

Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz



ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA
SERGIO AROUCA
ENSP

“Exposição crônica a radiação ionizante: realidade ou fantasia. A construção de um protocolo para avaliação”

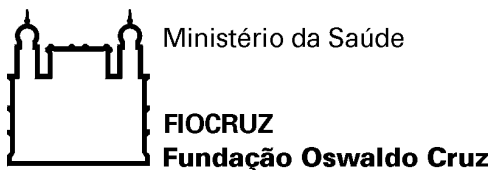
por

Antonio Sergio Almeida Fonseca

*Dissertação apresentada com vistas à obtenção do título de Mestre
Modalidade Profissional em Saúde Pública.*

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Liliane Reis Teixeira

Rio de Janeiro, novembro de 2009.



Esta dissertação, intitulada

“Exposição crônica a radiação ionizante: realidade ou fantasia. A construção de um protocolo para avaliação”

apresentada por

Antonio Sergio Almeida Fonseca

foi avaliada pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Genesio Vicentin

Prof. Dr. Frederico Peres da Costa

Prof.^a Dr.^a Liliane Reis Teixeira – Orientadora

Catálogo na fonte

Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica
Biblioteca de Saúde Pública

F676 Fonseca, Antonio Sergio Almeida
Exposição crônica à radiação ionizante: realidade ou fantasia. A
construção de um protocolo para avaliação. / Antonio Sergio Almeida
Fonseca. --Rio de Janeiro: s.n., 2009.
xiv, 154f., il., tab., graf., mapas

Orientadora: Teixeira, Liliene Reis
Dissertação (Mestrado) – Escola Nacional de Saúde Pública
Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2009

1. Exposição Ambiental. 2. Radiação Ionizante. 3. Urânio -
toxicidade. 4. Avaliação. 5. Vigilância da População. 6. Neoplasias.
I. Título.

CDD - 22.ed. – 539.722

**Para meus pais Milton (*“in memorian”*) e Leonor,
pelo exemplo de vida que me proporcionam
e pelo amor que me dedicam.**

**Para meus irmãos
Moacyr, Jorge Ricardo e João Ricardo,
pelos primeiros projetos na vida.**

**Para Carla,
minha amada e companheira,
pelo apoio e carinho.**

**Para Fabinho e Carol,
por existirem e me
apontarem o futuro.**

Agradecimentos

Ao Professor Frederico Peres, em nome da Coordenação do Curso, por todos os ensinamentos e dedicação, sendo o principal incentivador desta dissertação de mestrado.

À minha orientadora Professora Liliane Reis Teixeira pela confiança, esforço, atenção, dedicação, gentileza e paciência.

Aos meus chefes Ary Carvalho de Miranda, Else Bartholdi Gribel e Hermano Albuquerque Castro por todo o apoio e incentivo dado.

Aos pesquisadores do grupo de trabalho no tema radiação ionizante do CESTEHE, Arnaldo Lassance, Daniel Soranz, Luiz Felipe Pinto, Tarcísio Cunha e Luiz Antonio Camacho e minha amiga Daniela Tarta, que me mostraram este caminho.

A Leandro Tostes pelo trabalho conjunto com a revisão bibliográfica.

Aos colegas Ana Beatriz, Josino, Lucinha, Tânia, Joel e Paulo da VPSRA pela compreensão e incentivo.

Aos meus ex-colegas do CSEGSF pelos mais de 20 anos de convívio e troca de experiência e aos meus atuais colegas do CESTEHE pelo acolhimento e apoio na preparação desta dissertação.

Aos colegas de turma pelo convívio e companheirismo.

Epígrafe

*... Já podaram seus momentos
Desviaram seu destino
Seu sorriso de menino
Quantas vezes se escondeu
Mas renova-se a esperança
Nova aurora, cada dia
E há que se cuidar do broto
Pra que a vida nos dê flor
Flor e fruto...*

(Coração de Estudante - Milton Nascimento e Wagner Tiso.)

Índice:

I. Introdução	1
II. Saúde e Radiação Ionizante	8
II.a. A Saúde Ambiental – marcos histórico e conceitual	8
II.b. A Radiação Ionizante, o homem e o meio ambiente	16
II.c. Câncer, malformação congênita e exposição à radiação ionizante	28
II.d. A política nuclear através do tempo, no Brasil e no mundo	34
III. Justificativa	44
IV. Objetivos	46
IV.a. Objetivo geral	46
IV.b. Objetivos específicos	46
V. Metodologia	47
V.a. Pressupostos metodológicos	47
V.b. Revisão bibliográfica sistemática	49
VI. Resultados e Discussão	57
VI.a. Os periódicos da revisão	60
VI.b. Os artigos e a relação com a radiação ionizante	66
VI.c. O Protocolo e sua Aplicação	84
• Realizar o diagnóstico do sistema de saúde local	85
• Avaliar a percepção de risco da população exposta	87
• Monitorar periodicamente a concentração de urânio no ambiente	91
• Avaliar diferentes padrões de morbi-mortalidade na área e identificar grupos mais expostos	92
• Estudar efeitos em trabalhadores e populações vizinhas com maior exposição potencial, identificando biomarcadores	95
• Estudar indivíduos com alterações nos biomarcadores identificados	97
VII. Conclusões	100
VIII. Referências	103
IX. Anexos	
Anexo 1 – Síntese dos artigos da revisão bibliográfica	124
Anexo 2 - Distribuição dos artigos encontrados segundo país, ano da publicação, periódico, desenho epidemiológico, população alvo e relação com a exposição à radiação ionizante	150
Anexo 3 - Principais indicadores do protocolo	152

Lista de Figuras:

Número	Título	Página
FIGURA 1	Deposição de Césio-137, na seqüência do acidente de Chernobyl.	02
FIGURA 2	Fissão Nuclear.	16
FIGURA 3	Efeitos possíveis da exposição às radiações ionizantes	20
FIGURA 4	Localização das Reservas de Urânio no Brasil.	23
FIGURA 5	Mecanismos de exalação do radônio a partir do solo e materiais de construção.	24
FIGURA 6	Redução da concentração do radônio no interior das casas com a ventilação natural.	25
FIGURA 7	Linfócitos binucleados corados com Giemsa–Wright com a presença de micronúcleos.	96
FIGURA 8	Aberração cromossômica colorida por Giemsa.	98

Lista de Gráficos:

Número	Título	Página
GRÁFICO 1	Geração de Energia Elétrica de Acordo com a Fonte no Brasil e no Mundo.	22
GRÁFICO 2	Distribuição dos artigos encontrados segundo desenho epidemiológico do estudo.	58
GRÁFICO 3	Distribuição dos artigos encontrados segundo população-alvo.	58
GRÁFICO 4	Distribuição de estudos por tipo de exposição ocupacional.	59
GRÁFICO 5	Distribuição dos artigos pela relação com radiação ionizante.	59
GRÁFICO 6	Distribuição dos estudos por tema central.	60
GRÁFICO 7	Distribuição dos artigos por país de origem.	61
GRÁFICO 8	Distribuição dos periódicos de acordo com a classificação <i>Qualis/ Capes</i> área de avaliação: saúde coletiva, 2007.	65
GRÁFICO 9	Distribuição dos estudos transversais por tema central	70
GRÁFICO 10	Distribuição dos artigos por população alvo e relação com a radiação ionizante.	74
GRÁFICO 11	Distribuição do nº de estudos por tipo de câncer.	78
GRÁFICO 12	Características qualitativas do risco percebido por uma população para os raios-X e energia nuclear através de 9 indicadores.	89

Lista de Quadros:

Número	Título	Página
QUADRO 1	Efeitos determinísticos esperados em função da exposição	19
QUADRO 2	Projeções da demanda brasileira de urânio.	23
QUADRO 3	Distribuição do urânio no organismo humano.	25
QUADRO 4	Descrição das taxas estimadas para ingestão diária de urânio (µg U/day) em diferentes países.	26
QUADRO 5	Algoritmo da saúde ambiental: marco conceitual individual.	31
QUADRO 6	Marcos da história da política nuclear brasileira.	38
QUADRO 7	Estrutura e atividades do setor nuclear brasileiro.	42
QUADRO 8	Palavras-chave utilizadas na 1ª parte da revisão.	49
QUADRO 9	“Websites” ministeriais consultados.	50
QUADRO 10	CrITÉrios de inclusão e exclusão na revisão sistemática da literatura.	51
QUADRO 11	Doenças relacionadas à radiação ionizante.	54
QUADRO 12	Fluxograma dos principais elementos constituintes do processo de avaliação de risco.	55
QUADRO 13	CrITÉrios de Classificação “Qualis/ Capes” Área de Avaliação: Saúde Coletiva, 2007.	63
QUADRO 14	Indicadores de avaliação de periódicos.	64
QUADRO 15	Resposta dos biomarcadores em relação aos eventos ambientais indutores do câncer.	79
QUADRO 16	Distribuição dos estudos com exames complementares por desenho, população alvo, tipo de exame e relação com a radiação ionizante.	81
QUADRO 17	Pontos norteadores do protocolo.	85
QUADRO 18	Componentes da análise de risco.	88
QUADRO 19	Dimensões qualitativas do risco usadas em parâmetros psicométricos.	90
QUADRO 20	Protocolo de acordo com o grupo de estudos.	101

Lista de Tabelas:

Número	Título	Página
TABELA 1	Reservas mundiais de urânio	21
TABELA 2	Produção de urânio no mundo.	21
TABELA 3	Geração nucleoeétrica no Brasil: previsão – PNE 2030.	41
TABELA 4	Distribuição dos artigos encontrados segundo bases de dados bibliográficas.	57
TABELA 5	Distribuição dos periódicos de acordo com o nº de citações.	65
TABELA 6	Distribuição dos estudos por desenho e relação com a exposição à radiação ionizante.	66
TABELA 7	Distribuição dos estudos transversais por tamanho da amostra e relação com a exposição à radiação ionizante.	71
TABELA 8	Distribuição dos estudos de coorte por tamanho da amostra, relação com a exposição à radiação ionizante e população alvo.	72
TABELA 9	Distribuição dos estudos por desenho, em trabalhadores e na população geral, e a relação com a exposição à radiação ionizante.	74
TABELA 10	Distribuição dos subgrupos de artigos com estudos populacionais por desenho epidemiológico, tema central e relação com a radiação ionizante.	76
TABELA 11	Agravos clínicos encontrados e relação com a radiação ionizante.	77
TABELA 12	Distribuição dos artigos por tipo de biomarcador.	80

Lista de Abreviaturas e Siglas:

Abrev.	Significado
ADA	Autoridade de Desenvolvimento Atômico
Bq	Becquerel
BVS	Biblioteca Virtual em Saúde
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CI	Intervalo de confiança
Ci	Cury
CID-10	Classificação Internacional de Doenças, 10 ^a revisão
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNPq	Conselho Nacional de Pesquisa
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CSPN	Conselho Superior de Política Nuclear
DNA	Ácido desoxirribonucléico
EEG	Eletroencefalograma
EIA	Estudos de Impacto Ambiental
Eletróbrás	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
Eletronuclear	Eletróbrás Termonuclear S.A.
EPA	Environmental Protection Agency
Euratom	European Atomic Energy Community
FISH	Hibridização por fluorescência “ <i>in situ</i> ”
GM	Gabinete do Ministro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INB	Indústrias Nucleares do Brasil S.A.
IPEN	Instituto de Pesquisas de Energia Nuclear
IPR	Instituto de Pesquisas Radioativas
IRD	Instituto de Radioproteção e Dosimetria
ISI	Institute for Scientific Information
JCR	Journal Citation Reports;
Lilacs	Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde

Abrev.	Significado
Medline	Medical Literature Analysis and Retrieval System on Line
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
MS	Ministério da Saúde
mSv	Mili-Sievert
µg/ml	Micrograma por mililitro
mg/ml	Miligrama por mililitro
MW	Megawatt
NORM	Naturally occurring radioactive material
NUCLEP	Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A.
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
ONU	Organização das Nações Unidas
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PNE	Plano Nacional de Energia
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
ppm	Partes por milhão
RAP	Rapid Assessment Produce
RIMA	Relatórios de Impacto Ambiental
RMP	Razão de mortalidade padronizada
rpm	Rotação por minuto
RR	Risco relativo
SAR	Sociedad Argentina de Radioproteccion
SBF	Sociedade Brasileira de Física
SIH	Sistema de Informações de Internações Hospitalares
SIM	Sistema de Informações sobre Mortalidade
SINASC	Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos
SINAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SUS	Sistema Único de Saúde

Abrev.	Significado
t	Tonelada
TENORM	Technologically enhanced naturally occurring radioactive substances
U	Urânio
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations
USAEC	United States Atomic Energy Commission
WHO	World Health Organization (Organização Mundial da Saúde)

RESUMO:

Fonseca ASA. “Exposição Crônica à Radiação Ionizante: Realidade ou Fantasia. A Construção de um Protocolo para Avaliação”. 2009. Dissertação (Mestrado) do Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública e Meio Ambiente da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro – RJ.

