ODH) realizou uma inspeção e observou que o responsável não havia relatado este evento médico ao Estado e ao NRC – Comissão Reguladora Nuclear dos EUA, o mesmo informou que não identificou o evento médico

como um evento relatável e não o investigou para determinar uma causa. Posteriormente, o responsável pelo tratamento confirmou que 13 das sementes permanentes de iodo-125 estavam indevidamente posicionadas na bexiga e posteriormente removida do paciente. Um cálculo da dose pós-implante mostrou que a próstata recebeu uma dose de 15,43 Gy, ou 9,6 por cento da dose prescrita. O paciente escolheu então receber um tratamento de feixe externo com um acelerador linear para tratar o tumor. Após 13 meses do procedimento de braquiterapia, o paciente desenvolveu hemorragia no reto sigmóide que o hospitalizou. Em agosto de 2010, ODH ordenou uma avaliação de peritos médicos independentes do evento. O especialista médico perito concluiu que a subsequente entrega de radioterapia de feixe externo pode ter contribuído para o dano no reto sigmóide, mas a dose elevada do procedimento de braquiterapia certamente foi à principal causa do dano.

A causa do evento médico foi o fracasso do responsável em visualizar adequadamente a próstata antes do procedimento de implante. Em março de 2010, o ODH realizou uma inspeção especial e emitiu ao Aviso de Violação (NOV), a NOV exigiu que o licenciado realizasse uma auto-auditoria de todos os casos de braquiterapia realizados desde novembro de 2004, que revelou sete eventos médicos adicionais que não foram relatados. Em junho de 2010, uma Ordem de Adjudicação e uma penalidade administrativa de US \$ 25.000 foram emitidas para o responsável.

Consequência: 1 lesão.

Caso 71: 5 de Janeiro a 1 de Fevereiro de 2006

Localização: Glasgow, Escócia, Reino Unido.

Tipo de evento: Acidente de radioterapia

Descrição: Uma paciente de 15 anos de idade realizava tratamento de radioterapia para um câncer realizando 17 sessões, sendo o primeiro datado no dia 5 de Janeiro. Como resultado de um erro humano, todas as 17 sessões foram muito superiores à dose prescrita 65% a mais. O erro não foi identificado até que todos os tratamentos foram administrados, pouco antes de a paciente ter sido informado, em 1 de Fevereiro. Os sintomas incluíam feridas no couro cabeludo e orelhas. A dose total foi relatada como potencialmente fatal. A dose localizada no cérebro e no pescoço representava um risco de lesão cerebral, paralisia ou morte por dano aos vasos sanguíneos no tecido nervoso. A condição da paciente, incluindo danos aos olhos, melhorando no final

de fevereiro, em resposta á um tratamento. Em 19 de outubro, a paciente morreu (então com 16 anos); Ela estava se recuperando de uma cirurgia em setembro para remoção de líquido de seu cérebro. Subsequentemente sua morte foi atribuída por oficiais da saúde a seu câncer. Os relatórios indicam que 39 outros pacientes tinham recebido altas doses durante a radioterapia entre 1985 e 2006, a maioria sem resultados adversos.

Consequências: 1 morte.

Caso 72: 26 de Maio de 2006

Localização: Florence, Carolina do Sul, EUA

Tipo de evento: Acidente ao feto com Iodoterapia.

Descrição: No dia 24 de Maio foi administrada a uma mulher grávida um exame de tireóide envolvendo 555 MBq de tecnécio-99 metaestável (Tc-99m). No dia seguinte foi administrado mais 518 KBq de iodo-131. Mesmo depois de o médico responsável explicar os procedimentos que seriam realizados, a paciente assinou um termo declarando que não estava grávida e convenceu o tecnólogo de medicina nuclear a não realizar o teste de gravidez, mesmo este sendo um exame exigido para o procedimento. Em uma consulta a obstetrícia com 32- 34 semanas de gravidez a mulher relatou a médica que havia feito um tratamento de tireóide quando ela estava com aproximadamente 17 semanas de gravidez. A obstetra informou a questão ao licenciado em medicina nuclear em 3 de outubro de 2006, que estimou a dose para o feto como 0,0517 Gy de corpo inteiro e 139,2 Gy para a tireóide. A criança nasceu em novembro de 2006 com hipotireoidismo, mas nenhum outro problema de saúde aparente. A criança na ocasião recebeu suplemento para tireóide.

Consequências: 1 lesão

Caso 73: 28 de Março de 2006

Localização: Arkansas

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Este evento ocorreu quando um paciente realizava o procedimento de implantação de semente de iodo-125 para tratamento do câncer de próstata. O procedimento seria realizado com 84 sementes de iodo-125 onde estas seriam implantadas na base da glândula da próstata, acarretando numa dose de 108 Gy, mas

o urologista não conseguiu identificar corretamente o local a serem implantadas as sementes e as mesmas foram implantadas incorretamente.

Consequências: Não especificada.

Caso 74: 31 de Março a 7 de Abril de 2006

Localização: Florida

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Uma paciente de 80 anos de idade recebeu 100 Gy no local errado. Ela realizou um procedimento de braquiterapia na mama usando uma alta taxa de dose com uma fonte de irídio-192 com uma atividade de 5 GBq. A paciente recebeu menos que 30 % da dose prescrita, já que a fonte parou 6 cm abaixo da área idealizada. No dia 6 de maio a paciente foi ao médico, onde, o mesmo constatou a vermelhidão no local; a paciente fez tratamento para eritema e descamação. O NRC conclui que houve falha humana, por parte do médico que realizou o procedimento, visto que ele usou o planejamento de forma errônea no computador.

Consequência: 1 lesão.

Caso 75: 3 de Maio de 2006

Localização: Estados Unidos.

Tipo de acidente: Exposição acidental ao feto

Descrição: No início de Maio foi administrado uma dose de 5,55 GBq de iodo-131 a uma paciente de 26 anos, o procedimento foi realizado sem o acompanhamento de um teste de gravidez, em 22 de Maio a paciente informou ao hospital que estava grávida de 10-14 semanas no momento do procedimento. A dose para o feto foi estimada em 400 mSv. Concluiu-se que com essa dose não haveria qualquer complicação a saúde do feto.

Consequências: Não especificada.

Caso 76: 9 de Maio de 2006

Localização: Bozeman, Montana, Estados Unidos.

Tipo de evento: acidente com Braquiterapia

Descrição: Esse acidente ocorreu quando um paciente fazia um tratamento para combater um câncer de próstata. Foi recomendado o tratamento por braquiterapia com

145 Gy na glândula prostática usando 82 sementes de iodo-125. O erro aconteceu quando na implantação das sementes, com auxílio de exame de ultrassonografia, o médico responsável não conseguiu visualizar a anatomia durante o exame, com isso foram implantadas somente 10 sementes no local desejado, enquanto que as outras 72 foram implantadas em local errado, confirmado por meio de um exame tomográfico.

Consequências: Desconforto ao urinar.

Caso 77: 23 a 26 de Outubro de 2006

Local: Cidade de Kansas, Missouri

Tipo de evento: acidente com Braquiterapia

Descrição: Durante uma braquiterapia com irídio 192 de 144 GBq para tratamento de um câncer de mama, uma paciente foi exposta em local indesejável, por causa de um erro no comprimento do cateter (93 cm ao invés de 95 cm) a mulher recebeu 100 Gy, 1 cm anterior ao local desejado para tratamento. Como não havia protocolo de revisão de tratamentos, o erro não foi percebido. A área a ser tratada recebeu apenas 7-10 Gy dos 34 Gy prescritos. De acordo com a NRC é esperado necrose do tecido na mama que sofreu sobre exposição. O caso foi fechado, mas a investigação clínica da paciente ainda estava em aberto na data da referência.

Consequência: Necrose do tecido

Caso 78: 8 de Janeiro de 2007

Local: Michigan, EUA

Tipo de evento: acidente com Braquiterapia

Descrição: Um paciente que fazia tratamento para câncer de próstata teve as sementes implantadas em local indesejável. Foi prescrito um total de 120 Gy com 41 sementes permanentes de iodo-125. Foi alegado que devido a movimentação do paciente, 34 sementes foram colocadas 4 cm abaixo da próstata, acarretando em uma dose de 110 Gy e a pele ao redor uma dose de 2,4 Gy, a área a ser tratada recebeu uma dose de 13 Gy. Ficou determinado que o paciente pudesse sofrer de impotência.

Consequência: Impotência

Caso 79: 1 de Maio de 2007

Localização: Maryville, Illinois

Tipo de evento: acidente com Iodoterapia

Descrição: Em maio de 2007, uma paciente recebeu 3,807 MBq (102,9 mCi) de iodo-131 como tratamento para a recorrência do câncer de tireóide. No momento em que antecede a administração do iodo-131 a paciente informou ao responsável pelo seu tratamento de que não estaria grávida, o responsável acreditando nas palavras da paciente não solicitou um exame de gravidez. Em 11 de junho de 2007, o obstetra / ginecologista informou que a paciente tinha de 25 a 27 semanas (6 meses) de gestação. Em junho de 2010, a Agência de Gerenciamento de Emergência de Illinois foi contatada devido ao ocorrido e solicitada a fazer uma estimativa de dose para um feto como resultado da administração de iodo-131, O Illinois Agência de Gerenciamento de Emergência calculou uma dose estimada para o feto de 860 mSv (86 rem) e a tireóide fetal de mais de 1.000.000 mSv (100.000 rem), A Agência evidenciou que o ocorrido acontecerá á três anos atrás e emitiu um aviso de violação para o responsável em não notificar o evento. Em agosto de 2007 nasceu bebê sem glândula tireóide. A criança foi imediatamente colocada em terapia de reposição hormonal e continua em tratamento. A causa do evento foi evidenciada com uma combinação de erros, falta de comunicação, quebra de protocolo e falha de um teste de gravidez para confirmação.