A necessidade de monitorar populações expostas à radiação ionizante tem apresentado demanda crescente no Brasil. O presente trabalho tem por objetivo construir um instrumento de estudo que permita realizar a avaliação deste impacto. A metodologia usada foi a da construção do protocolo a partir da revisão sistemática da literatura com o descritor “radiação ionizante” nas bases de dados *Medline* e *Lilacs*, no período de 1998-2008, com filtros específicos. O universo foi de 57 artigos que foram avaliados pelo desenho epidemiológico, população alvo, país de publicação e relação com a radiação ionizante. Os resultados mostraram que 84,2% das publicações apresentam relação positiva com a radiação ionizante. A partir dos resultados conclui-se que os estudos epidemiológicos caso-controle, transversais e de coorte são fundamentais nessa avaliação. As populações expostas ambientalmente ou ocupacionalmente são indicadas para estudos, principalmente a população adulta. Câncer e aberrações cromossômicas são marcadores apropriados para essa avaliação e, por fim, esses resultados apontam para a construção do protocolo que contemple o diagnóstico do sistema de saúde local, avaliação da percepção de risco da população, monitoramento da concentração de urânio ambiental, avaliação dos padrões de morbi-mortalidade, biomarcadores de efeitos em populações com exposição aumentada e avaliação dos indivíduos com biomarcadores alterados.

Palavras-chave:

“radiação ionizante”; “saúde ambiental”; “carcinogênese”; “contaminação por urânio”; “vigilância em saúde”.

ABSTRACT:

FONSECA ASA. “Chronic Exposure to Ionizing Radiation: Reality or Fantasy. The Construction of an Evaluation Protocol”. 2009 Master’s Degree Dissertation for the Public Health and Environment Post-Graduation Program of National School of Public Health Sérgio Arouca, Oswaldo Cruz Foundation, Rio de Janeiro – RJ.

There is a growing demand to monitor populations exposed to ionizing radiation in Brazil. This work aims to create a research tool to enable the impact assessment. The adopted methodology was the systematic research in the Medline and Lilacs database within the period from 1998 to 2008 for the “ionizing radiation” descriptor using specific filters. There were a total of 57 used articles that have been evaluated by the epidemiological characteristics, population, country of publication and relation to ionizing radiation. The results showed that 84.2% of the publications have positive relationship with the ionizing radiation. From the results it is concluded that epidemiological studies, case-control, cross-sectional and cohort are fundamental in the evaluation. Populations exposed occupationally or environmentally are suitable for studies, especially the adult population. Chromosome aberrations and cancer are appropriate markers for this assessment and, finally, the results point to the creation of a protocol that addresses the diagnosis of local health system, assessment of population’s risk perception, monitoring of the environmental uranium concentration, evaluation of the morbi-mortality patterns, effect biomarkers in populations with increased exposure and evaluation of individuals with altered biomarkers.

Keywords:

“radiation, ionizing”; “environmental health”; “carcinogenesis”; “uranium contamination”; “surveillance health”.

“Exposição Crônica à Radiação Ionizante: Realidade ou Fantasia. A Construção de um Protocolo para Avaliação”.

Aluno: Antonio Sergio Almeida Fonseca

Orientadora: Liliane Reis Teixeira

I. INTRODUÇÃO:

A utilização da energia nuclear no mundo, e em particular os seus efeitos, tem gerado mitos e fantasias. Suas repercussões no imaginário dos profissionais de saúde e na sociedade são as mais variadas, e a necessidade de descrição dos seus efeitos tem sido preocupação desde o início da sua utilização, como pode ser observado na publicação de 1959 da Organização Mundial da Saúde. O material publicado desta oficina identifica os potenciais perigos para a população e o desconhecimento dos profissionais de saúde pública da época. No documento são apresentados conceitos indispensáveis para proteger a população contra os perigos da radiação ¹.

A tecnologia nuclear e suas múltiplas aplicações no campo civil tiveram sua origem mundialmente relacionada com fins militares ². No Brasil isso também aconteceu e as primeiras pesquisas na área nuclear foram realizadas na década de 30, mas foi a partir de 1945, após o ataque nuclear norte-americano a Hiroshima e Nagasaki, que aumentou o interesse na área, ganhando um maior incremento a partir da criação do Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) em 1951 ^{3, 4}. No período ditatorial, iniciado em 1964, este perfil foi consolidado, com o surgimento do conceito de segurança nacional. Esta posição fez com que o distanciamento da sociedade civil ampliasse ³. Desde então a política nuclear brasileira passou por momentos de investimentos, normalmente acompanhando os ciclos desenvolvimentistas, alternando com períodos de pouco incremento.

A partir dos acidentes nucleares como os de *Three Mile Island* ocorrido em 1979, nos Estados Unidos e de Chernobyl em 1986, na Ucrânia (Figura 1), as relações com riscos do emprego da tecnologia nuclear para a saúde humana e ao meio ambiente assumiram papel de destaque na sociedade ^{5, 6, 2}. No acidente de Chernobyl, 6,6 milhões de pessoas foram expostas à radiação ionizante, matando 56 diretamente e outras quatro mil de câncer

FIGURA 1

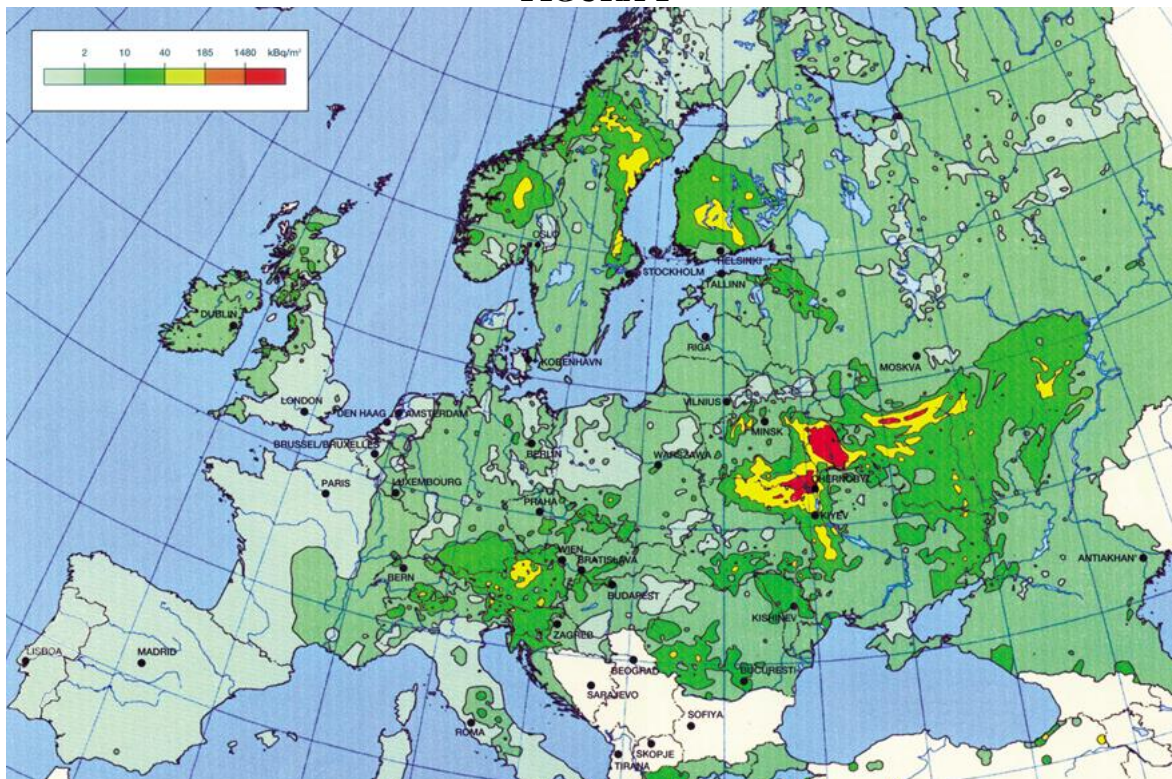


Figura 1 - Deposição de Césio-137, na sequência do acidente de Chernobyl.

Fonte: Atlas of caesium deposition in Europe after the Chernobyl accident, EUR report 16733, 1996.

No Brasil, o mais relevante acidente radiológico ocorreu em Goiânia, em 1987, no qual houve contaminação com césio 137, a partir de um equipamento radiológico abandonado ⁷. Da mesma forma como em Chernobyl, os problemas sociais, políticos, econômicos e técnicos, foram relatados, incluindo sentimentos de insegurança, discriminação e depressão da população, além da resistência aos produtos comercializados pela cidade ⁸. Esta situação gerou uma mobilização da sociedade como descrito por Oliveira (4:2008) ²:

“O maior efeito do acidente de Goiânia foi chamar a atenção da sociedade brasileira sobre os perigos da radioatividade. Os riscos associados à radiação

geraram dúvidas quanto à segurança de seus usos desde a produção de energia, às aplicações na agricultura, na indústria e na engenharia médica. Estes aspectos foram problematizados pela mídia e os receios sobre a radiação espalharam-se pelo país”.

Desde então, diversos estudos de avaliação dos riscos à saúde e ao meio ambiente têm sinalizado para possíveis riscos para as populações expostas a fontes de radiação natural, bem como nas regiões circunvizinhas às usinas nucleares ^{9, 10, 11, 12, 13}. Estes estudos visam análises que permitam quantificar a relação direta entre emissões de radiação ionizante e danos à saúde das populações humanas e não humanas. Estes estudos foram realizados com abordagens relacionadas principalmente à toxicologia, adotando-se modelos com agente causal pareado ou isolado de outras variáveis que possam interferir neste processo, ou seja, as variáveis de confundimento, os “*confoundings*” ¹⁴.

No Brasil, a necessidade de avaliar impacto da exposição potencial à radiação ionizante numa determinada população, tem apresentado uma tendência crescente, em particular nas áreas próximas às usinas nucleares ou às minas de extração de urânio ^{15, 16, 17, 18, 19}. Esta preocupação não está restrita apenas a comunidade científica, mas está presente nos mais diversos setores da sociedade.

O reconhecimento e a aceitação dos inerentes limites do conhecimento científico acerca de problemas ambientais e das incertezas que o acompanham, assim como dos perigos associados à utilização de inovações industriais, nucleares ou não, conduzem, segundo Wynne (117:1992) ²⁰, a uma preocupação ética constante para as empresas, grupos de pesquisa, governo e sociedade.

A citação de Rigotto (390: 2003) ²¹ reforça esta preocupação descrita no parágrafo anterior:

“... o ambiente – vivo e propiciador da vida – apresenta também ameaças. Algumas delas são naturais – embora possam ser influenciadas pela ação antrópica, pelo menos em suas conseqüências – como os terremotos, vulcões, tornados, inundações.

Outras ameaças – crescentes e que põem em risco a manutenção da vida no Planeta – devem ser debitadas na conta da intervenção da sociedade sobre a Natureza e, por isso, exige de nós uma profunda reflexão”.

Como relata Stengers (57:1990) ²², o conhecimento científico é construído através do compromisso ético com a vida, no qual são enunciados os riscos e os sistemas ambientais. Os julgamentos sociais tácitos sobre o próprio mundo em que vivemos também contribuem para esta construção. A não existência do reconhecimento desse aspecto altera o debate público, de acordo com Wynne (118:1992) ²⁰.

O entendimento entre o conhecimento científico e a participação da população com o seu conhecimento, bem como a escolha de valores públicos para a construção dos processos decisórios que regulamentam tecnologias ambientalmente sustentáveis, é de fundamental importância.

A não utilização destes conhecimentos limita o escopo da concepção de mudanças sociais e ambientais, reduzindo um elemento complexo de estudos a um único olhar, o olhar técnico da ciência ^{23, 24}. Como a cadeia causal do conhecimento é aberta, os seus resultados são indeterminados e depende do componente biológico, genético aliado à dimensão contextual sócio-ambiental em que ocorrem as exposições aos agentes físicos e químicos ^{20, 23}.

Da mesma maneira, a ação das sociedades contemporâneas é capaz de interferir profundamente nos mecanismos de regulação da biosfera e, as ações locais são capazes de interagir com ações globais (micro e macro). Todavia, um determinado padrão de crescimento industrial, que aconteceu principalmente nos países desenvolvidos, gerou fontes de poluição que interferiram diretamente no ambiente global. Estas sociedades historicamente estabelecem relações entre riscos gerados pelas indústrias com os locais de trabalho, meio-ambiente e a saúde das pessoas. Esta relação é mais perceptível nos processos industriais mais poluentes como petroquímico, químico e nuclear. Nestes processos, a percepção dos riscos não se restringe aos limites do próprio ambiente do trabalho, envolvendo toda a sociedade e o meio-ambiente ²⁵.

Atualmente, no Brasil, estas atividades estão norteadas pela Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), que foi estabelecida a partir da edição da Lei 6.938 de 31/08/1981 ^{26,27}. Segundo Karpinski (2:2008) ²⁷, a publicação desta política foi um marco nacional para estabelecer uma discussão acerca da possibilidade de aliar o desenvolvimento econômico e social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico. A partir deste marco foram eleitas as áreas prioritárias da ação governamental para o desenvolvimento de pesquisas e tecnologias que utilizem racionalmente os recursos ambientais. Ainda nesta lei, o poluidor ou predador tem a obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados.

Apesar destas constatações, a aplicação de atividades de intervenção tem sido muito limitada, e conseqüentemente, grupos populacionais permanecem expostos a numerosos riscos ambientais a sua saúde. A pouca comprovação efetiva destas relações com a exposição e o dano tem representado um obstáculo aos meios de intervenção necessários.

Segundo Rigotto (396-397:2003) ²¹, existe a dificuldade do estabelecimento desta relação causa-efeito das questões de natureza ambiental sobre a população, particularmente quando este grupo populacional apresenta uma maior vulnerabilidade a diversos fatores ou fontes poluentes. Nesta situação as fontes são dispersas e variadas e a exposição ocorre por tempo prolongado com baixas doses.

Ainda, segundo o autor, outros quatro pontos contribuem para a dificuldade do estabelecimento de relação direta entre alterações de saúde e ambiente. O primeiro diz respeito à falta de inventários das fontes de contaminação e da pressão exercida por estas fontes sobre o ambiente. A segunda questão está relacionada às oscilações dos níveis de contaminação ambiental, pelos ciclos de atividade da própria fonte bem como por componentes que possam influenciar o clima. Em terceiro lugar, a avaliação de exposição é usualmente aferida de forma indireta através de biomarcadores nos indivíduos, que estariam sujeitos a variações de acordo com o tempo de exposição ao ambiente externo, localidade da moradia, capacidade de penetração do poluente no domicílio e a multiplicidade de

poluentes sofrendo interferência entre eles. E por fim, a qualidade das fontes nas quais são captadas as alterações de saúde tanto por morbidade, quanto por registros de internações e óbitos.

Assim sendo, a construção de indicadores para o monitoramento das questões ambientais seria de grande valor para a vigilância ambiental em saúde, pois a escolha destes indicadores permite a realização de um maior controle das fontes poluentes. Esta escolha deverá estar norteada por algumas características tais como: corresponder à realidade local, ter sustentabilidade científica, ser de fácil aplicação e compor uma matriz global no sistema de informação ²⁸. Outra proposta para a escolha de indicadores foi apresentada por Rebouças e Pereira (238:2008) ²⁹:

- a. *Facilidade de compreensão por uma grande parcela de público;*
- b. *Origem dos dados (sistemas de informação nacionais, de responsabilidade do governo);*
- c. *Objetividade (dados baseados em pesquisa);*
- d. *Equilíbrio entre os indicadores (nenhuma área é mais privilegiada do que outra);*
- e. *Periodicidade da coleta de dados, o que permite o estabelecimento da tendência e da evolução da característica que está sendo monitorada pelo indicador; e*
- f. *Representação de grandes segmentos da população idosa (ao invés de se referirem a um grupo em particular).*

No Brasil, no contexto atual em que o desenvolvimento científico e tecnológico para o crescimento econômico é apontado como a principal alternativa para a solução dos problemas sócio-econômicos da população, esse crescimento implica na melhoria da infraestrutura nacional e da ampliação das fontes energéticas ³⁰, tais fatos permitem o surgimento de algumas indagações como:

1. Como a retomada do Programa Nuclear Brasileiro pode gerar ou aumentar os riscos à saúde da população, a partir da exposição crônica à radiação ionizante?

2. De que maneira esta exposição crônica em baixas doses pode interferir na saúde da população?
3. Como é possível avaliar o impacto desta radiação crônica em baixas doses na saúde da população através da morbi-mortalidade por câncer e malformação congênita?
4. Que tipos de estudos permitem avaliar o impacto da radiação ionizante crônica em baixas doses na população exposta?
5. A partir dos estudos existentes, como configurar um protocolo a ser utilizado a nível nacional?

Estas perguntas norteadoras auxiliaram na definição do objeto deste estudo enquanto um modelo para a vigilância à saúde das populações expostas cronicamente à radiação ionizante. Da mesma forma, estas questões remetem para a reflexão acerca da importância de avaliar o impacto que esta exposição crônica possa gerar nas populações moradoras e nos trabalhadores destas áreas. Apontam também para a necessidade da construção de um protocolo de estudo que permita avaliar os possíveis danos gerados pela radiação ionizante, utilizando os estudos existentes para a área, e adequando-os à realidade da política nuclear brasileira, que vive um momento de retomada.

Desta maneira, este estudo deverá permitir a construção de uma forma sistemática e padronizada, de um instrumento que possa ser aplicado em todo o território nacional, capaz de avaliar o impacto gerado pela exposição crônica à radiação ionizante. A revisão da literatura científica sobre o tema em questão possibilitará a comparação dos modelos de estudos existentes e poderá subsidiar as ações governamentais para o monitoramento destes grupos populacionais expostos.

II. SAÚDE E RADIAÇÃO IONIZANTE:

II.a. A SAÚDE AMBIENTAL – MARCOS HISTÓRICO E CONCEITUAL:

A história da saúde ambiental global tem alternado momentos de grande notoriedade com momentos de descaso. Avanços conquistados nas abordagens conceituais e metodológicas levaram a saúde ambiental a assumir papel de destaque nas questões relacionadas ao desenvolvimento sustentável, direitos civis e da segurança humana ³¹.

Durante todo o século passado, a preocupação da comunidade científica, governos e da sociedade em relação ao meio ambiente estava concentrada em ações destinadas à conservação e preservação da natureza. O enfoque destas ações ocorria no ambiente biofísico, segundo Freitas (679:2005) ³², “*na gestão da vida selvagem, conservação do solo, poluição aquática, degradação e desertificação da terra*”.

Neste contexto, o homem seria o gerador destes problemas, entretanto a partir de 1972, na Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, na Suécia, houve uma mudança do foco biofísico, com atividades voltadas para a preservação da natureza, o ambiente global, valorizando as questões relativas à qualidade ambiental enquanto um direito humano fundamental na construção de sua saúde. Este processo de valorização ocorre com a inserção desta temática no debate político local, nacional e internacional ³².

Após vinte anos, outro marco histórico neste processo foi a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, no Brasil que construiu um programa de ações, intitulado Agenda 21, com inúmeros compromissos com a questão ambiental ^{33,32}.

A Agenda 21 é um programa de ação que constitui uma iniciativa de promover em escala mundial, um novo padrão de desenvolvimento, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica. Este documento é consensual para o qual contribuíram governos e instituições da sociedade civil de 179 países e colocaram a questão ambiental no foco principal do debate entre o desenvolvimento e o meio ambiente ³³.

Ainda que a questão ambiental seja abordada historicamente pelas relações e interpretações entre o homem e a natureza, através de processos classificados como artificial-cultural e o natural, esta relação sofre interferências das correntes filosóficas “*naturalistas*” e “*artificialista*”³⁴. Segundo esse autor, houve no mundo ocidental, dois breves períodos com predomínio da corrente filosófica “*artificialista*” em relação a “*naturalista*”. Estes dois períodos, pré-socrático e pré-cartesiano, correspondem à chamada “*depressão filosófica*”, que são momentos em que a representação naturalista passaria por processos de reconstituição.

No período atual, possivelmente estaria iniciando outra fase de “*depressão filosófica*”, entre a concepção “*artificialista*” e “*naturalista*”, marcada pela atuação da racionalidade científica contemporânea como elemento de intermediação das relações do homem e da sociedade com a natureza. Esta racionalidade é definida por Silva e Schramm (1997)³⁵ appud Hottois (1994)³⁶, como tecnociência e denota a estreita ligação existente entre o técnico e o epistêmico e a ação e a cognição:

“A tecnociência produziu um mito evolucionista que vê a física, a biologia e as tecnologias da inteligência sob um ângulo sistemista e operacionalista, destacando que o mito tecnocientífico busca se desenvolver de forma absolutizada ou autonomizada, fora de toda consideração antropológica e, bem entendida, ética”.

Hottois, (72:1994)³⁶.

A situação ambiental atual retrata um momento de “*crise de relação*” e de “*crise de valores*”, em que de fato se caracteriza uma crise da racionalidade das relações estabelecidas entre os seres humanos e entre todos os seres vivos, bem como o seu espaço de existência. Além desta crise, o processo de globalização requer o surgimento de novos valores para o enfrentamento destas questões³⁵.

No momento as sociedades contemporâneas globalizadas apresentam um mesmo padrão geral, a despeito das diversidades locais, constituindo um processo de unificação das economias dos países aos princípios do capital internacional do centro do poder financeiro mundial ³⁷.

O processo de globalização / mundialização da economia, na busca de atender a uma necessidade crescente de saída de produtos gerados pela burguesia industrial para novos mercados, não foi uma realidade nova, porém esse fato criou as condições de estabelecimento de vínculos com todas as partes do mundo, fundamental na transformação das economias nacionais para as “*mundializadas*” ³⁸. Ainda segundo os mesmos autores, esta transformação passou a assumir uma necessidade vital para as nações civilizadas, utilizando matérias primas vendidas em diversos lugares no mundo e consumida mundialmente e não apenas no país onde foi produzida. Este intercâmbio mundial conduziu a uma interdependência universal das nações, tanto na produção de bens materiais quanto na produção intelectual.

O projeto de mundialização das relações econômicas, sociais e políticas surge com a ampliação do comércio internacional no início do século XVI e avança através dos séculos acompanhando a expansão capitalista e se solidifica com os padrões do modelo científico e técnico vigentes no século XX. Estes padrões, que constituíram a “*revolução técnico científica*”, geraram transformações repentinas nos seres vivos e nas relações do homem com a natureza. Estas mudanças, sobretudo a partir dos anos 70, quando o termo globalização passa a ser largamente utilizado para definir estes fenômenos de transformação, interferiram nas relações internacionais em diversas áreas da vida social ³⁷.

O processo de globalização é caracterizado por diversas formas de universalização dos campos da vida do homem ^{39, 40}. Estas “*universalizações*” estão fundamentadas na economia liberal e foram categorizadas por Santos (16:1997) ⁴⁰:

- a. Da produção, incluindo a produção agrícola, a produção industrial e o “marketing”;
- b. Dos intercâmbios;
- c. Do capital e seus mercados;

- d. Das mercadorias, dos preços e do dinheiro como mercadoria padrão;
- e. Das finanças e das dúvidas;
- f. Dos modelos de utilização dos recursos por meio de uma universalização das técnicas;
- g. Do trabalho, isto é, do mercado de trabalho e o trabalho improdutivo;
- h. Do ambiente das empresas e das economias;
- i. Dos gostos e do consumo de vestidos e alimentos;
- j. Da cultura e dos modelos de vida social;
- k. De uma racionalidade a serviço do capital erguida sobre uma moralidade igualmente universalizada;
- l. De uma ideologia mercantil concebida no exterior;
- m. Do espaço;
- n. Da sociedade mundializada e do homem.

As transformações globais contemporâneas foram acompanhadas pelas chamadas ciências positivas, com suas características operativas, as quais assumiram papel fundamental para as inovações nos processos industriais que acompanharam. Os espaços da cultura dominante de estilo metafísico do conhecimento especulativo foram ocupados por essas ciências³⁷.

Segundo Santos (17:1997)⁴⁰, “existe atualmente uma interdependência entre a ciência e a técnica, com a primeira precedendo a segunda, resultando em uma tecnologia utilizada mundialmente, com o objetivo do alcance de lucros”. Conseqüentemente, uma grande parte das investigações científicas é direcionada para a criação de novas técnicas que aumentem a rentabilidade dos processos de produção³⁷.

O processo de globalização constituído permitiu a universalização de um modelo de desenvolvimento pouco crítico, no qual os fins, a obtenção de lucro, justificavam os meios, incluindo a pouca preocupação com as relações de preservação do ambiente. A citação abaixo retrata bem este processo:

“Na história da humanidade, foi um momento crítico de encontro entre a sólida ideologia do desenvolvimento e a emergente consciência ambiental. De um lado, esta sesquicentenária significação imaginária social, que cresce e se expande junto com a burguesia, a partir do século XIV. Envolvendo as idéias de racionalidade, economia, progresso, expansão e crescimento, ela institui a crença de que o objetivo central da vida humana é o crescimento ilimitado da produção e das forças produtivas” (Castoriadis, 156:1987) ⁴¹.

A despeito deste processo, em que os avanços científicos e tecnológicos contribuíram para a redução da prevalência de determinadas doenças associadas à fome e à miséria, estes avanços fizeram surgir “*novos riscos*”, expondo todos os dias milhões de pessoas nos seus locais de habitação ou trabalho, na cadeia alimentar, no solo em que pisam, no ar que respiram e na água que consomem ^{42, 23}.

“O atual momento histórico aponta, sem dúvida, para a importância da reflexão a respeito das sociedades industriais contemporâneas e seus impactos sobre a saúde e o meio ambiente nos diversos círculos sociais. É necessário abordar, dentro desta temática, a relação entre trabalho, saúde e meio ambiente em sua dupla dimensão: dentro e fora das plantas industriais” (Franco e Druck , 62:1998) ²⁵.

Os impactos ambientais negativos, que acompanham o crescimento da industrialização mundial, gerados por insumos e produtos finais destes processos podem conter substâncias tóxicas para o homem e para o meio ambiente. Este conjunto de situações tem produzido na sociedade, um sentimento de preocupação com os riscos que este crescimento submete aos viventes do planeta. Estes riscos para a saúde humana e o meio ambiente têm demandado procedimentos de monitoramento e avaliação que permitem dimensionar riscos, reduzir exposição, planejar ações de saúde e mitigar danos das fontes de emissão ⁴³.

A preocupação com uma nova relação do homem com o meio ambiente vem aumentando paulatinamente, em particular após a configuração da Agenda 21, em 1992. A partir de

então, relatos como das autoras Rigotto e Augusto (2007)⁴⁴, passam a ser mais freqüentes e estimuladores deste debate.

“Sucumbir foi o verbo utilizado pelo Massachusetts Institute of Technology para dizer o que aconteceria se todos os países do mundo continuassem em sua política de crescimento: sucumbir à poluição do meio ambiente, ou à exaustão dos recursos naturais, ou ao custo elevado de controle da poluição”. (Rigotto e Augusto, S475:2007)⁴⁴.