Consequência: Bebê sem glândula tireóide.

Caso 80: 29 de Maio de 2007

Local: Louis, Missouri, Estados Unidos

Tipo de evento: acidente com Iodo terapia

Descrição: Uma paciente de 22 anos foi exposta sem saber que estava grávida, ao iodo-131 enquanto tratava-se de um câncer. Antes do acidente foi realizada uma consulta onde o médico pediu um teste de gravidez, o mesmo deu negativo e a mulher recebeu aconselhamento para que não engravidasse explicando os riscos que acarretariam, ela ainda assinou um termo de responsabilidade atestando que não estaria grávida. No dia 29 de Maio, foi administrado 4,64 GBq do iodo 131 e no dia seguinte a mulher descobriu que estava grávida através de um teste feito em casa, onde o mesmo deu positivo, exame posterior indicou uma gravidez de 4 -5 semanas no momento do tratamento. Foi calculado uma dose equivalente de 250 a 340 mSv no

feto. Foi atestado que o bebê não sairia com nenhuma anomalia, exceto uma disfunção na tireoide.

Consequências: possível disfunção na tireoide do feto, 1 lesão.

Caso 81: 23 de janeiro de 2008

Localização: Arcata, Califórnia, Estados Unidos

Tipo de evento: Sobexposição no exame de tomografia computadorizada

Descrição: Um menino de 23 meses recebeu altas doses de radiação durante vários exames de tomografia computadorizada. A criança foi levada para emergência hospitalar por uma possível lesão no pescoço, foi realizado um total de 151 tomografias do rosto e do pescoço do garoto durante um período de 65 minutos, até que o pai do menino se opôs ao processo. O profissional responsável pelo exame afirmou que achava que a máquina estava quebrada e empurrou o botão de digitalização quatro vezes para registrar uma imagem completa. Um segundo técnico fez 25 imagens bem sucedidas de tomografia computadorizada aproximadamente 90 minutos depois em um período de um minuto. O segundo técnico ficou "horrorizado" quando viu os registros dos exames anteriores e relatou ao gerente do departamento de imagem. O menino desenvolveu queimaduras de radiação nas bochechas e em torno da cabeça e pescoço ao redor dos olhos e orelhas. Uma investigação posterior concluiu que o primeiro técnico empurrou o botão de digitalização 151 vezes, e estimou que o menino recebeu uma dose localizada de 2,8 Gy ou até 11 Gy, foi ainda estimado um risco adicional de vida de câncer fatal de 39%.

Consequências: 1 lesão

Caso 82: 10 á 17 de Setembro de 2008

Localização: Jacksonville, Flórida

Tipo de evento: acidente com Braquiterapia

Descrição: Em um tratamento de alta quantidade de dose para câncer de mama contendo 5,4 Ci de irídio-192, foi prescrito a paciente 34 Gy para a mama direita, mas recebeu 34 Gy na pele da mama esquerda. Em 16 de outubro de 2008, a paciente notificou seu médico de eritema na mama esquerda, durante uma consulta e revisão de prontuário médico, o físico médico determinou que um erro na programação do cateter fez com que a fonte se aloca-se 10 cm abaixo do local do tumor pretendido em mama

direita. Devido a este erro de programação, a dose destinada á mama direita foi entregue à pele da mama esquerda, o evento médico foi causado por erro humano ao não verificar se o correto comprimento do cateter foi inserido no local de tratamento.

Consequência: Eritema na mama esquerda.

Caso 83: 16 de Dezembro de 2008

Localização: Richmond, Virgínia

Tipo de evento: acidente na Radiocirurgia

Descrição: Em uma unidade de radiocirurgia, um paciente em tratamento por neuralgia do trigêmeo (inflamação do nervo) foi prescrito o tratamento de 40 Gy (4.000 rad) para o nervo trigêmeo direito, mas recebeu a dose de tratamento para o nervo trigêmeo esquerdo local errado de tratamento. Observou que, no dia do tratamento, a parte superior da prescrição documentou corretamente o local de tratamento, no entanto, enquanto a equipe preparava o registro diário de tratamento do paciente, foi anotado inadvertidamente que a dose deveria ser entregue ao nervo trigêmeo esquerdo. Este erro foi realizado pelo físico médico durante preparação do plano de tratamento do paciente. Após a conclusão do procedimento e após a revisão do arquivo do paciente, a equipe identificou o erro. O NRC – Comissão Reguladora Nuclear dos EUA contratou um consultor médico que concluiu, embora não resultassem consequências reais, uma lesão provável para o tronco encefálico foi possível devido à alta dose de radiação para um pequeno volume de tecido do tronco cerebral com um risco aumentado de formação de catarata.

Consequências: Lesão

Caso 84: 19 de Janeiro de 2009

Localização: Marlton, Nova Jersey

Tipo de evento: acidente com Braquiterapia

Descrição: O paciente foi prescrito para receber uma dose total de 145 Gy (14.500 rad) para a próstata usando 93 sementes de iodo-125, em vez disso, o paciente recebeu uma dose aproximada de 12,2 Gy (1,220 rad) no reto local errado de tratamento. Em 19 de janeiro de 2009, o urologista inseriu agulhas na próstata do paciente sob guia transretal de ultra-som, enquanto o oncologista deixou a sala de operação para obter as sementes radioativas, o pessoal responsável incluindo o físico médico autorizado

questionou a precisão da visualização da próstata antes da implantação das sementes, mas não levou o questionamento à frente. Em 23 de fevereiro de 2009, pós-implante das sementes o paciente foi enviado à tomografia computadorizada para realização de exame, observou-se que algum posicionamento incorreto das fontes ocorreu e o paciente foi notificado de que um tratamento adicional poderia ser necessário. Em 19 de março de 2009, o pessoal responsável incluindo o físico médico autorizado revisou o caso e determinou que 100% das sementes foram implantadas fora da próstata, que recebeu cerca de 10 Gy (1.000 rad). A Comissão Reguladora Nuclear dos EUA - NRC contratou um consultor médico que concluiu, embora a probabilidade de efeitos negativos de longa duração sobre a saúde do paciente há um risco aumentado de impotência e possível fibrose devido à alta dose de radiação. A causa do evento médico foi o fracasso da equipe ao implantar as sementes radioativas de forma totalmente inadequada.

Consequência: Lesão

Caso 85: 23 de Fevereiro de 2009

Localização: Allegheny, Pensilvânia

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Durante um tratamento de câncer de mama de alta taxa de dose (HDR), que consistiu em 184,2 GBq (4,9 Ci) de irídio-192, estava prescrito a paciente para receber 34 Gy (3.400 rad) em 10 doses fracionadas, mas, em vez disso, recebeu uma dose de 50 Gy (5.000 rad) para o tecido da pele ao redor do ponto de entrada do cateter, local errado de tratamento. Em 3 de março de 2009, o médico da paciente descobriu que houve um erro de 3 cm na colocação das fontes durante o tratamento, recebendo apenas 30 por cento da dose pretendida e o tecido da pele recebendo a dose total. A paciente recebeu cuidados de acompanhamento para eritema em sua pele.

Consequência: Eritema

Caso 86: 29 de Julho de 2009

Localização: Paramus, Nova Jersey

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: O paciente recebeu uma dose total de 65 Gy (6.500 rad) para a próstata usando 46 sementes de césio-131. Em vez disso, o responsável determinou que um volume não intencional (30,1 ml) de tecido mole recebeu 100 por cento da dose prescrita. Em 6 de agosto de 2009, o paciente retornou ao hospital para uma tomografia computadorizada pós-implante. As imagens revelaram que as sementes foram implantadas em tecidos moles de 4 a 5 cm da próstata. Pós-implante os cálculos de dosimetria indicaram que nenhuma área da próstata recebeu a dose prescrita de 6.500 cGy (6.500 rad). A Comissão Reguladora Nuclear dos EUA - NRC contratou um consultor médico que concluiu que a dose pode aumentar o risco de fibrose dos tecidos moles ou aumentar o risco de impotência.

Consequência: Lesão

Caso 87: Fevereiro de 2008 a Agosto de 2009

Localização: Los Angeles, Califórnia, EUA,

Tipo de evento: Sobre-exposição durante tomografias computadorizadas

Descrição: O caso reportado ocorreu devido a um erro feito pelo hospital na hora de reiniciar a máquina depois de começar o uso de um novo protocolo em Fevereiro de 2008, mas o acidente só foi descoberto em Agosto de 2009 quando, um dos pacientes, relatou queda de cabelo localizada. Os 206 pacientes envolvidos no caso receberam uma dose estimada de 3-4 Gy na cabeça quando a dose recomendada era de 0,5 Gy. Após o caso ter chamado à atenção da FDA em outubro de 2009, doses semelhantes foram relatadas em outros Hospitais com 14 casos, um número indeterminado de casos em Burbank, Califórnia, e um número não especificado de casos em um local não declarado no Alabama, supõem-se que mais de 250 pacientes foram sobre expostos.

Consequências: 2 lesões

Caso 88: 21 de Setembro de 2009

Localização: Maywood, Illinois

Tipo de evento: Acidente com Iodoterapia

Descrição: Ocorreu exposição radioativa de embrião/feto com dose terapêutica para paciente de 25 mCi de Iodo-131, resultando em uma exposição ao feto de 67 mSv. Antes de iniciar o tratamento paciente realizou um exame de gravidez, seu resultado

apresentou negativo, com o resultado iniciou-se o tratamento. No mesmo dia a paciente realizou um teste de gravidez em casa o mesmo apresentou positivo, a paciente foi até uma clínica independente realizando um novo exame de gravidez sendo positivo. A administração do elemento radioativo ocorreu no período de duas a três semanas de gestação, pouco tempo depois a gravidez terminou.

Consequência: Morte de embrião.

Caso 89: 17 de novembro de 2006 até 6 de janeiro de 2010

Localização: Ann Arbor, Michigan

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: A Comissão Reguladora Nuclear dos EUA – NRC identificou quatro eventos médicos, que ocorreu entre novembro de 2006 e janeiro de 2010 envolvendo quatro pacientes. Os eventos foram associados a procedimentos de braquiterapia usando implantes de sementes de iodo-125 (I-125) para tratamentos de câncer de pulmão. Cada paciente foi prescrito aproximadamente 100 Gy (10.000 rad) para seu tecido pulmonar a 5 mm do centro da pleura, mas em vez disso, os pacientes receberam doses que eram 40 %, 74 %, 99 % e 114 % maior do que o prescrito. Os médicos referentes determinaram que as doses foram prejudicial aos pacientes.

Consequências: 4 lesões.

Caso 90: 18 de Janeiro de 2010

Localização: Wilmington, Delaware

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Uma paciente em tratamento de Braquiterapia com dose de 34 Gy (3.400 rad) fracionadas num período de 5 dias para a mama esquerda. A paciente recebeu em média uma dose de 17 Gy (1.700 rad) para tecido mamário não intencional. Em 22 de fevereiro de 2010, durante um exame de acompanhamento, a paciente reclamou de um eritema na mama esquerda. Ao analisar o plano de tratamento, descobriu-se que o físico médico realizou medições no sistema incorretamente, após uma tomografia computadorizada para determinar a distância de tratamento para cada cateter, foram registradas e confirmadas a distância do cateter e observou-se que uma medida incorreta causou a colocação da fonte radioativa 10 cm proximal à posição pretendida.

A causa do evento médico foi erro humano em identificar que o sistema de medição estava funcionando incorretamente e por identificar uma medida da distância incorreta.

Consequência: Eritema

Caso 91: 4 de Maio de 2010

Localização: Albuquerque, Novo México

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Ocorreu um evento associado a um tratamento de braquiterapia para o carcinoma do endométrio e o tratamento consistiu em 129,7 GBq (3,5 Ci) de irídio-192. A paciente estava prescrita para receber uma dose total de 21 Gy (2.100 rad) em três doses fracionadas para a vagina, mas, em vez disso, o tecido da pele na coxa da paciente recebeu 30,6 Gy (3,060 rad). Em 4 de maio de 2010, a paciente recebeu a terceira dose fracionada de 7 Gy (700 rad) e, 1 semana mais tarde, percebeu a aparência de duas manchas escuras um tanto dolorosas na pele de sua coxa. Em 18 de maio de 2010, a paciente notificou o médico da aparência das manchas em sua pele o médico não diagnosticou os pontos como eritema de radiação no momento, mas pediu a paciente para retornar para um exame de acompanhamento aproximadamente uma semana depois. Em 26 de maio de 2010, o médico identificou duas áreas circulares com um diâmetro de aproximadamente 1 cm, que foram determinadas como eritema por radiação. A dose média na pele para a coxa da paciente foi calculada em 30,6 Gy (3,060 rad) e a dose da coxa a uma profundidade de 2,5 cm foi calculada em 4,08 Gy (408 rad). O evento médico foi causado por colocação inadequada ou por trabalhadores movendo inadvertidamente o cateter enquanto ajustava a paciente para melhor alinhamento com o dispositivo do tratamento.

Consequências: Eritema.

Caso 92: 30 de julho de 2010 (divulgado em 15 de fevereiro de 2011)

Localização: Dallas, Texas

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: O Um evento a dois pacientes jovens prescritos fósforo -32 (variando de 7,4 MBq (0,2 mCi) a 92,5 MBq (2,5 mCi) de atividade) para tratamento de cistos cranianos. Os pacientes foram prescritos para receber uma dose total de 300 Gy (30,000 rad) e 200 Gy (20,000 rad), respectivamente, mas os pacientes receberam uma dose

aproximada de 565 Gy (56,500 rad) e 506 Gy (50,600 rad) para os cistos. Estas doses foram 88% e 153% maiores do que as doses prescritas. Em 15 de fevereiro de 2011, o responsável descobriu que foram administrados doses de fósforo-32 superiores a 50% das doses prescritas em dois pacientes, o incidente foi descoberto quando o responsável autorizado notou uma área de inflamação em torno dos cistos e ao longo do cateter de drenagem. O responsável autorizado analisou as doses de fósforo fornecidas pela equipe de radiofármacos, o responsável determinou que, para ambos os casos, os rótulos possuíam a atividade total correta, mas o volume e a atividade incorreta por unidade de volume. Portanto, as doses foram rotuladas incorretas, e a concentração foi aproximadamente 60% maior que a indicada nos rótulos.

Consequências: Inflamação em torno dos Cistos.

Caso 93: 22 de outubro de 2010

Localização: Durham, NC

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Um evento associado a um tratamento de braquiterapia para câncer de pulmão. O tratamento envolveu o uso de 199,8 GBq (5.4 Ci) de irídio-192 dividido entre dois cateteres de tratamento. O paciente foi prescrito para receber duas doses de 10 Gy (1.000 rad) para uma dose total de 20 Gy (2.000 rad) para o local do tumor. No entanto, a direção dos cateteres foi revertida durante o tratamento, resultando em uma dose de 20 Gy (2.000 rad) para a laringe (caixa de voz) local errado de tratamento. Em 22 de outubro de 2010, a equipe médica identificou inicialmente os locais dos dois cateteres usando imagens de tomografia computadorizada. Durante o tratamento, a direção dos cateteres foram erroneamente invertidos. Isso mudou a posição de dose, resultando na entrega da dose para a Laringe em vez do local de tratamento direcionado no lado esquerdo da via aérea do paciente. O paciente apresentou inchaço na laringe, mas sem grande comprometimento das vias aéreas, rouquidão, falta de ar ou deglutição dolorosa. A causa do evento médico foi erro humano na medida em que a equipe de oncologia não conseguiu colocar corretamente a posição dos dois cateteres de tratamento.

Consequências: Lesão.

Caso 94: 26 de Outubro de 2010

Localização: Cleveland, Ohio

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Um tratamento de braquiterapia de radioembolização para câncer de fígado, consistiu em 3,96 GBq (107 mCi) de Ítrio-90. Uma verificação pós-procedimento do paciente identificou indesejável atividade no duodeno, local errado de tratamento. O responsável estimou uma dose de 0,37 GBq (10 mCi) de atividade presente no duodeno, com uma dose para o duodeno de aproximadamente 90 Gy (9,000 rad). Em 26 de outubro de 2010, o radiologista intervencionista corretamente inseriu o cateter no paciente e sua colocação foi confirmada por um segundo radiologista. Durante o tratamento de radioembolização, o paciente se queixou de dor, o que fez com que a equipe médica realizasse um exame SPECT / CT pós-procedimento no paciente. O exame SPECT / CT identificou a atividade indesejada do ítrio-90 no duodeno. O paciente foi hospitalizado por observação e possível intervenção como resultado da dose para o duodeno. Foi observada uma ulceração do bulbo duodeno, mas nenhuma evidência de perfuração ou sangramento foi detectada.

Consequências:Ulceração do bulbo duodeno.

Caso 95: 22 de dezembro de 2010

Localização: Phoenix, AZ

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Um tratamento para câncer de mama, envolvendo aproximadamente 139,5 GBq (3,8 Ci) de irídio-192. A paciente foi prescrita para receber uma dose total de 34 Gy (3.400 rad) em 10 doses fracionadas na mama esquerda; Contudo, no nono tratamento, um problema em um dos cateteres que deslizou ao longo do tecido da pele da mama esquerda. A paciente recebeu uma dose de 20 Gy (2.000 rad) na pele da mama esquerda local errado de tratamento. Durante o nono tratamento, a paciente relatou uma sensação de eletricidade sobre a mama esquerda durante o posicionamento da fonte em um dos cateteres. O restante do tratamento foi concluído sem mais queixas pela paciente e as fontes foram retraída na posição normal. Em 3 de janeiro de 2011, o médico observou eritema muito fraco sobre o local do tratamento e nenhuma evidência de eritema onde a fonte tinha estado em contato com a pele.