Mesmo diante destas constatações, a demanda por fontes energéticas, em particular geradoras de eletricidade, apresenta tendência de elevação por um longo período. Estas fontes geradoras trazem danos ambientais de acordo com a fonte originária. As hidrelétricas causam perda de terras e águas, além da poluição local. Já as termoeletricas convencionais conduzem também a alterações climáticas. Em relação as centrais nucleares o risco da exposição aos rejeitos radioativos representa a maior possibilidade de dano⁴⁵.

Ainda segundo o autor, haverá um aumento da participação da energia nuclear nesta primeira metade do século XXI, uma vez que a redução do consumo energético só será alcançada através de uma *“economia menos exigente em energia, tornando mais eficientes máquinas e aparelhos que usam a energia, e adotando tecnologias industriais e agrícolas novas, usando menos energia”*⁴⁵.

Outra grande preocupação com o emprego crescente da energia nuclear é quanto ao destino do rejeito radioativo, que por mais que a sociedade e os governos possam se manifestar favorável ao emprego desta fonte energética, poucos desejam correr o risco da proximidade destas fontes e do lixo radioativo gerado. No meio ambientalista esta postura é conhecida como NIMBY, *“not in my backyard”*, não no meu quintal⁴⁶.

Com o objetivo de avaliar os impactos gerados por empreendimentos com potencial interferência no meio ambiente, foram instituídos na PNMA, os Estudos de Impacto Ambiental (EIA), através da Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) N.º 001/86, de 23/01/1986⁴⁷. Esta resolução regulamenta as atribuições e

responsabilidades dos órgãos públicos com atuação na área ambiental, instituindo o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SINAMA), como um dos instrumentos desta política e também definiu impacto ambiental como as diferenças ambientais existentes entre o antes e o depois da implantação de um empreendimento. Além desta definição, estabeleceu os critérios para a execução dos EIA e dos Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA), bem como da obrigatoriedade destes dois instrumentos para a obtenção da licença prévia para um empreendimento com potencial dano aos indivíduos e/ou ao meio ambiente.

De acordo com o que foi estabelecido, o EIA e o RIMA seriam os documentos orientadores para que as autoridades ambientais tenham uma aproximação dos possíveis danos gerados pelo empreendimento, tanto ao meio ambiente quanto à população que reside na área de influência do mesmo. Por outro lado, diversos questionamentos têm sido feitos sobre estes documentos. Primeiramente, os referidos estudos utilizados, como um indicador da viabilidade do início da obra, teriam uma interferência do empreendedor, pois os profissionais responsáveis pelos estudos seriam contratados pelo empreendedor, podendo funcionar como um meio de legitimar a sua proposta ^{48, 27}.

Outra crítica apontada seria o caráter eminentemente técnico e científico do EIA. Esta característica implica na aceitação irrestrita e universal do discurso científico, em detrimento de outros saberes populares ou de outras racionalidades que pensam e discutem o projeto de desenvolvimento em curso ⁴⁸.

Um marco legal, que pode produzir resultados favoráveis para a correção dos questionamentos relatados, foi a sanção da Lei nº 10.650/2003, conhecida como Lei de Acesso à Informação Ambiental, que obriga os órgãos integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SINAMA) tornarem público todas as informações relacionadas com atividades que tenham potencial risco de causar dano ao meio ambiente. Esta lei tem como princípio central à questão de que o meio ambiente ecologicamente equilibrado é um direito fundamental do ser humano constitucionalmente assegurado ^{49, 50}.

Ainda, segundo Cyrillo (163:2004) ⁵⁰, outros princípios fundamentam esta lei como: do desenvolvimento sustentável, da prevenção e da precaução de natureza antecipatória, da natureza pública da proteção ambiental, da participação comunitária e do acesso público a informação.

De acordo com o princípio da prevenção e precaução, citado no parágrafo anterior, deve-se buscar proporcionar mais segurança tanto para a população trabalhadora como para os que residem nas imediações de empreendimentos com potencial dano ambiental, e devem ser observados os procedimentos e ações relativas ao desenvolvimento e ao controle da atividade em questão.

Uma das formas de se alcançar este objetivo seria adotando a metodologia de monitoramento de indicadores de morbi-mortalidade das populações destas áreas de influência, em diferentes momentos, comparando-os com indicadores de outra área sem relação com o empreendimento ^{18, 19}.

Para a realização deste acompanhamento é fundamental conhecer as relações entre o homem, a radioatividade, os elementos radioativos existentes no meio ambiente, e os possíveis agravos à saúde que possam ser gerados nesta relação.

II.b. A RADIAÇÃO IONIZANTE, O HOMEM E O MEIO AMBIENTE:

O termo radiação ionizante corresponde ao transporte de energia realizado na forma de ondas eletromagnéticas ou de partículas subatômicas que tenham a capacidade de produzir ionização da matéria, gerando energia, ou seja, são aquelas radiações que, ao atravessar a matéria, interagem com os átomos, ionizando-os^{51, 52}. É a emissão espontânea de partículas e/ou ondas eletromagnéticas de núcleos instáveis de átomos, dando origem a outros núcleos estáveis ou instáveis é chamada de radioatividade (Figura 2). Caso o núcleo formado persistir instável, ele continuará emitindo partículas e/ou ondas eletromagnéticas até se tornar estável^{53, 54, 55}.

FIGURA 2

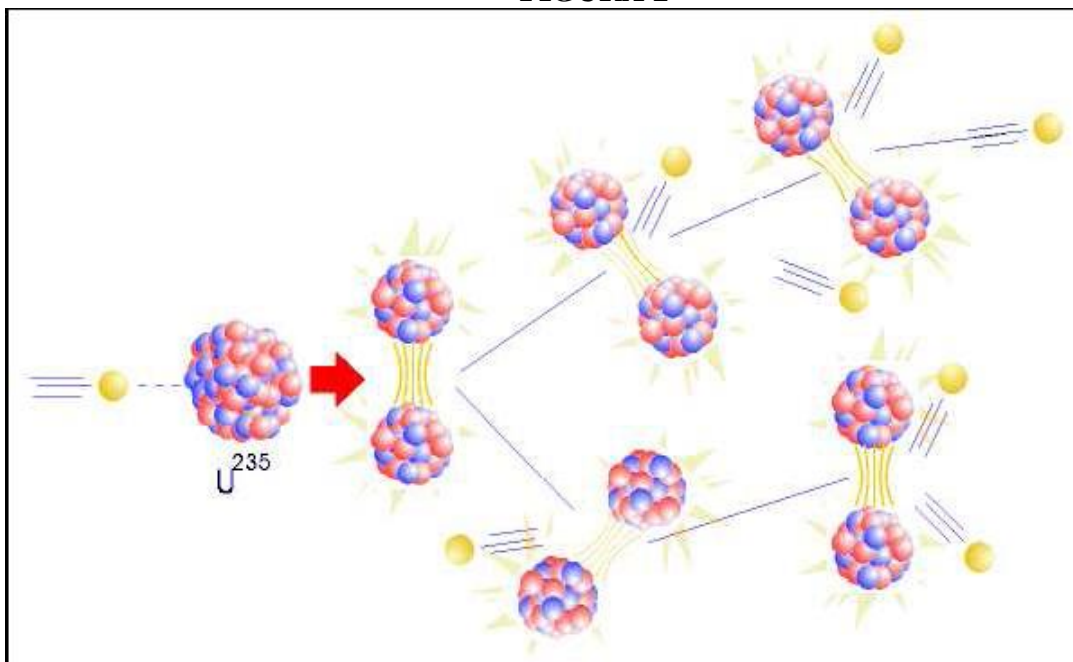


Figura 2 - Fissão Nuclear.

Fonte:

<http://qaonline.iqsc.usp.br:8180/FCkeditor/UserFiles/File/Pedro%20Berci/IndustriaEnergiaNuclear.pdf>

O efeito deste tipo de radiação depende principalmente da quantidade e da qualidade da radiação incidente e da natureza do material com a qual está interagindo. Este tipo de radiação é classificado de acordo com o processo de transmissão energética em: diretamente ionizante e indiretamente ionizante. São consideradas diretamente ionizantes as partículas carregadas (alfa, beta, prótons e íons pesados) que produzem energia a partir da

sua perda de energia. E as indiretamente ionizantes (raios X, gama e nêutrons) têm o seu processo transmissor de energia para a matéria, realizado através de ionizações produzidas por partículas carregadas de uma fonte de radiação primária ⁵⁶.

A presença da radioatividade no ambiente pode ser por origem natural e artificial, resultante de quatro fontes principais:

- “1. Exalação para a atmosfera de ^{222}Rn e ^{220}Rn , formados através da desintegração radioactiva do ^{226}Ra e do ^{224}Ra (constituintes naturais de solos e rochas) pertencentes às séries radioactivas naturais do urânio e do tório, respectivamente;*
- 2. Formação de radionuclídeos cosmogénicos através da interacção da radiação cósmica com gases atmosféricos como o carbono, o azoto e o oxigénio;*
- 3. Radioactividade natural tecnologicamente aumentada, resultante da utilização industrial de matérias primas que contêm radionuclídeos naturais e cujo processamento conduza redistribuição e concentração desses constituintes radioactivos;*
- 4. Radionuclídeos artificiais, produtos de cisão e activação, em virtude de actividades antropogénicas (testes nucleares, produção de energia eléctrica por via nuclear, produção de radioisótopos, acidentes, etc).”*

(Reis, 58:2007) ⁵⁷.

A radioatividade de origem natural, isto é os radionuclídeos das séries naturais do urânio, do tório, do actínio e do potássio, estão presentes nas matérias-primas e em materiais naturais. Na maioria das vezes, suas concentrações são baixas e não representam um risco radiológico para os seres humanos, com a exceção apenas de alguns minérios como o urânio e o tório ⁵⁸.

De acordo com o autor, algumas destas matérias-primas têm concentrações de radionuclídeos razoavelmente mais elevadas que as concentrações ambientais típicas, como por exemplo, as fosforites usadas para produção de ácido fosfórico e de adubos. Estes produtos são chamados de NORM (*naturally occurring radioactive material*), em outras

situações, como nos casos das centrais elétricas que utilizam o carvão como fonte energética, apresentam os teores originais destes radionuclídeos muito baixos, mas durante o seu processamento, geram produtos com concentrações elevadas de radionuclídeos e são chamados de TENORM (*technologically enhanced naturally occurring radioactive substances*). O processamento industrial produz alterações nos radionuclídeos naturais causando um aumento das suas concentrações e alteração da sua disponibilidade química, além de produzir uma maior proximidade destes radionuclídeos com as pessoas ⁵⁸.

Desta maneira, a radioatividade pode ser concentrada no ambiente não apenas em consequência das atividades relacionadas com o ciclo do combustível nuclear, mas também devido a outras atividades tecnológicas. A utilização industrial de matérias primas que contêm radionuclídeos naturais como o potássio 40 e elementos das séries radioativas do urânio e do tório, ou mais diretamente o processamento destes materiais proporciona a redistribuição e concentração dos elementos radioativos ⁵⁷.

Assim sendo, o homem está constantemente exposto às radiações ionizantes, devido à presença de radionuclídeos naturais ou artificiais nos sistemas solo, água e ar, com destaque especial ao urânio por sua capacidade de contaminação interna. Dentre estas exposições, a radiação natural representa a maior fonte, responsável por 70 - 85% da dose total. Estes elementos estão presentes na natureza, com concentrações variáveis de acordo com cada tipo de rocha e sua constituição mineralógica ^{59, 60, 61, 16}.

Os efeitos biológicos provocados pela interação das radiações ionizantes com a matéria podem ser de dois tipos: determinísticos e estocásticos (Figura 3). Os determinísticos ocorrem quando o limiar de efeitos clínicos é ultrapassado, ou seja, quando a irradiação no corpo causa mais morte celular do que a capacidade de compensação do organismo, neste caso, ao ultrapassar o limiar, a gravidade do dano é diretamente proporcional a dose, podendo ou não ser reversível, estes efeitos estão descritos no Quadro 1.

QUADRO 1

Exposição	Efeito Determinístico Esperado
250 mSv	Sem efeito aparente
500 mSv	Ligeiras alterações sanguíneas
1 Sv	Astenia, náuseas, alterações sanguíneas
3 Sv	Síndrome aguda- náuseas e vômitos no primeiro dia; anorexia, astenia e diarreia; recuperação, em cerca de 3 meses, exceto em caso de complicações.
4 Sv	Síndrome aguda grave - 50 % mortes no 1º mês
6 Sv	Síndrome aguda grave - morte praticamente certa.
6 a 20 Sv	Síndrome aguda acelerada – perturbações gastro-intestinais, morte certa.
> 20 Sv	Síndrome aguda fulminante – destruição do sistema nervoso central.

QUADRO 1 - Efeitos determinísticos esperados em função da exposição

Fonte: Bettencourt, 1998.

Os efeitos estocásticos ocorrem quando esta irradiação provoca menos morte celular do que é possível ser compensada, ou seja, doses inferiores ao limiar de efeitos clínicos. Desta forma é possível afirmar que a morte de algumas células pode não causar agravo algum enquanto que a modificação de uma única célula pode provocar câncer. Assim sendo os efeitos estocásticos têm uma dimensão probabilística no seu surgimento ⁶².