Ulcerações posteriores desenvolveram e curaram sem mais complicação, a paciente melhorou gradualmente ao longo do tempo.

Consequências: Eritema e Ulcerações no tecido.

Caso 96: 17 de março de 2011

Localização: Minneapolis, Minnesota

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Um tratamento de braquiterapia de radioembolização de câncer de fígado, o mesmo consistiu em 1,11 GBq (29,97 mCi) de itrio-90. O paciente foi prescrito para receber uma dose total de 30,8 Gy (3,080 rad) para o fígado, mas, em vez disso, o paciente recebeu uma dose aproximada de 46,1 Gy (4,610 rad), esta dosagem entregue foi de cerca de 150 % maior da dose prescrita ao paciente. Em 18 de março de 2011, após revisar o procedimento de tratamento do dia anterior, o oncologista descobriu que a dose entregue ao fígado do paciente havia sido maior que o prescrito. Para maiores esclarecimentos, o oncologista trouxe este erro à atenção do físico médico responsável, após a investigação, deduziu-se que o físico médico não prescreveu corretamente a dose, o oncologista e o radiologista intervencionista concluíram que esta dose elevada aumentaria ligeiramente ao paciente risco de doença hepática induzida por radiação.

Consequências: Risco de doença Hepática.

Caso 97: 19 de janeiro de 2011

Localização: Filadélfia, PA

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Um tratamento de braquiterapia de radioembolização para câncer de fígado envolvendo 1,42 GBq (38,3 mCi) de ítrio-90. O paciente foi prescrito para receber uma dose total de 117 Gy (11,700 rad) para o lobo esquerdo do fígado, mas, em vez disso, recebeu uma dose aproximada de 257 Gy (25,700 rad). Esta dosagem entregue foi cerca de 120 % maior do que a dose prescrita. Em 19 de janeiro de 2011, durante uma revisão formal, o licenciado observou que a atividade entregue ao lobo esquerdo do fígado era diferente da atividade prescrita pelo médico. Sobre investigação, determinou-se que ocorreu um erro ao preparar a dose, o licenciado concluiu que esta dose elevada pode resultar em um risco de atrofia no lobo esquerdo do fígado. A causa

do evento médico foi erro humano ao não transcrever corretamente a atividade prescrita no formulário de pedido.

Consequências: Atrofia no Lobo esquerdo do Fígado.

Caso 98: 8 de julho de 2011

Localização: Aurora, Colorado

Tipo de evento: Acidente com Iodoterapia

Descrição: Foi prescrito a um paciente para receber uma dose total de aproximadamente 340 Gy (34,000 rad) para a glândula tireóidea usando 740 MBq (20 mCi) de iodo-131, em vez disso, o paciente recebeu 3,748 MBq (101,3 mCi) resultando numa dose de aproximadamente 1,722 Gy (172,200 rad). Esta dosagem era 400 % maior do que a dose prescrita ao paciente. Em 8 de julho de 2011, informaram ao Departamento de Saúde do Colorado que um paciente recebeu a dose errada de iodo-131. O licenciado declarou que o usuário autorizado (AU) revisou o procedimento com o paciente e deixou a diretriz escrita a todos os associados e papelada com os tecnólogos. O tecnólogo que estava administrando o iodo-131 ao paciente não confirmou a prescrição escrita. O tecnólogo então decidiu usar uma dosagem terapêutica de iodo-131, que foi destinado e rotulado para outro paciente. O usuário autorizado descobriu este erro mais tarde naquele dia, quando tentaram administrar a dose terapêutica de iodo-131 ao paciente pretendido. Em 10 de novembro de 2011 e em 8 de fevereiro de 2012, o licenciado informou que os testes de função da tireóide do paciente indicaram uma pequena mudança de intervalo sugerindo que o paciente estava com hipotireoidismo. A dose de iodo-131 deverá causar hipotireoidismo no paciente e resultar em terapia hormonal de tireóide substitutiva. A causa do evento médico foi erro humano na medida em que o tecnólogo não revisou adequadamente a diretriz escrita e o rótulo da dose de I-131.

Consequências: Hipotireoidismo.

Caso 99: 7 a 18 de novembro de 2011

Localização: Altamonte Springs, Flórida

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Um evento de braquiterapia tratamento para câncer de trompa uterina, contendo aproximadamente 314,5 GBq (8,5 curies (Ci)) de irídio-192. A paciente

recebeu uma dose total de 25 Gy (2.500 rad) para a área da trompa uterina em cinco doses fracionadas; No entanto, devido algum erro a paciente recebeu uma dose de aproximadamente 60 Gy (6.000 rad) na pele das coxas internas, local errado de tratamento. O evento médico foi identificado após abril de 2012, quando a paciente informou ao médico em outra instituição que exibiu sinais de necrose na área da coxa. O médico determinou que esta lesão foi consistente com uma queimadura por radiação e informou o licenciado sobre a lesão. O licenciado determinou que a necrose provavelmente ocorreu durante a última fração do tratamento. A causa do evento médico não foi determinada de forma conclusiva, mas, muito provável devido a um mau funcionamento do aplicador que deslocou a fonte do cilindro vaginal e posteriormente depositou a fonte no tubo guia entre as coxas da paciente.

Consequências: Lesão

Caso 100: 19 de dezembro de 2011

Localização: Toledo, OH

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Um tratamento de braquiterapia para câncer de colo do útero envolvendo 148,4 GBq (4 Ci) de irídio-192 Foi prescrito á paciente para receber uma dose total de 16 Gy (1.600 rad) em quatro doses fracionadas para o colo do útero, Mais tarde foi identificado que a pele da coxa direita e esquerda da paciente local errado de tratamento recebeu doses de 12,51 Gy (1,251 rad) e 12,74 Gy (1,274 rad), respectivamente. Durante uma visita aos pacientes em janeiro de 2012, o médico assistente notou uma vermelhidão na pele (eritema) nas partes superiores direita e esquerda da paciente. Após a investigação, o licenciado não identificou nenhum erro com o plano de tratamento, mas descobriu um problema com o cateter usado durante o procedimento. O vendedor recentemente mudou para um novo modelo de cateter que era ligeiramente maior em diâmetro e mais espesso do que o original. Durante o procedimento, o cateter ficou preso em um pequeno bloqueio e não estava completamente inserido, e a fonte estava a aproximadamente 9 centímetros (cm) do local do tratamento. A fonte extraviada resultou em uma dose total de 13,94 Gy (1,394 rad) para o local de tratamento e doses excessivas para as coxas da paciente. A partir de 21 de março de 2012, a paciente relatou problemas no intestino ou bexiga, e as áreas de pele danificadas haviam curado completamente. A causa do evento médico

foi erro humano na medida em que o licenciado não conseguiu reconhecer que o cateter não foi completamente inserido durante pelo menos uma das doses fracionadas.

Consequências: Eritema, problemas no intestino e bexiga.

Caso 101: 2011

Localização: Rio de Janeiro / SP

Tipo de evento: Super Exposição no Tratamento de Radioterapia

Descrição: No Uma menina de sete anos realizava tratamento de um tipo de leucemia rara, com indicação para radioterapia. Ao iniciar o tratamento os pais da menina notaram aparecimento de queimaduras na pele, relatou e questionou a equipe de acompanhamento, ao quais os mesmos informaram que a reação era normal proveniente de seu tratamento, as sessões continuaram e logo começou apresentar danos cerebrais, como dificuldade de andar e falar. Neste momento perceberam a sobre exposição da radiação na menina desenvolvendo síndrome cutânea da radiação causando lesões irreversíveis no lobo frontal direito, levando á morte em junho de 2012. Na época o local foi periciado por um médico do Instituto Nacional do Câncer (INCA), não evidenciando qualquer problema ou irregularidade no protocolo de atendimento e no equipamento de radioterapia, não descartando a possibilidade de erro humano ao calcular ou aplicar a dose durante o tratamento.

Conseqüências: 1 morte.

Caso 102: Data 16 e 17 de janeiro de 2012

Localização: Sioux Falls, SD

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Um tratamento de braquiterapia de câncer de mama, foi prescrita á paciente para receber 10 doses fracionadas de 3,4 Gy (340 rad) para uma dose total de 34 Gy (3.400 rad) para o local do tumor. Em 16 de janeiro de 2012, ao realizar o tratamento de braquiterapia fracionado para câncer de mama, a equipe médica identificou que o comprimento do parâmetro de tratamento estava incorreto, foi programado 10 cm mais curto e resultou que a fonte se alocou 10 cm abaixo do local de tratamento pretendido. O licenciado realizou uma investigação e o NRC contratou um consultor médico, que

determinou que a paciente recebeu aproximadamente 27,2 Gy (2,720 rad) de dose de pele não intencional. A paciente experimentou eritema na pele.

Consequências: Eritema.

Caso 103: 15 de agosto de 2012

Localização: Evansville, IN

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Durante um tratamento de câncer de mama, foi prescrito á paciente para receber 10 doses fracionadas de 34 Gy (3,400 rad) para o local do tumor mamário. No entanto, foi determinado que um tamanho de 4,2 cm de pele e tecido mamário gorduroso local errado de tratamento recebeu uma dose de 34 Gy (3.400 rad). Durante uma consulta de acompanhamento, o relatório da patologia cirúrgica revelou um diagnóstico final de necrose de gordura com tecido de granulação por efeito da radiação. A causa do evento médico foi erro humano ao medir área e a falta de familiaridade com o sistema de planejamento do tratamento para o dispositivo de alta taxa de dose HDR.

Consequência: lesão.

Caso 104: 20 de agosto de 2012

Localização: Minneapolis, Minnesota

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: A Universidade de Minnesota relatou que ocorreu um evento médico associado a uma unidade de braquiterapia de alta taxa de dose (HDR), durante um tratamento de câncer de colo do útero. A unidade utilizou uma fonte de irídio-192 de 233.1 GBq (6.3 Ci), a paciente recebeu uma dose total de 25 Gy (2.500 rad) dividida em cinco frações o útero. O útero recebeu 19,5 Gy (1.950 rad), uma dose excessiva, 15 Gy (1500 rad) foi entregue à coxa interna local errado de tratamento. O evento foi descoberto em 26 de maio de 2013, durante uma transferência de planejamento de registro eletrônico para um novo sistema. Os registros mostraram que as pontas e extremidades dos cateteres de tratamento tinham sido invertidas no sistema de planejamento por uma ferramenta de auto-localização cuja função era detectar automaticamente os cateteres. A paciente experimentou espessamento da parede retal, estenose uretral e ulceração da parede retal anterior, conforme confirmado por

uma colonoscopia realizada em 3 de junho de 2013. As causas do evento médico foram determinadas como deficiência no planejamento do sistema e erro humano.

Consequências: 1 Lesão

Caso 105: 20 de fevereiro de 2013

Localização: Sacramento, Califórnia

Tipo de evento: Acidente com Iodoterapia

Descrição: Associações Radiológicas de Sacramento informou que uma paciente grávida recebeu 6.55 (GBq) [176.9 (mCi)] de iodo-131 para tratamento de tireóide. Em 18 de fevereiro de 2013, antes do tratamento, a equipe do licenciado administrou um teste de gravidez como uma precaução de rotina, o teste de gravidez apresentou resultado negativo e o licenciado administrou iodo-131 na paciente. Em 22 de abril de 2013, o médico da paciente informou à paciente que estava grávida e que ela engravidou muito perto do tempo de terapia. Uma avaliação de ultra-som determinou que o embrião / feto teria aproximadamente duas semanas de idade no momento da administração do iodo-131. A dose para o embrião / feto foi determinada como 470 mSv (47 rem). No entanto, o consultor médico concluiu que, com base no Conselho Nacional de Proteção contra Radiação e Relatório de Medidas, que existe o risco de malformação fetal em doses superiores a 15 rem.

Consequências: lesão.

Caso 106: 27 de março de 2013

Localização: Dallas, Texas

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Em um tratamento para braquiterapia de irídio-192 de 253,3 GBq (6.846 Ci) para câncer de colo do útero. Foi prescrita a paciente para receber uma dose total de 51,39 Gy (5,13 rad) em quatro doses fracionadas. No entanto, a uretra da paciente local errado de tratamento recebeu uma dose de 16,07 Gy (1,607 rad) e a vagina anterior da paciente local errado de tratamento recebeu uma dose de 15,49 Gy (1,549 rad) para as quatro frações. O físico selecionou o tamanho do comprimento do tubo guia incorreto na entrega do tratamento. O evento não foi descoberto nas primeiras frações. Como resultado da exposição ao local não desejado, a paciente experimentou queimaduras por radiação. A paciente foi submetido a um tratamento médico para a

queimadura e respondeu bem. Existem algumas pequenas áreas que não curaram e será removido cirurgicamente. A causa do evento médico foi erro humano na medida em que o médico inadvertidamente usou um tubo de 132 centímetros (cm) para a entrega do tratamento para três das quatro frações, mas planejava o procedimento da paciente com o comprimento do tratamento de 119,9 cm. Isso resultou na fonte posicionada 12 cm abaixo do local de tratamento pretendido.

Consequências: Lesão

Caso 107: 9 de maio de 2013

Localização: Cleveland, Ohio

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Durante uma radioembolização para tratar metástases hepáticas de câncer no colo retal com ítrio-90 (Y-90). O licenciado prescreveu uma dose de 129,65 Gy (12,965 rad) para o tumor do lobo hepático esquerdo, e 127,94 Gy (12,794rad) para o tumor do lobo do fígado direito. No entanto, uma dose de 62 Gy (6,200 rad) foi entregue ao intestino delgado local errado de tratamento. A consequência do evento foi a geração de uma úlcera intestinal causada pela radiação.

Consequências: 1 lesão.

Caso 108: 15 de agosto de 2013

Localização: Abington, Pensilvânia

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Um paciente foi tratado com 1.339,77 (MBq), o equivalente a 36,21 mCi, com uma dose prescrita de 107 Gy através da artéria hepática direita. Em 6 de setembro de 2013, o médico observou que o paciente estava sofrendo dor abdominal intermitente. Em 10 de outubro de 2013, foi administrado no paciente 188,33 MBq (5,09 mCi) através da artéria hepática esquerda proximal 179,45 MBq (4.85 mCi) através da artéria hepática distal esquerda. Em 24 de fevereiro de 2014, o paciente foi admitido no hospital com anemia grave e suspeita de sangramento gastrointestinal. Em 27 de fevereiro de 2014, a endoscopia revelou lesão no duodeno e uma úlcera que havia desenvolvido aparentemente devido a microesferas que migram para o estômago, local errado de tratamento. O licenciado determinou que a dose administrada era de 160 Gy para o fígado, no entanto, o licenciado afirmou não poder determinar a dose no

estômago. Uma dose maior que 10 Gy causando dor e sangramento gastrointestinal, como experimentado pelo paciente. A causa do evento médico foi determinada como o deslocamento de sementes através de uma arterial hepática que se alocou no estômago.

Consequências: Lesão

Caso 109: 24 de janeiro de 2014

Localização: Cleveland, Ohio

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Em um tratamento com ítrio-90 (Y-90) para tratar metástases hepáticas de colo retal. O responsável prescreveu uma dose ao paciente de 0,53 GBq de Y-90 para o lobo hepático esquerdo, para o lóbulo hepático direito prescreveu uma dose de 0,92 GBq, o lobo do fígado esquerdo foi tratado como planejado. Devido à manobra imprevista ao tratar o lobo do fígado direito, uma dose de 11 Gy foi entregue ao duodeno local errado de tratamento. A consequência do evento foi à geração potencial de uma úlcera duodenal causada pela radiação.

Consequências: 1 Lesão

Caso 110: 19 de maio de 2014

Localização: Lakeland, Flórida

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Uma paciente com câncer intra-vaginal recebeu uma dose de 700 cGy para o local do tumor durante três frações de tratamento usando uma fonte de irídio-192 em 31 de março á 7 de abril e 14 de abril de 2014. No entanto, a pele e coxas da paciente local errado de tratamento receberam uma dose estimada de 4.200 cGy (rad). Durante a visita de acompanhamento em 19 de maio de 2014, percebeu que a paciente teve queimaduras nas coxas e nos lábios vaginais. A causa do evento médico foi um erro de dados do comprimento da fonte de planejamento do tratamento e falha na identificação do erro durante a garantia de qualidade.

Consequências: Lesão

Caso 111: 4 de setembro de 2014

Localização: Charlottesville, Virgínia

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Em 4 de setembro de 2014, o paciente recebeu a atividade prescrita de 1,499,61 MBq (40,53 mCi), com base na avaliação da imagem de pré-tratamento, esta atividade estimou entregar a dose prescrita de 11,700 cGy (rad) no lobo esquerdo do fígado e 370 cGy (rad) para os pulmões. No entanto, após o tratamento, o licenciado determinou que o paciente teve uma atividade mais alta do que o esperado para a atividade Y-90 nos pulmões devido a complicações específicas no paciente, resultando em uma dose de 6.700 cGy (rad) para o fígado e 3.450 cGy (rad) (832 % maior do que o prescrito) aos pulmões. Durante a semana de 2 de fevereiro de 2015, o paciente foi admitido no hospital com insuficiência respiratória aguda com sintomas de infiltrados pulmonares consistentes com pneumonite por radiação. O paciente faleceu durante o fim da semana seguinte. No entanto, a causa da morte e qualquer associação potencial com o evento médico estão sendo avaliadas.