Por reconhecer estes efeitos nocivos das radiações ionizantes na saúde humana, a *European Atomic Energy Community - Euratom* (1999) ⁶³ define os limites permitidos para a Comunidade Européia de exposição a radiações (entenda-se como exposição acima do fundo radioativo natural e não incluindo a exposição por razões médicas) e reduz os valores, até então em uso, para:

- a. Trabalhadores profissionalmente expostos, isto é pessoas expostas a radiações pela natureza ou no exercício do seu trabalho, 100 mSv/5 anos, não podendo a dose exceder 50 mSv num só ano;
- b. Público em geral, isto é, exposições que não decorrem da natureza do trabalho e que têm caráter ocasional, 1 mSv/ano. (Carvalho, 2007) ⁵⁸.

FIGURA 3

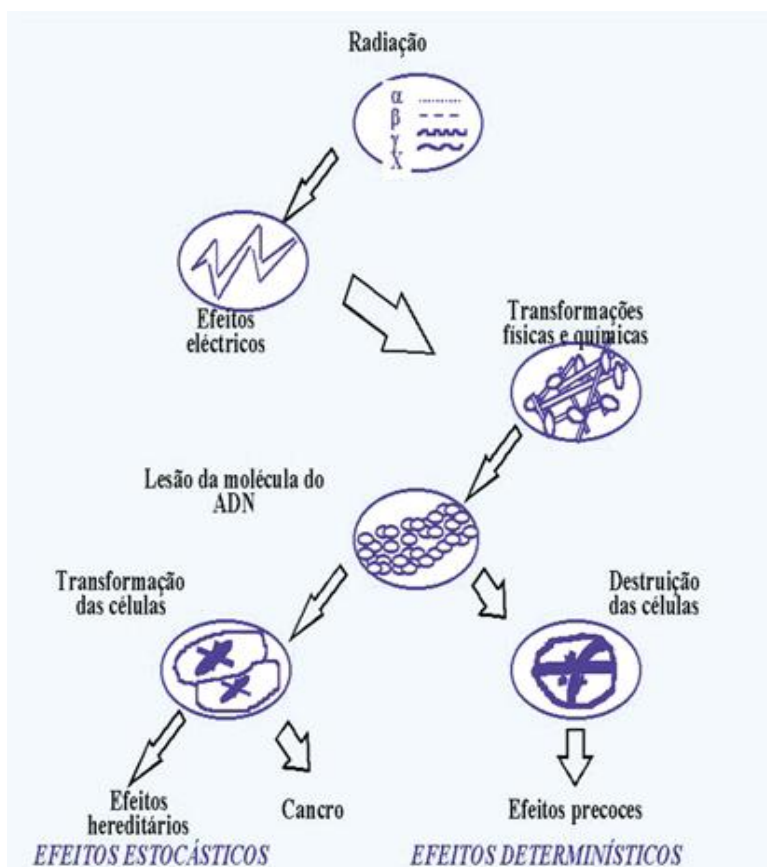


Figura 3 - Efeitos possíveis da exposição às radiações ionizantes
Fonte: Bettencourt, 1998.

Dentre os elementos químicos radioativos presentes na natureza, o urânio é o mais importante, tanto por sua frequência quanto por sua utilização. Pertence à família dos actínídeos, em temperatura ambiente apresenta-se no estado sólido. Está distribuído na crosta terrestre com uma concentração média de 2 ppm (partes por milhão ou $\mu\text{g/ml}$ ou mg/l) e, para uma área ser considerada jazida, sua concentração deve variar entre 800 e 5.000 ppm⁶⁴. O Brasil é portador de uma das maiores reservas mundiais de urânio, segundo estimativas de 2001, já ocupava a sexta posição com estimativa de 309.000 toneladas (t), nos estados da Bahia, Ceará, Paraná e Minas Gerais e de 150.000 t na região norte nos estados de Amazonas e Pará⁶⁵.

TABELA 1. Reservas Mundiais de Urânio

Reservas atuais	Toneladas de Urânio
Cazaquistão	957.000
Austrália	910.000
África do Sul	369.000
Estados Unidos	355.000
Canadá	332.000
Brasil	309.000
Namíbia	287.000
Total Mundial	4.416.000

Fonte: Brasil, 2008c.

Apesar do Brasil ocupar a sexta posição mundial em reservas naturais de urânio como apresentado na Tabela 1, sua produção mundial não corresponde ao nível de suas reservas (Tabela 2), tampouco a utilização do urânio como fonte geradora de energia elétrica está percentualmente muito abaixo em relação à média de uso mundial, como pode ser avaliado no Gráfico 1⁶⁶.

TABELA 2. Produção de Urânio no Mundo.

País	Produção em t U	Percentual
Canadá	10.922	31%
Austrália	4.910	14%
Nigéria	3.714	11%
Namíbia	2.780	8%
Rússia	2.530	7%
Uzbesquistão	1.750	5%
Estados Unidos	1.748	5%
Outros	6.632	19%
Total Mundial	34.986	100%

Fonte: Brasil, 2008c.

GRÁFICO 1

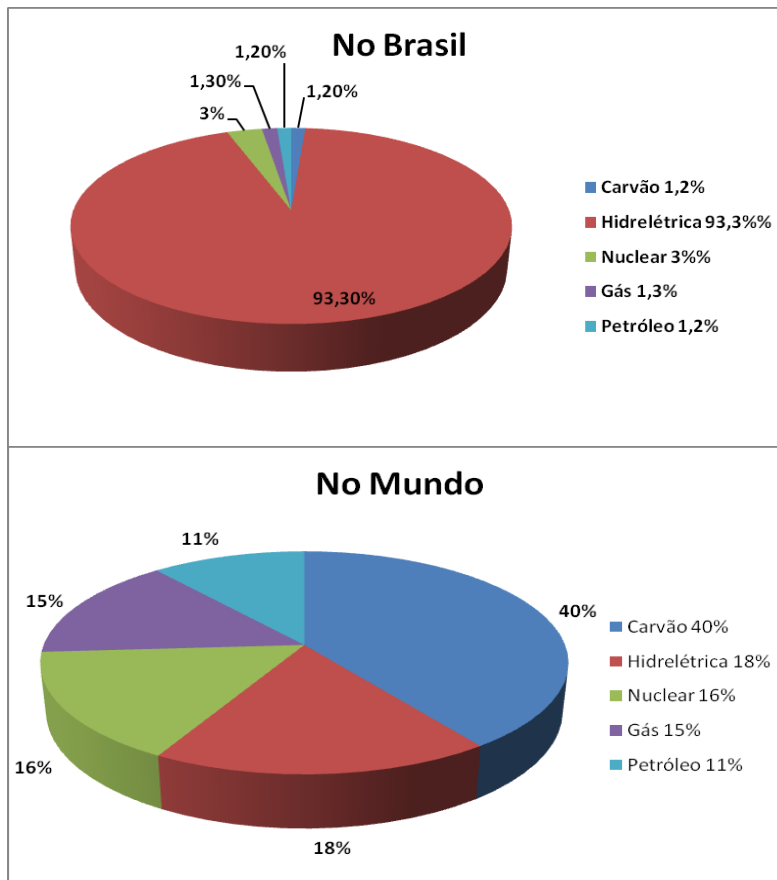


Gráfico 1 - Geração de Energia Elétrica de Acordo com a Fonte no Brasil e no Mundo.
Fonte: Brasil, 2008c.

A primeira unidade de mineração e beneficiamento utilizada no Brasil foi a de Poços de Caldas, Minas Gerais desativada em 1996. Desde então a exploração e beneficiamento passaram a ser realizado no sudoeste baiano, nos municípios de Caetité e Lagoa Real, onde as reservas são estimadas em 100.000 toneladas de urânio ⁶⁴. As atuais reservas brasileiras de urânio são suficientes para o atendimento da previsão para os próximos 30 anos – Plano Nacional de Energia – PNE 2030. Estas reservas disponíveis permitem além do suprimento das demandas internas por longo prazo (Quadro 2), com possibilidade de exportação da produção excedente ^{16, 66}.

QUADRO 2.

Ano	2000	2005	2010	2015
Demanda	170*	160*	1.090*	720*

* (toneladas equivalentes de urânio)

Quadro 2 - Projeções da Demanda Brasileira de Urânio

Fonte: Brasil, 2008c.

O potencial adicional destas reservas (± 800.000 t) permite a inserção do Brasil entre os três maiores países produtores do mundo. A localização das reservas de urânio no Brasil estão apresentadas na Figura 4, de acordo com informações da INB, 2003/2008 e trabalhos de prospecção deverão ser feitos para confirmação desta estimativa ⁶⁶.

FIGURA 4:



Figura 4 - Localização das Reservas de Urânio no Brasil.

Fonte: Brasil, 2008c.

Com relação à contaminação com urânio, a principal via é por ingestão, mas outras formas ocorrem como inalação, absorção pela pele ou mucosa e através da injeção durante exames diagnósticos como as cintilografias. As principais fontes de contaminação são os

fertilizantes e as rações para animais, no qual o homem entra em contato por via indireta ⁶⁷,
⁶⁸.

A via inalatória também é uma via importante de contaminação pelo gás radônio produzido nas rochas e solos a partir do urânio, e tende a concentrar-se em espaços confinados, como é o caso das habitações (Figura 5 e 6), contribuindo para a sua inalação e para o desenvolvimento de neoplasias pulmonares ⁶¹. Estudos experimentais, realizados com animais, com inalação crônica de urânio apresentaram uma maior taxa de mortalidade comparada a uma população não exposta ⁶⁹.

O potencial dano destes elementos varia de acordo com a energia da partícula, do tipo de radiação emitida, da distribuição do elemento no organismo humano e da sua taxa de eliminação ⁷⁰.

FIGURA 5

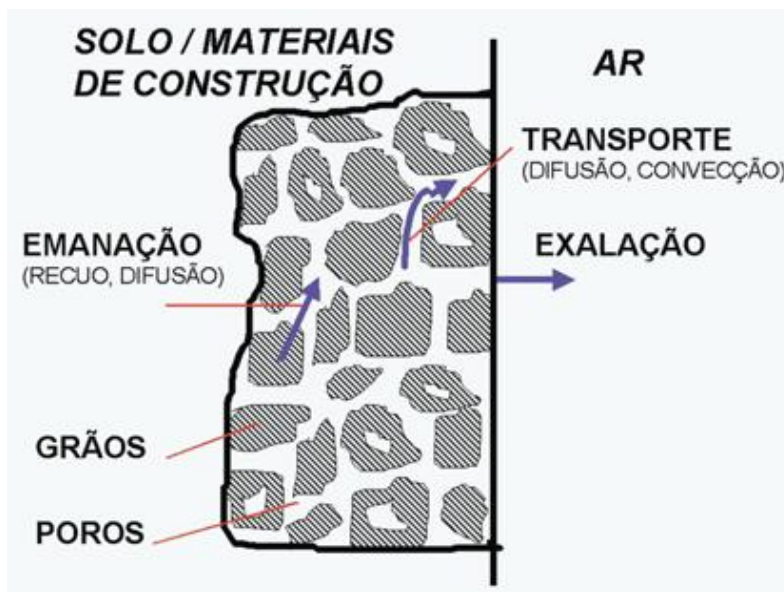


Figura 5 - Mecanismos de exalação do radônio a partir do solo e materiais de construção.
Fonte: Bettencourt, 1998.

FIGURA 6

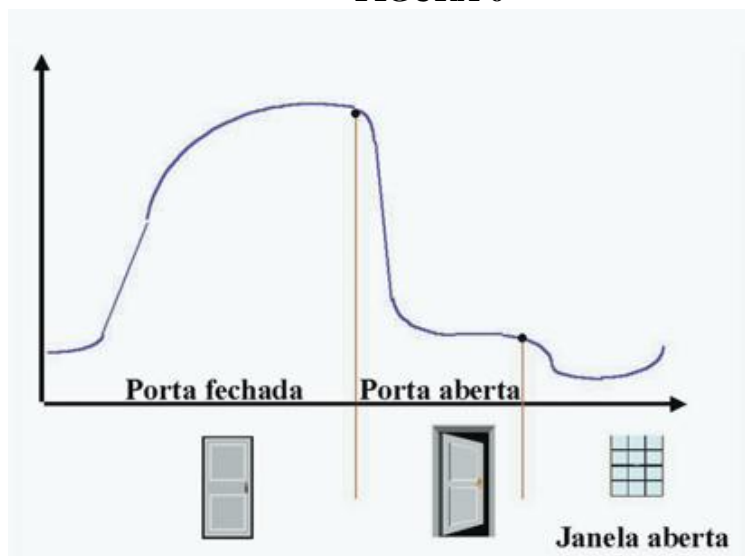


Figura 6 – Redução da concentração do radônio no interior das casas com a ventilação natural.
Fonte: Bettencourt, 1998.

O homem tem em média $90\mu\text{g}$ de urânio obtido a partir da ingestão de água e alimentos e da inalação de ar, com a distribuição no organismo apresentada no Quadro 3. A eliminação ocorre através da urina e das fezes, em quantidades acima de 95% do urânio que é absorvido ⁷¹.

QUADRO 3

Esqueleto	66%
Fígado	16%
Rins	8%
Outros Tecidos	10%

Quadro 3 - Distribuição do Urânio no Organismo Humano.
Fonte: WHO, 2001

Os diversos alimentos componentes da dieta humana apresentam diferentes concentrações de urânio, e a quantidade ingerida de cada alimento é variável de acordo com os hábitos alimentares ⁷². No Quadro 4 são apresentados dados de diversos estudos relativos às taxas de ingestão diárias de urânio, bem como a estimativa mundial ⁷³.