Consequências: 1 Morte

Caso 112: 10 de março a 14 de março de 2014

Localização: Mokena, Illinois

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: no tratamento de câncer de mama fonte de irídio-192. A prescrição da paciente foi uma dose total de 34 Gy (3.400 rad) em 10 doses fracionadas para um volume de tratamento do quadrante superior esquerdo da mama como local de tratamento. No entanto, foi determinado que a pele no local da incisão para o cateter, local errado de tratamento recebeu uma dose de 100 Gy (10 000 rad). Em 24 de junho de 2014, a paciente voltou ao médico para discutir uma ferida em sua mama não cicatrizante que ocorreu após o tratamento. O evento médico foi causado por erro humano. O físico médico não conseguiu alterar uma entrada padrão no sistema de planejamento do tratamento conforme exigido pelo procedimento.

Consequências: Lesão

Caso 113: 7, 14 e 19 de janeiro de 2015

Localização: Nova York

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: O Departamento de Saúde do Estado de Nova York informou que um evento médico ocorreu associado a um tratamento de braquiterapia de alta dose usando uma fonte de irídio-192 para câncer do endométrio. A paciente recebeu três doses fracionárias de 700 cGy (rad) cada uma para um volume de tratamento vaginal. Após a conclusão do tratamento, a paciente relatou coceira labial bilateral, secura e formigamento em torno da área de tratamento. A paciente foi encaminhada para um dermatologista que identificou uma reação da radiação. Uma revisão dos procedimentos que tinham sido tomados para confirmar a colocação da fonte Ir-192 revelou que a fonte foi colocada inferior ao local do tratamento e exterior à abertura da vagina para as três frações, resultando em uma dose total de 2.100 cGy para a mucosa vaginal externa e parte superior da coxa, local errado de tratamento e dose mínima para o local pretendido do tratamento. O exame físico mostrou sinais de exposição à radiação na área vulvar e na pele na parte superior da coxa interna. Os possíveis efeitos em curto prazo incluem a progressão destas reações cutâneas e possível irritação urinária e retal. Os efeitos em longo prazo podem incluir o espessamento da pele e a mucosa, desenvolvimento de tecido cicatricial e trato urinário e problemas retais. As causas do evento médico foram determinadas como a montagem incorreta do aplicador pela equipe de enfermagem que não foi treinada para a tarefa e o profissional autorizado com falta de experiência neste tipo de aplicador. O profissional não verificou o posicionamento do aplicador por inspeção visual para detectar o posicionamento incorreto do aplicador na paciente através da imagem, atribuindo a má qualidade da imagem à obesidade da paciente.

Consequências: Lesão

Caso 114: 9 de junho de 2015

Localização: Snellville, Geórgia

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Clínica de radioterapia da Geórgia relata que a dose administrada a um paciente tratado por câncer de pele excedeu a dose prescrita em mais de 50%. O paciente foi tratado com fonte Ir-192. O médico especificou uma dose para o volume do tumor e uma dose máxima de 130% do prescrito. A dose total foi administrada em oito frações usando um aplicador de pele em 9 de junho a 2 de julho de 2015. Em um exame de rotina observou-se uma reação cutânea drástica no paciente. A dose

estimada recebida pelo paciente foi de 950 cGy (rad) para cinco frações e 700 cGy (rad) para três frações, para um total de 6.850 cGy (rad). O incidente resultou no paciente receber uma dose 71,25 % maior do que o prescrito. A causa do evento médico foi determinada como um plano de tratamento deficiente desenvolvido por um físico médico júnior. O licenciado não tinha procedimentos documentados para o plano de tratamento de acordo com a prescrição.

Consequências: Lesão

Caso 115: 14 de Julho de 2015

Localização: Cleveland, Ohio

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: O licenciado prescreveu uma dose de 78 Gy (7.800 rad) de 758,5 MBq (20,5 mCi) de Y-90 no lóbulo direito do fígado local de tratamento. Durante o tratamento, o procedimento foi interrompido porque a administração que o médico havia prescrito, determinou que a dose não estava sendo entregue ao fígado. Uma tomografia computadorizada pós-entrega revelou que as sementes foram entregues a uma área de 20 a 30 cm do intestino delgado local de tratamento errado, resultando em uma dose de 36 Gy (3,600 rad) a partir de 288,2 MBq (7,79 mCi). O paciente sentiu algumas dores abdominal aproximadamente 3 semanas após o procedimento. O paciente foi examinado e admitido em um hospital local, uma tomografia computadorizada do abdômen e da pelve do paciente apresentou inflamação para um pequeno segmento do intestino delgado, mas sem perfuração aguda ou úlceras. A causa do evento médico foi determinada no procedimento de fluoroscopia havendo movimentação inadequada, fazendo com que o micro-catéter usado para administrar o Y-90 para mudar as posições da artéria hepática para a artéria mesentérica superior.

Consequências: Lesão

Caso 116: 27 de abril de 2016

Localização: Grand Rapids, Michigan

Tipo de evento: Acidente com Braquiterapia

Descrição: Paciente recebeu 3.3 GBq (89.19 mCi) de ítrio-90 para um local incorreto do fígado. O paciente teve câncer de fígado e foi prescrito tratamento para o lóbulo direito do fígado. No entanto, durante o tratamento em 27 de abril de 2016, o cateter mudou-

se de localização e foi administrado ao lobo esquerdo. A dose prescrita foi de 12.000 cGy (rad) para o lóbulo direito, mas o paciente recebeu aproximadamente 11.850 cGy (rad) no local incorreto no lobo esquerdo. Em agosto de 2016, o consultor forneceu os resultados de sua avaliação independente concluindo radionecrose a partir da avaliação do fígado do paciente por meio de tomografia e teste enzimático.

Consequências: Necrose de tecido.

Anexo 2

Fotos de Acidentes Radiológicos na Área Médica



Caso 56 / Fig. 1. Dorso do paciente 6 a 8 semanas após múltiplos procedimentos de angiografia e angioplastia coronariana.



Fig. 2. Lesão na pele aproximadamente 16 a 21 semanas após os procedimentos com presença de área ulcerada.



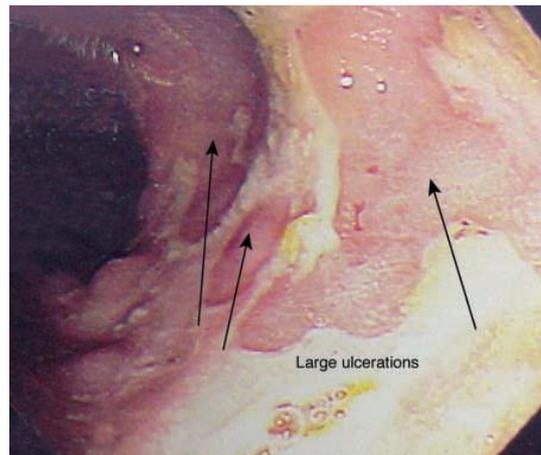
Fig. 3. Aspecto da lesão cutânea em torno de 18 a 21 meses, evidenciando necrose tecidual.



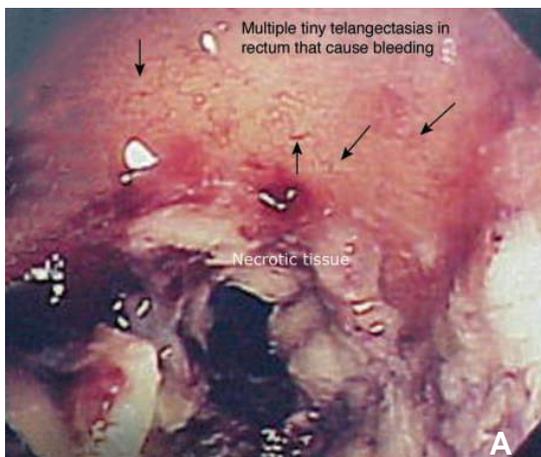
Fig. 4. Lesão com aspecto de queimadura de grau III e IV.



Fig. 5. Pele enxertada na área afetada. A dose estimada foi acima de 20 Gy.



Caso 61 / Fig. 1. Endoscopia do Paciente n ° 22 mostrando ulcerações e destruição da mucosa (setas).



Caso 61/ Fig. 1. Endoscopia do paciente n ° 3 com necrose de cólon e úlcera varicosa.

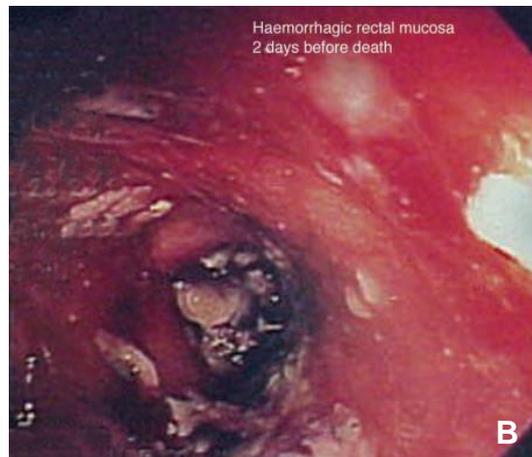


Fig. 2. Endoscopia do cólon do mesmo paciente (nº 3) mostrando hemorragia dois dias antes da morte.



Caso 63 / Fig. 1. 04de Junho de 2001 paciente n °1 com área subaxilar ulcerada (4,5 mm x 18 mm).



Fig. 2. Em 01 de dezembro de 2001 paciente n ° 1 com lesão ulcerada ao longo do eixo da cicatriz cirúrgica (3,5 cm x 1,5 cm).