QUADRO 4

País	Total ingerido ($\mu\text{g U/day}$)	Fonte de ingestão de urânio (Valores médios)
Brasil (São Paulo) ¹	0,97	Alimentos diversos
EUA (Nova York) ²	1,30	Alimentos diversos
EUA (Chicago) ³	1,40	Alimentos diversos
EUA (San Francisco) ³	1,30	Alimentos diversos
Reino Unido ⁴	1,00	Alimentos diversos
Japão (Yokohama) ⁵	0,10	Alimentos diversos
Vietnam ⁶	0,70	Alimentos diversos
Itália ⁷	3,90	Alimentos e água
Polônia ⁸	1,80	Alimentos e água
Ucrânia ⁹	0,60	Alimentos e água
Japão ¹⁰	0,70	Alimentos e água
Índia ¹¹	2,20	Alimentos e água
China (Hong Kong) ¹²	15,30	Alimentos e água
França ¹³	1,00	Alimentos e água
Rússia ¹³	3,50	Alimentos e água
Todo o Mundo ¹³	1,30	Alimentos e água

1. Garcia et al (2006);
2. Fisenne et al (1987);
3. Welford and Baird (1967);
4. Hamilton (1972);
5. Giang et al (2001);
6. Kuwahara et al (2001);
7. Galletti et al (2003);
8. Pietrzak-Flis et al (2001);
9. Shiraishi et al (1997);
10. Shiraishi et al (1992);
11. Dang et al (1992);
12. Yu and Mão (1992);
13. UNSCEAR (2000);

Quadro 4 - Descrição das taxas estimadas para ingestão diária de urânio ($\mu\text{g U/day}$) em diferentes países.

Fonte: Garcia et al, 2006.

Os rins são os órgãos onde a toxicidade química do urânio é mais evidenciada. Entretanto os ossos são de fundamental importância nos estudos dos efeitos de longo prazo dessa exposição, pois apresentam afinidade pelo urânio, com possibilidade de retenção por grandes períodos, além de prolongar a exposição, uma vez que é liberado da estrutura óssea durante o seu remodelamento⁷⁴.

A afinidade iônica dos ossos humanos por metais faz com que o esqueleto transforme-se em um órgão de depósito de metais diversos incluindo o urânio. Desta forma quanto maior a exposição maior é a retenção. Por outro lado, estudos demonstram que baixas doses de urânio ingeridas de forma crônica geram acúmulo desta substância nos dentes, ossos e, em consequência na medula óssea, atingindo o principal tecido hematopoiético^{75, 16}.

Este acúmulo na medula óssea aumenta a possibilidade do alcance de partículas radioativas nas células estaminais do sistema hematopoiético com possibilidade da ocorrência de neoplasias ⁷⁶.

II.c. CÂNCER, MALFORMAÇÃO CONGÊNITA E EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO IONIZANTE:

O efeito cumulativo no organismo, causado pela radiação ionizante em baixas doses, em populações expostas, pode gerar transformações celulares com potencial genotoxicidade. Atualmente existe um grande número de publicações que relacionam agravos, em particular o câncer, a exposição crônica a baixas doses de radiação ionizante. Estes estudos evidenciam que a célula reage a baixos níveis deste tipo de radiação, acionando mecanismos com potencial efeito carcinogênico ^{77, 78}.

Grande parte destes estudos tem procurado avaliar os efeitos crônicos da radiação ionizante em populações trabalhadoras, pois a maioria das exposições ocorre em ambientes ocupacionais, e desta forma aponta para a importância do monitoramento nestas populações expostas ⁷⁹.

Estes estudos procuram identificar relações de agravos com a exposição a partir de conceitos ligados à epidemiologia como risco e vulnerabilidade. A natureza destes conceitos contém elementos de subjetividade e de complexidade na percepção. Existe, de uma maneira clara, diversas concepções de risco, sendo as descritas abaixo, as mais freqüentemente utilizadas: risco como casualidade; como uma probabilidade; como uma consequência; ou como uma adversidade potencial ou ameaça ^{80, 81}.

Vulnerabilidade, conceitualmente, pode ser entendida como susceptibilidade a, perigo ou dano ⁸². O seu componente físico e ambiental é a exposição, que indica em que medida um grupo populacional é suscetível de ser afetado por um fenômeno em função de sua localização, da sua área de influência e, devido à ausência de resistência física, à sua propagação ⁸³. Desta forma, susceptibilidade é o componente sócio-econômico e demográfico, que evidencia a predisposição de um grupo populacional em sofrer danos diante de um fenômeno ⁸⁴.

A saúde pública classifica os riscos em duas categorias: os ambientais e aqueles resultantes de determinados estilos de vida. Com o desenvolvimento das pesquisas genômicas, surgiu

uma terceira categoria: o risco genético, como novo fator explicativo do processo saúde-doença. Estes três grupos apresentam diferentes mecanismos de exposição. Os fatores ambientais, na maioria das vezes, se relacionam às exposições do indivíduo ao longo da vida, geralmente estas exposições são involuntárias, ocorrendo nos locais de moradia ou ambiente de trabalho. Os ligados ao estilo de vida são determinados por múltiplos fatores, mas, em teoria, apresentam relações diretas com as escolhas individuais. Já, o risco genético é indissociável ⁸⁵.

A relação entre exposição ambiental a agentes de risco e condições de saúde tem sido estudada principalmente na dimensão temporal. As associações entre exposição à radiação e perfil de mortalidade são exemplos de estudos valiosos no campo da saúde ambiental que procuram avaliar o impacto de condições ambientais adversas sobre a saúde em períodos de tempo pré-determinado ⁸⁶.

No caso das radiações ionizantes as formas e os fatores de exposição são múltiplos, e o desfecho individual ou dano variam de maneira estocástica, isto é, de caráter probabilístico, pois aparecem apenas em alguns indivíduos, são eles: processos carcinogênicos, lesões degenerativas, efeitos no cristalino, entre outros ^{87, 53}. Entretanto, este modelo ainda é pouco claro para a medicina das radiações. Dispor de métodos capazes de estimar, a partir de observações desses fenômenos, é ainda um desafio. Porém quando trabalhamos com o risco populacional de maneira agregada, deixamos o modelo mais claro permitindo mensurar e comparar alterações nas taxas de mortalidade e de incidência de determinadas patologias. É evidente que o modelo deste estudo deverá controlar variáveis sócio-demográficas que influenciam no fenômeno.

O risco de morrer de câncer ou apresentar malformação congênita não é a resultante pura e simples da exposição a um evento ou a possível radiação ionizante, e sim algo historicamente construído por meio de ações humanas e processos sociais. Diante desta situação, o modelo para avaliar o risco relativo entre populações é realizado através de associação de variáveis demográficas, socioeconômicas e com os desfechos de morbimortalidade que permite mensurar o risco relativo para os agravos em questão ^{18, 19}.

Existem evidências de que os fatores ambientais promovam a higidez dos ecossistemas e que estão em processo contínuo de transformações. As alterações no equilíbrio do meio ambiente estão diretamente relacionadas com a quantidade, a duração e a intensidade da exposição às substâncias químicas. Desta forma é possível atribuir que essas alterações são de origem essencialmente antropogênica. Da mesma forma, as emissões de contaminantes no ar, água, solos cultiváveis e alimentos contribuem para este desequilíbrio, de maneira similar à deposição de dejetos urbanos perigosos não degradáveis ⁸⁸.

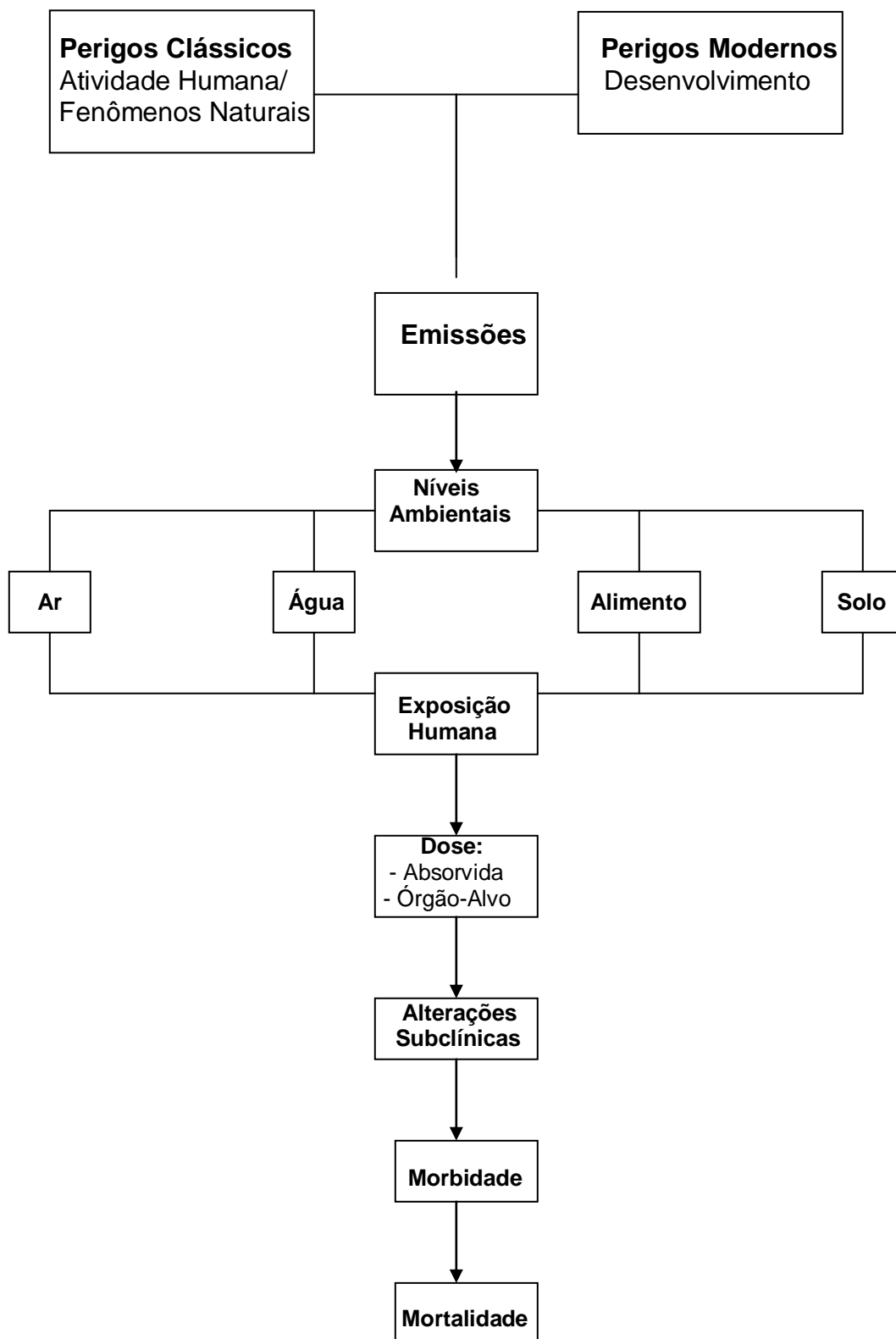
Outra forma de contaminação está associada à excessiva combustão da biomassa, isto é, carvão, madeira e petróleo, associados com o processo de desenvolvimento industrial intenso ⁸⁹. Este caminho, que produz modificações de morbi-mortalidade das populações expostas, está descrito no Quadro 5.

O câncer é um agravo caracterizado por um período de latência variável podendo chegar até 60 anos, conseqüentemente gerando dificuldades para o estabelecimento da relação causa-efeito. Durante a sua evolução, de acordo com os estudos de carcinogênese ambiental, apresenta os seguintes estágios:

- a. Iniciação - onde o agente carcinogênico induz mutações e altera a velocidade das mitoses.
- b. Promoção - no qual a célula se transforma em célula cancerosa com um processo de desenvolvimento anormal gerando uma colônia de células filhas chamada de clone.
- c. Progressão – fase em que ocorre um acúmulo de mutações no DNA celular.

(Wünsch Filho e Gattás, 2001) ⁹⁰.

QUADRO 5



Quadro 5 - Algoritmo da saúde ambiental: marco conceitual individual.
Fonte: Brilhante, 1999.

Os mecanismos envolvidos com a mutagênese e carcinogênese estão relacionados intimamente, pois a mutação origina-se de um dano no DNA, que também é o mesmo mecanismo do estágio inicial da carcinogênese, na maioria dos tipos de neoplasias. Grande parte das neoplasias é resultante desta interação de fatores genéticos com os fatores ambientais induzidos pelos processos de danos genéticos. Somente 5% de todas as ocorrências de câncer apresentariam participação genética exclusiva. Alguns indivíduos ou grupos populacionais podem apresentar risco aumentado para câncer, devido a diferenças no seu biometabolismo e capacidade de reparo do DNA ⁹¹.

Estudos para a determinação de mutagenicidade como a análise de aberrações cromossomiais, o teste do micronúcleo, o ensaio cometa, entre outros são testes úteis para avaliar o potencial clastogênico de agentes químicos e físicos, incluindo a radiação ionizante ⁷⁹. Para a realização destes testes são utilizados biomarcadores que é conceituado como uma característica mensurável objetivamente e avaliado como um indicador de processo biológico normal ou patológico ou de resposta a uma intervenção terapêutica ⁹².

“Os biomarcadores têm sido categorizados em três tipos principais: de exposição, de suscetibilidade e de resposta. Os biomarcadores de exposição correspondem à expressão de um agente ambiental ou de seus metabólitos no meio interno dos indivíduos. Os de suscetibilidade indicam indivíduos mais ou menos propensos a desenvolver câncer quando expostos a substâncias cancerígenas. Os biomarcadores de efeito ou de resposta indicam alterações presentes em tumores; são tardios e permitem avaliar o prognóstico da doença”.

(Wünsch Filho e Gattás, 470:2001) ⁹⁰.

A utilização de um teste para um biomarcador de efeito é um meio de monitoramento dos efeitos genotóxicos nos indivíduos expostos a determinados agentes. Este biomarcador indica uma possível exposição gerando um dano ao organismo. Da mesma forma a presença deste marcador permite mudanças de condutas com a finalidade de prevenção e ou diagnóstico precoce, evitando a continuidade da exposição genotóxica ⁹⁰. Em relação à

radiação ionizante, estes biomarcadores representam um evento precoce que ocorre quando este tipo de radiação interage com tecidos vivos ⁹³.

Genotoxicidade é definido como um efeito que apresenta toxicidade para os genes. Ao passo que mutagenicidade é caracterizado como um efeito que induz mutações no material genético, que pode ser transmitido geneticamente para as células-filhas. Nem toda mutação causa dano celular, desta forma uma mutação poderá ser genotóxica ou não. Os efeitos genotóxicos são aferidos através da medida do efeito sobre o genoma ou a alteração celular. Desta forma é possível afirmar que todo efeito genotóxico é citotóxico, mas a recíproca não é necessariamente verdadeira ⁹⁰.

Segundo Martino-Roth et al (2002:500) ⁹⁴, a avaliação da genotoxicidade é uma das fases necessárias para aferir a qualidade do meio ambiente e a saúde de trabalhadores expostos a determinados agentes com potencial risco genotóxico e mutagênico, para câncer e malformação congênita.

O Manual de Risco Químico da Organização Mundial de Saúde (WHO) avalia a segurança de substâncias químicas quanto à genotoxicidade com três tipos de testes, que aferem os três principais grupos de dano genético associado com doença humana:

- a. Mutação de gene (mutação pontual ou deleções que afetam ou bloqueiam genes);
- b. Clastogenicidade (alterações nas estruturas cromossômicas);
- c. Aneuploidia (aberração cromossômica numérica).

World Health Organization - WHO, 2007 ⁹⁵.

II.d. A POLÍTICA NUCLEAR ATRAVÉS DO TEMPO, NO BRASIL E NO MUNDO:

A história da utilização da energia nuclear no mundo inicia-se na primeira metade do século XX e apresenta na sua fase inicial uma relação direta com o poderio militar. Esta fase vai desde as primeiras pesquisas básicas e aplicadas até a construção de protótipos de reatores nucleares ⁴.

A política norte-americana para o desenvolvimento de atividades nucleares foi fortemente marcada e impulsionada por questões militares. A comunidade científica local estava convencida de que o governo nazista alemão teria a possibilidade de utilizar armas nucleares em curto espaço de tempo, durante o período da segunda guerra mundial. Este fato é materializado através da carta encaminhada ao presidente Franklin Roosevelt que foi assinada por pesquisadores como Einstein, Fermi, Szilard e Wigner, na qual foi abordada a possibilidade da construção de uma bomba, a partir do uso da fissão nuclear ⁹⁶.

Como consequência, o governo norte-americano criou em agosto de 1939 o “Comitê do Urânio”, com a finalidade do desenvolvimento do uso da energia nuclear com fins militares ⁹⁷. Este comitê deu origem, em 1942, ao Projeto Manhattan, responsável pela confecção da bomba atômica utilizada na Segunda Guerra Mundial em Hiroshima e Nagasaki.

O poder devastador destas bombas fez com que os Estados Unidos passassem a ser identificado como maior potência militar do planeta, reforçado pela monopolização do poder da fabricação de bombas atômicas. Este fato fez com que os outros governos valorizassem e priorizassem políticas destinadas à física nuclear e áreas correlatas. De fato este monopólio nunca existiu, porque o processo de produção da bomba nuclear era de conhecimento de centenas de cientistas da Europa que haviam colaborado nas descobertas que conduziram à fissão nuclear ⁴.

Diante da possibilidade de outras nações desenvolverem tecnologia para a fabricação de bombas atômicas, os norte-americanos propuseram em 1946, o Plano Baruch, na primeira reunião da Comissão de Energia Atômica da ONU ⁹⁸. Este plano previa um controle

internacional da energia nuclear, através da Autoridade de Desenvolvimento Atômico (ADA), entidade esta que deveria acompanhar todas as fases de produção e emprego da energia nuclear, que consistia em:

- a) *O controle do funcionamento ou a propriedade de todas as atividades vinculadas à energia atômica e julgadas potencialmente perigosas à segurança mundial;*
- b) *A atribuição de controlar, inspecionar e autorizar o funcionamento de qualquer outra atividade atômica;*
- c) *A obrigação de estimular os empregos benéficos da energia nuclear e trabalhar para a evolução da ciência atômica, da qual a A.D.A. seria orientadora suprema.*

(Guilherme, 39:1957) ⁹⁸.

Na realidade este plano não foi concebido com fins de monitoramento e proteção, através do controle internacional das jazidas e usinas atômicas do mundo, pois o interesse dos Estados Unidos era a de comandar este organismo internacional, mantendo sob seu controle a propriedade deste patrimônio mundial. O plano não surtiu o efeito desejado, pois um grupo de países requeria a autonomia pela sua produção mineral. Da mesma forma foi vetada a proposta soviética que defendia um acordo internacional para a interdição da produção de armas atômicas com potencial de destruição em massa ⁴.

Enquanto no plano internacional prosseguiram as discussões acerca do controle do uso da energia nuclear, internamente foi aprovada no congresso norte-americano em julho de 1946, uma lei que criava a United States Atomic Energy Commission (USAEC) que atuou associando a estrutura tecnológica dos setores privados da economia com o aparato estatal, promovendo o desenvolvimento nuclear dos EUA. Além da criação desta comissão, a referida lei vetou o intercâmbio de informações sobre energia nuclear com outros países ⁹⁸.

A manutenção do monopólio atômico dos Estados Unidos foi encerrada em 1949 quando a União Soviética detonou, na Sibéria, sua primeira bomba nuclear. O final deste monopólio contribuiu para uma nova fase da história mundial, o da utilização da energia nuclear com fins pacíficos e com foco na geração de energia elétrica, a nucleoeletricidade, com

transferência do interesse militar exclusivo para o setor civil da sociedade. Este fenômeno que ocorreu com a energia nuclear é exatamente o oposto ao que ocorreu com o petróleo e o carvão, onde a primeira fase de desenvolvimento se deu a partir da busca de energia industrial e só posteriormente surgiram às aplicações militares destas fontes ⁹⁹.

A citação de Hémerly et al (286:1993) ⁹⁹ reforça a idéia de que a quebra do monopólio norte-americano foi o fator de impulsão para a utilização da energia nuclear como fonte de energia: *“jamais teria sido alocada ao nuclear civil a soma de esforços e de investimento de que se valeu, se não tivesse sido construída previamente, para fins não econômicos, desprovidos de qualquer rentabilidade financeira, a indústria da bomba”*.

No restante do mundo, os países seguiram dois caminhos distintos. O primeiro grupo trabalhou com experimentação de reatores com objetivos civis e militares simultaneamente como França e Reino Unido e o segundo grupo buscou alternativas para desvinculação da demanda de enriquecimento do combustível, através do uso do urânio natural moderado à água pesada, como Canadá, Suécia, Argentina e Índia ⁴. Este segundo grupo de países iniciou programas nacionais de energia atômica, para evitar uma subordinação militar, econômica e política dos países desenvolvidos.

Ao final destas duas primeiras fases, no início dos anos 70, com o sucesso de mercado gerado pelo aumento da demanda para a produção de reatores nucleares, fica constituído um oligopólio composto por cinco empresas norte-americanas que deteriam quase que toda produção (82% das encomendas em 1974) de reatores nucleares no mundo ocidental. Reino Unido, Canadá, Alemanha e Suécia corresponderiam aos demais construtores neste mercado ¹⁰⁰.

Na década seguinte ocorreu uma diminuição da demanda destes reatores nucleares, estimulada pelos movimentos ecológicos de preservação do meio ambiente associado aos grandes acidentes nucleares, que aumentaram os critérios de segurança das centrais nucleares com elevação no custo de produção. A gravidade dos efeitos gerados por acidentes em instalações nucleares fez com que *“quaisquer novidades, por menores que*

pareçam, precisam ser exaustivamente provadas quanto à sua segurança” (Filgueiras, 49:2002) ¹⁰¹.

A história nuclear brasileira tem como seu marco inicial a criação do Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) em 1951, através da Lei nº 1310 de março de 1951, quando diversos grupos sociais como políticos, militares, cientistas e professores de ciências se consolidaram ¹⁰². Este Conselho foi concebido a partir da fundação do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, que tinha como projeto institucional fomentar a pesquisa científica no modelo dos laboratórios de física norte-americanos e europeus, mas que necessitava de apoio da classe política e do empresariado. A sua vinculação institucional foi baseada nos moldes da USAEC, autarquia vinculada diretamente à Presidência da República, com autonomia técnica, científica, administrativa e financeira. Dentre as suas atribuições, existia a responsabilidade de controlar todas as atividades referentes ao aproveitamento da energia nuclear ^{103,104} (Quadro 6).

Ainda na década de 50, foram criados dois institutos de pesquisa em física nuclear: em São Paulo, o Instituto de Pesquisas de Energia Nuclear (IPEN), no Rio de Janeiro e, em Minas Gerais, o Instituto de Pesquisas Radioativas (IPR) ¹⁰⁴.

No ano de 1956, logo no primeiro ano do governo de Juscelino Kubitschek, com característica desenvolvimentista, dá-se início a um movimento nacionalista contra a exportação de areia monazítica. Neste mesmo ano foi lançado o programa “Diretrizes para a política de energia atômica”, no qual estava previsto: a criação da Comissão Nacional de

Energia Nuclear (CNEN), a assinatura do acordo com a Alemanha para construção de centrífugas para beneficiamento do urânio e a aprovação do plano para a instalação do primeiro reator nuclear em Mambucaba (Angra dos Reis – RJ). A CNEN recebeu todas as atribuições anteriormente a cargo do CNPq ¹⁰⁵.

QUADRO 6:

Ano/Período	Contexto Político	Fato
Década de 30	Ditadura Vargas	Primeiras pesquisas brasileiras na área
1945	Ditadura Vargas - Período Pós-guerra	Primeiro acordo nuclear Brasil – EUA para exploração da areia monazítica do litoral do ES
1951	Governo Vargas Democrático	Criação do CNPq
1953	Governo Vargas Democrático	Acordo com a Alemanha para construção de centrífugas para beneficiamento do urânio
1956	Governo Juscelino Kubitschek	Criação do CNEN
1959	Governo Juscelino Kubitschek	Plano para a instalação do primeiro reator nuclear em Mambucaba (Angra dos Reis – RJ)
1968	Ditadura Militar – Governo Médici	Convênio CNEN – Eletrobrás para a construção da primeira usina nuclear em Angra dos Reis – RJ
1972	Ditadura Militar – Governo Médici	Adquirido um reator nuclear a urânio enriquecido que se constituiu como primeira unidade da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (Angra 1).
1975	Ditadura Militar – Governo Geisel	Acordo nuclear Brasil – Alemanha e criação da Nuclebrás, quebra do acordo com os EUA
1978	Ditadura Militar – Governo Geisel	Primeira manifestação contrária ao acordo Brasil – Alemanha elaborado pela Sociedade Brasileira de Física (SBF)
1979	Ditadura Militar – Governo Figueiredo	Surge o Programa Nuclear Paralelo conduzido por instituições militares
1982	Ditadura Militar – Governo Figueiredo	Descrita primeira experiência de enriquecimento do urânio com ultracentrífuga produzidas integralmente no Brasil
1985	Governo Sarney – Nova República	Entra em funcionamento Angra 1
1987	Governo Sarney – Nova República	Decreto recomendando o encerramento da construção da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, em Angra dos Reis –RJ (usinas Angra 1 e 2) e a construção de um reator para protótipo de submarinos nucleares em Iperó – SP
1989	Governo Sarney – Nova República	Anunciado o início da produção de urânio enriquecido em escala comercial em Iperó – SP
1990	Governo Collor	Anunciado na ONU o afastamento do Brasil das nações nuclearizadas com o encerramento dos testes que implicassem em explosões nucleares mesmo com fins pacíficos
1994	Governo Fernando Henrique	Acordo nuclear de cooperação mútua com a Rússia para acidentes nucleares
1996	Governo Fernando Henrique	Acordos de cooperação com a Índia na área nuclear
1996	Governo Fernando Henrique	Projeto para reiniciar a montagem de Angra 2
1997	Governo Fernando Henrique	Acordo com os EUA permitindo acesso ao combustível necessário para a reativação de Angra 1
1999	Governo Fernando Henrique	Inauguração da fábrica de pastilhas de urânio e de reconversão de urânio da INB, Resende – RJ, necessário para o abastecimento de Angra 1 e 2
1999	Governo Fernando Henrique	Definido como prioridade a construção da usina Angra 3
2002	Governo Fernando Henrique	Início da operação de Angra 2
2007	Governo Lula da Silva	Assinada a lei do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)
2008	Governo Lula da Silva	Criação do Comitê de Desenvolvimento do Programa Nuclear Brasileiro.