Caso 63 / Fig. 1. Paciente n °2, Em 4 de junho de 2001: área de descamação úmida medindo 5 cm x 10 cm, o centro do campo despigmentada de 10 cm x 14 cm na área da mastectomia



Fig. 2. Paciente n °2, Em 1 de dezembro de 2001: área despigmentada (14 cm x 10 cm) exibindo Epitelização deficiente, exsudação acentuada e múltiplas áreas puntiformes de sangramento sem áreas óbvias de necrose ou infecção.



Caso 63 / Fig. 1. Paciente n °3, Em 4 de junho de 2001: Ulceração superficial (3 cm x 7 cm) próxima à borda medial do campo irradiado ao longo da cicatriz cirúrgica.



Fig. 2. Paciente n °3, Em 1 de dezembro de 2001: área de 16 cm x 8 cm que possuía elevação de reepitelização e pequenas (menos de 1 cm x 1 cm), áreas dispersas de necrose e ulceração.



Caso 63 / Fig. 1. Paciente n °4, em 4 de junho de 2001: descamação úmida na área irradiada, seguido da mastectomia lado esquerdo.



Fig. 2. Em 1 de Dezembro de 2001 alterações severas na pele devida queimadura de radiação. Com ferida de 14 cmx8 cm, onde vemos uma úlcera com espessura total de 5 cm x 4 cm.



Fig. 3. Paciente n°4, em maio de 2002 lesão local antes da cirurgia reparadora.



Fig. 4. Resultado da cirurgia em duas etapas da Paciente n°4 no Instituto Curie em julho de 2000. Lesão coberta por um enxerto de pele livre.



Caso 63 / Fig. 1. Paciente n°5, em Junho de 2001: A parte central de 7 cm x 14 cm dos 11 cm x 18 cm área irradiada endurecida, com forte eritema.



Fig. 2. Paciente n°5, em 6 de novembro de 2001: queimadura por radiação local altamente infectada (6 cm x 13 cm), área da mastectomia esquerda.



Fig. 3. Paciente n°5, em 1 de dezembro de 2001: área de (14 cm x 7 cm) com aspecto de necrose tecidual.



Fig.4. Paciente n°5, após cirurgia reparadora no Instituto Curie, outubro de 2002.

REFERÊNCIAS

1. JOHNSTON WM.R. Database of radiological incidents and related events. Available at: <http://www.johnstonsarchive.net/nuclear/radevents/index.html>. Accessed (2016);
2. BERLIN, LEONARD, July 2001, "Malpractice issues in radiology: radiation-induced skin injuries and fluoroscopy," *American Journal of Roentgenology*, 177:21-25.
3. U.S. Supreme Court, 1913, Sweeney v. Erving, 228 U.S. 233, on line at The Oklahoma State Courts Network [<http://www.oscn.net/applications/oscn/deliverdocument.asp?citeid=418141>].
4. GERBER, GEORG, GISELA GERBER, S. KUROHARA, K. I. ALTMAN, AND L. H. HEMPELMANN, 1961, "Urinary excretion of several metabolites in persons accidentally exposed to ionizing radiation," *Radiation Research*, 15:314-318.
5. ILYIN, L. A., V. YU. SOLOVIEV, A. E. BARANOV, A. K. GUSKOVA, N. M. NADEZHINA, AND I. A. GUSEV, May 2004, "Early medical consequences of radiation incidents in the former URRS territory," 11th International Congress of IRPA, on line, IRPA [<http://irpa11.irpa.net/pdfs/7c20.pdf>].
6. BHUSHAN, VIDYA, SEPT. 1973, "Large radiation exposure," 3rd IRPA Congress Proceedings, on line, IRPA [http://www2000.irpa.net/irpa3/cdrom/VOL.3A/W3A_116.PDF].
7. RICKS, ROBERT C., MARY ELLEN BERGER, ELIZABETH C. HOLLOWAY, AND RONALD E. GOANS, 2000, "REAC/TS radiation accident registry: update of accidents in the United States," on line, International Radiation Protection Association [<http://www.irpa.net/irpa10/cdrom/00325.pdf>] Acesso (2017).
8. WEAVER, J. ELLSWORTH III, 1995, "A brief chronology of radiation and protection," Radiation Information Network, on line [<http://www.physics.isu.edu/radinf/chrono4.htm>].
9. LEITH, I. S., AND W. A. CORNELIUS, SEPT. 1973, "Evaluation and dosimetry of accidental exposure to an x-ray analysis beam," 3rd IRPA Congress Proceedings, on line, IRPA [http://www2000.irpa.net/irpa3/cdrom/VOL.3A/W3A_118.PDF] Acesso (2017).
10. SUNDARA RAO, I. S., P. S. IYER, A. KANNAN, S. P. ZAPARDE, AND G. SUBRAHMANIAN, April 1977, "Radiation injury from analytical x-ray equipment," 4th IRPA Congress Proceedings, on line, IRPA [http://www2000.irpa.net/irpa4/cdrom/VOL.3/P3_60.PDF] Acesso (2017).
11. ZIQIANG, PAN, FAN SHENGEN, AND CONG HUILING, 1996, "Exposure dose assessment and discussion on radioisotope production and application," *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 206(2):239-249.
12. NENOT, J.-C., 2002, "Second Henri Jammot Memorial Lecture. Radiation accidents--an overview and feedback, 1950-2000," in 8th Coordination Meeting of World Health Organization Collaborating Centres in Radiation Emergency Medical Preparedness and Assistance Network, REMPAN, WHO [<http://www.helid.desastres.net/?e=d-000who--000--1-0--010---4-----0--0-10I--11en-5000---50-about-0---01131-001-110utfZz-8-0-0&a=d&cl=CL1.6&d=Js2993e.4>] Acesso (2017).
13. VALENTIN, J., 2000, "Case histories of major accidental exposures in radiotherapy," *Annals of the ICRP*, 30(3):23-29.
14. Medical management of radiation accidents / edited by Igor A. Guserv, Angelina K.Guskova, Fred A. Mettler. Jr – 2nd Ed. 2001
15. UNSCEAR, 2000, "Annex E: Occupational radiation exposures," in *Sources and Effects of Ionizing Radiation: United Nations Scientific Committee on the Effects of*

- Atomic Radiation UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, Volume I: Sources, UNSCEAR, on line at UNSCEAR [<http://www.unscear.org/docs/reports/annexe.pdf>].
16. KOENIG, TITUS R., FRED A. METTLER, AND LOUIS K. WAGNER, July 2001, "Skin injuries from fluoroscopically guided procedures: Part 2, Review of 73 cases and recommendations for minimizing dose delivered to patient," *American Journal of Roentgenology*, 177:13-20.
 17. BOSWORTH, LISA, et ali, 2002, "Radiation accidents", on line, *BNL* [www.bnl.gov/homeland/docs/HPS_rad_accidents.PPT when accessed].
 18. Densow, D., H. Kindler, and T. M. Fliedner, "Medical experience: Chernobyl and other accidents," in *Restoration of Environments Affected by Residues from Radiological Accidents: Approaches to Decision Making*, IAEA (Vienna, Austria), pp. 142-147, on line at IAEA [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1131_prn.pdf].
 19. NENOT, J.-C., 1998, "Radiation accidents: lessons learnt for future radiological protection," *International Journal of Radiation Biology*, 73:435-442.
 20. WOULDSTRA, E., H. HUIZENGA, AND J. A. VAN DE POEL, 1993, "Possible leakage radiation during malfunctioning of a Sagittaire accelerator," *Radiotherapy Oncology*, 29(1):39-44.
 21. SHOPE, THOMAS B., 1996, "Radiation-induced skin injuries from fluoroscopy," *Radiographics*, 16:1195-1199, on line at FDA Center for Devices and Radiological Health [<http://www.fda.gov/cdrh/rsnaii.html>]
 22. NÉNOT, J. C. Radiation accidents over the last 60 years. *Journal of Radiological Protection* 29, Paris, France, p. 301-320, 18 aug. 2009;
 23. Nakagawa, Keiichi, Yukimasa Aoki, Takuyou Kozuka, Kouichi Sakata, Masao Tago, Nobuharu Muta, Yasuhito Sasaki, Yoshiro Aoki, and Atsuo Akanuma, May 1997, "Argatroban in the treatment of radiation injury of the hand: a case report," *Current Therapeutic Research*, 58:323-329. [[http://www.aaojournal.org/article/S0011-393X\(97\)80030-6/fulltext](http://www.aaojournal.org/article/S0011-393X(97)80030-6/fulltext)]
 24. Nicklow v Western Pennsylvania Hospital, 98-014512 (Allegheny County, Pa 2000);
 25. Sternberg S. The down side of angioplasty: radiation exposure cancer risk has experts, heart patients rethinking procedure. *USA Today*, Nov 20, 2000:9D
 26. IAEA, June 1998, Accidental Overexposure of Radiotherapy Patients in San Jose, Costa Rica, IAEA (Vienna, Austria), on line at IAEA [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P027_scr.pdf].
 27. Office of Nuclear Regulatory Research, Feb. 2000, "Report to Congress on abnormal occurrences, Fiscal Year 1999 (draft)," Nuclear Regulatory Commission, on line [<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/commission/secys/2000/secy2000-0003/attachment1.pdf>].
 28. IAEA, August 2001, Investigation of an Accidental Exposure of Radiotherapy Patients in Panama: Report of a Team of Experts, 26 May-1 June 2001, IAEA (Vienna, Austria), on line at IAEA [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1114_scr.pdf].
 29. BORRÁS, C. Overexposure of radiation therapy patients in Panama: problem recognition and follow-up measures. *Rev Panam Salud Publica / Pam Am J Public Health* 20, Panamá, p. 173-187, 2006.
 30. IAEA, February 2004, Accidental Overexposure of Radiotherapy Patients in Bialystok, IAEA (Vienna, Austria), on line at IAEA [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1180_web.pdf].
-

31. Nuclear Regulatory Commission, 2004, "Draft Report to Congress on Abnormal Occurrences, Fiscal Year 2003," NUREG-0090 Vol. 26, NRC, on line [<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-ollections/commission/secys/2004/secy2004-0046/attachment1.pdf>].
 32. Nuclear Regulatory Commission, 2007, "Report to Congress on Abnormal Occurrences, Fiscal Year 2006," NUREG-0090 Vol. 29, NRC, on line [<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-ollections/commission/secys/2006/secy2006-0055/enclosure1.pdf>].
 33. Nuclear Regulatory Commission, 2006, "Report to Congress on Abnormal Occurrences, Fiscal Year 2005," NUREG-0090 Vol. 28, NRC, on line [<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-ollections/commission/secys/2006/secy2006-0055/enclosure1.pdf>].
 34. AFP, 18 Oct. 2006, "Accidents de radiotherapie: le procureur d'Epinal ouvre une information," *Yahoo! France*, on line [<http://fr.news.yahoo.com/18102006/202/accidents-de-radiotherapie-le-procureur-d-epinal-ouvre-une-information.html>].
 35. BBC, 12 May 2006, "Beatson centre gave 39 overdoses," BBC News, on line [http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/scotland/glasgow_and_west/4765609.stm].
 36. BBC, 25 Sept. 2006, "Radiation girl back in hospital," BBC News, on line [http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/scotland/glasgow_and_west/5376990.stm].
 37. BBC, 28 Feb. 2006, "Radiation girl 'feeling better'," BBC News, on line [<http://news.bbc.co.uk/1/hi/scotland/4760816.stm>].
 38. BBC, 17 Feb. 2006, "Radiation overdose girl improving," BBC News, on line [<http://news.bbc.co.uk/1/hi/scotland/4721414.stm>].
 39. BBC, 19 Oct. 2006, "Radiation overdose teenager dies," BBC News, on line [http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/scotland/glasgow_and_west/6065040.stm].
 40. BNN, 16 March 2006, "Radiation overdose of 65 per cent," British Nursing News Online, online [<http://www.bnn-online.co.uk>].
 41. BNN, 8 Feb. 2006, "Teenager given radiation overdose," British Nursing News Online, online [<http://www.bnn-online.co.uk>].
 42. Fraser, Jessica, 19 Oct. 2006, "Radiation overdose kills teen cancer patient," News Target, on line [<http://www.newstarget.com/020824.html>].
 43. Poling, Samantha, 10 June 2007, "Critical error: the Lisa Norris story," BBC News, on line [http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/scotland/6731117.stm].
 44. FERRIS, John, 2009, "Computed tomography (CT) proposed rules for radiation safety," *Michigan.gov*, on line [http://www.michigan.gov/documents/mdch/bhs_20091027_con_seminar_299155_7.ppt].
 45. Tam, Donna, 5 March 2009, "Mad River Community Hospital set to challenge state penalty," *Times-Standard*, on line [http://www.times-standard.com/localnews/ci_11841717].
 46. "California technologist faces testimony in CT overdose case", AuntMinnie.com, September 18, 2009
 47. Phend, Crystal, 15 Oct. 2009, "CT safety warnings follow radiation overdose accident," *MedPage Today*, on line [<http://www.medpagetoday.com/Radiology/DiagnosticRadiology/16455>].
 48. Smith, Michael, 8 Dec. 2009, "FDA seeks to limit CT radiation exposure," *MedPage Today*, on line [<http://www.medpagetoday.com/Radiology/DiagnosticRadiology/17381>].
-

49. IAEA, 25 September 2015, "Overexposure to a radiographer trainee's extremities," IAEA, on line [<http://www-news.iaea.org/ErfView.aspx?mId=d8a69871-04f2-414d-8164-a9e350da0e30>].
 50. Acidentes radioativos recentes que chocaram o mundo e deixaram mortos, <http://www.tecmundo.com.br/quimica/96208-5-acidentes-radioativos-recentes-chocaram-mundo-deixaram-mortos.htm>. Acesso em 12/07/2017;
 51. Matéria de Acidente de Radioterapia, Maria Eduarda – RJ,. g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2012/06/hospital-apura-morte-de-menina-queimada-em-radioterapia-no-rio.html. Acesso em 12/07/2017.
 52. NRC, November 1999, Report to Congress on Abnormal Occurrences - Fiscal Year 2007, on line at NUREG-series 0090 Volume 30 [<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr0090>].
 53. NRC, November 1999, Report to Congress on Abnormal Occurrences - Fiscal Year 2008, on line at NUREG-series0090 Volume 31 [<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr0090>].
 54. NRC, November 1999, Report to Congress on Abnormal Occurrences - Fiscal Year 2009, on line at NUREG-series0090 Volume 32 [<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr0090>].
 55. NRC, November 1999, Report to Congress on Abnormal Occurrences - Fiscal Year 2010, on line at NUREG-series0090 Volume 33 [<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr0090>].
 56. NRC, November 1999, Report to Congress on Abnormal Occurrences - Fiscal Year 2011, on line at NUREG-series0090 Volume 34 [<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr0090>].
 57. NRC, November 1999, Report to Congress on Abnormal Occurrences - Fiscal Year 2012, on line at NUREG-series0090 Volume 35 [<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr0090>].
 58. NRC, November 1999, Report to Congress on Abnormal Occurrences - Fiscal Year 2013, on line at NUREG-series0090 Volume 36 [<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr0090>].
 59. NRC, November 1999, Report to Congress on Abnormal Occurrences - Fiscal Year 2014, on line at NUREG-series0090 Volume 37 [<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr0090>].
 60. NRC, November 1999, Report to Congress on Abnormal Occurrences - Fiscal Year 2015, on line at NUREG-series0090 Volume 38 [<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr0090>].
 61. NRC, November 1999, Report to Congress on Abnormal Occurrences - Fiscal Year 2016, on line at NUREG-series0090 Volume 39 [<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr0090>].
 62. International Atomic Energy Agency. "Summary Report on the Post-Accident Review Meeting on the Chernobyl Accident". IAEA, Vienna, 1986. (Safety Series No.75-INSAG-1);
 63. COOPER, M.D.; FINDLEY, L.J. (2013). "Strategic Safety Culture Roadmap". BSMS Inc. Franklin, IN, USA;
 64. ORTIZ, P., M. ORESEGUN, and J. WHEATLEY, 2000, "Lessons from major radiation accidents," on line, International Radiation Protection Association Available at: <http://www.irpa.net/irpa10/cdrom/00140.pdf>. (2016);
 65. ROZENTAL, J.J, "Two Decades of Radiological Accidents Direct Causes and Consequences", Brazilian Archives of biology and technology, International Journal - vol.45 special, pp 125-133, Brasil, (2002);
-

66. United States Nuclear Regulatory Commission. Event Notification Reports. Available at: <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/event-status/event/> (2016).
 67. CARREGADO, MA., TRUJILLO CERDA, L., "Accidents and incidents in the nuclear area in Latin America and Caribe: Recopilación Bibliográfica", CNEA, Buenos Aires, (2001). (In Spanish);
 68. TURAI, I, VERESS, K. "Radiation Accidents: Occurrence, Types, Consequences, Medical Management, and the Lessons to be Learned". CEJOEM, Vol. 7, P. 3-14, 2001;
 69. FILHO, A.P.G, ANDRADE, J.C.S., MARINHO, M.M.O. "Cultura e gestão da segurança no trabalho: uma proposta de modelo". Gest. Prod. [online]. 2011, vol.18, n.1, pp.205-220. ISSN 0104-530X. [<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2011000100015>] (2017);
 70. International Atomic Energy Agency, "Planning the medical response to radiological accidents", IAEA, Vienna, (1998) (Safety Report Series nº 4);
 71. BOISSON, L.F. Fundamentos de Proteção Radiológica. 1.Ed. Rio de Janeiro: Radioproteção Eirelli – ME, 2013 - pp.66;
 72. LEITE, E.R.; OLIVEIRA, R.L.; VICENTE, R. Use of reports on accidents with sealed sources to conceive scenarios of human intrusion into waste repositories. Belo Horizonte-MG, 2011. http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/43/046/43046417.pdf (2011);
 73. LEITE, E.R.; VICENTE, R.; NASCIMENTO, A.V. Accidents and Incidents With Sealed Radioactive Sources. XI Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear, Congreso Regional IRPA, 2018.
-