Quadro 6 - Marcos da História da Política Nuclear Brasileira.

Fonte: Kuramoto e Appoloni, 2002.

Além destes fatos, no mesmo governo, a CNEN através de um convênio com a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) elaborou o projeto da construção de um reator nuclear de pesquisa. Este projeto representou uma nova fase da Política Nuclear Brasileira, caracterizada pela busca da autonomia tecnológica para a produção de energia nuclear. Tal fato contrastou com a fase anterior do governo de Getúlio Vargas, em que a política estava voltada para a montagem da infraestrutura de pesquisa em física nuclear ¹⁰⁴,
3.

Em 1959 no governo Jânio Quadros, foi planejado o início da instalação de um reator nuclear em Mambucaba, Angra dos Reis, sul do Estado do Rio de Janeiro, cuja maior parcela da tecnologia aplicada seria nacional, com o objetivo de desenvolver uma indústria nuclear brasileira. Esta proposta não progrediu após a renúncia do presidente ³.

O período da ditadura militar foi marcado por um avanço destas atividades, que eram consideradas estratégicas e de segurança nacional. Neste período foi adquirido um reator nuclear a urânio enriquecido que se constituiu como primeira unidade da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto - Angra 1 ³.

Em 1979, ainda durante o período ditatorial, no governo de João Figueiredo, foi constituído um programa nuclear autônomo e paralelo, sob a alegação do risco da perda da supremacia nuclear na América do Sul para a Argentina. Este programa criado pelas esferas militares funcionava clandestinamente, sem fiscalização nacional e internacional, desenvolvendo a técnica de ultracentrifugação para o enriquecimento de urânio ³.

No início dos anos 80, por pressão da oposição política e da comunidade científica, o governo militar criou o Conselho Superior de Política Nuclear (CSPN) com o objetivo de divulgar a idéia de transparência e da finalidade pacífica do programa nuclear brasileiro, porém na realidade, a concentração do poder permanecia com os militares. A CNEN ganhou plenos poderes na condução das atividades do programa, gerando um paradoxo, pois a mesma instituição era responsável pela condução e fiscalização do processo, incluindo o acordo nuclear Brasil-Alemanha ³.

Em 1985 no governo civil de José Sarney a usina nuclear Angra 1 entrou em atividade e em 1988, pelo Decreto-lei nº 2464, o programa nuclear sai da clandestinidade, e através deste mesmo, a sociedade brasileira tomou conhecimento dos planos para a conclusão da construção das usinas Angra 2 e 3 e da construção de um reator nuclear em Iperó-SP, como protótipo para uso em submarinos nucleares ⁴⁹.

No ano de 1990, o presidente Fernando Collor anunciou na Organização das Nações Unidas (ONU) que o Brasil se afastaria do rol das nações com atividades nucleares, com o encerramento dos testes que implicassem em explosões nucleares mesmo com fins pacíficos ³.

A partir de 1995, nos governos Fernando Henrique e Lula da Silva, o programa nuclear é reativado com o reinício da produção em Angra 1 e a conclusão de Angra 2, que entrou em funcionamento em 2000. Além da operação destas duas usinas, ficou definida como prioridade a construção da usina Angra 3 e a busca do domínio de todo o processo do ciclo de produção da energia nuclear ¹⁰⁶. Os resultados deste avanço estão configurados nas atividades abaixo:

- a. *“Reorganização das empresas governamentais do setor;*
- b. *Instalação de novo CICLOTON, o CICLONE 30 e ampliação do reator do IPEN para IMW, com aumento substancial na produção de radioisótopos e radiofármacos, de seiscentos mil procedimentos médicos em 1995 para próximo de dois milhões em 2000;*
- c. *Construção das fábricas de Pó e de Pastilhas de dióxido de urânio, em Resende, pelas Indústrias Nucleares do Brasil, INB;*
- d. *Construção de Unidade de Mineração e Beneficiamento de Urânio, em Lagoa Real/Caetité na Bahia;*
- e. *Retomada das atividades de processamento da areia monazítica, em Buena, RJ;*
- f. *Fiscalização e licenciamento de 2300 instalações nucleares e radioativas;*

- g. *Atualização do Plano de Emergência para as usinas Angra I e II e realização de campanhas de esclarecimento e exercícios anuais;*
- h. *Estudos hidrológicos, utilizando técnicas nucleares;*
- i. *Produção de equipamentos dedicados à área nuclear”.*

(Brasil, Ministério de Ciência e Tecnologia, 2008c) ⁶⁶.

De acordo com as projeções apresentadas pelo MCT (Tabela 3), até 2030 serão construídas mais quatro usinas nucleares, além de Angra 3, em pontos a serem definidos no território nacional, ratificando a retomada do investimento público nesta fonte energética ⁶⁶.

**TABELA 3 - Geração Nucleoelétrica no Brasil:
Previsão – Plano Nacional de Energia -PNE 2030**

USINA	POTÊNCIA	STATUS
Angra 1	650 MW	Em operação
Angra 2	1.350 MW	Em operação
Angra 3	1.350 MW	2013
Nuclear 4	1.000 MW	Previsão – até 2020
Nuclear 5	1.000 MW	Previsão – até 2025
Nuclear 6 x 7	2 x 1.000 MW	Previsão – até 2030
Total	7.350MW	2030 - Previsto

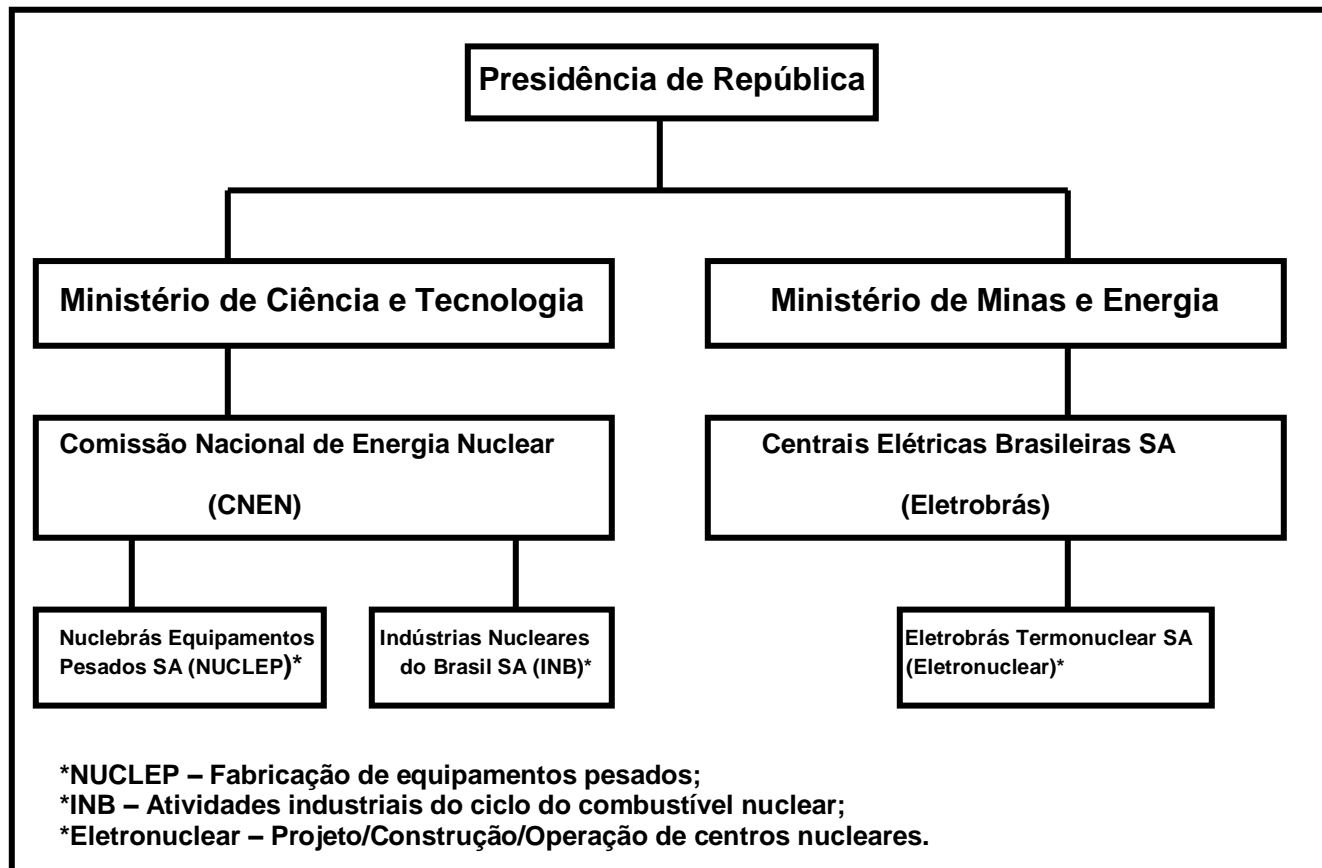
Fonte: Brasil, MCT, 2008c.

Hoje, o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) é o órgão governamental responsável pela política nacional de energia nuclear. Fomenta a pesquisa e o desenvolvimento dessa tecnologia, coordena o Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro (SIPRON) e supervisiona órgãos de licenciamento e controle, de pesquisa e desenvolvimento, e os

dos setores industriais, voltados para as aplicações pacíficas da energia nuclear no País

⁶⁶. O Quadro 7 apresenta a estrutura e atividades do setor nuclear.

QUADRO 7:



Quadro 7 - Estrutura e Atividades do Setor Nuclear Brasileiro.

Fonte: Brasil, MCT, 2008.

A despeito da política nuclear estar vinculada ao Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), as duas principais empresas da área, com controle acionário governamental, vinculam-se a ministérios diferentes. A Eletrobrás Termonuclear S.A. (Eletronuclear) está ligada ao Ministério de Minas e Energia (MME) e foi criada em 1997 com a finalidade de operar e construir as usinas termonucleares do país, e responde pela geração de aproximadamente 3% da energia elétrica consumida no Brasil. Pelo sistema elétrico interligado, essa energia chega aos principais centros consumidores do país. Em

contrapartida, a empresa Indústrias Nucleares do Brasil SA (INB) é subordinada ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), vinculada à Comissão Nacional de Energia Nuclear - (CNEN), e é responsável pelo desenvolvimento de importantes projetos tecnológicos para geração de energia nucleoeleétrica. Responde pela exploração do urânio, desde a mineração e o beneficiamento primário até a produção e montagem dos elementos combustíveis que acionam os reatores de usinas nucleares ⁶⁶.

A proximidade do tema das questões ambientais gera uma interface com outra instância ministerial, o Ministério do Meio Ambiente (MMA). Da mesma forma, neste estudo o foco está nas questões relativas à vigilância em saúde, portanto com ações dentro do Ministério da Saúde (MS). Esta múltipla participação de esferas do governo federal tanto permite ações interministeriais integradas, como pode facilitar a fragmentação dessas ações. Esta não integração pode ser demonstrada com a inexistência de portarias interministeriais assinadas pelos ministérios envolvidos ^{49, 107, 108, 109, 110}.

Em julho de 2008, a presidência criou por decreto o Comitê de Desenvolvimento do Programa Nuclear Brasileiro, com o objetivo de fixar diretrizes e metas para o desenvolvimento do Programa Nuclear Brasileiro e supervisionar sua execução. Este decreto representa uma tentativa de romper com a fragmentação desta política. Está sendo coordenado pela Chefia da Casa Civil e conta com a participação dos seguintes ministérios: Minas e Energia; Ciência e Tecnologia; da Defesa; do Meio Ambiente; do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; do Planejamento, Orçamento e Gestão; da Fazenda; das Relações Exteriores; da Chefia do Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República; e Extraordinário de Assuntos Estratégicos da Presidência da República ⁴⁹.

III. JUSTIFICATIVA:

As questões apresentadas nos capítulos anteriores demonstram a importância do monitoramento de populações expostas cronicamente à radiação ionizante. Apesar desta necessidade, os estudos desenvolvidos no Brasil nesta área acontecem a partir de demandas dos órgãos licenciadores ou pelo Ministério Público ^{15, 17, 18, 19}. Nos estudos citados, a natureza da avaliação não é antecipatória, uma vez que os empreendimentos já estão em funcionamento.

A possibilidade da construção de um instrumento que permita ser utilizado em todas as fases de atuação dos empreendimentos do setor nuclear, desde a etapa anterior ao licenciamento, passando pela fase de operação até a fase de encerramento das atividades operacionais permitirá uma ação que atenda os princípios da prevenção e da precaução, com caráter antecipatório das informações ambientais. Essas informações possibilitam a redução e até a eliminação das causas que possam acarretar alteração da qualidade do meio ambiente ⁵⁰.

As proposições do artigo 225 da Constituição Brasileira atribuem ao poder público e à coletividade o dever de preservar o ambiente ecologicamente equilibrado para as presentes e futuras gerações ¹¹¹. Desta forma, é necessário decodificar para toda a sociedade a complexidade das questões nucleares e de seus usos, com o objetivo de criar possibilidades para a participação social na gestão pública ².

Ainda segundo Oliveira, 2008 ², além das instalações envolvidas no ciclo do combustível nuclear, cerca de 13.000 outras instalações utilizam materiais radioativos, como na medicina, na indústria, na agricultura e na pesquisa, contudo a população brasileira permanece desinformada, quanto aos benefícios e os riscos reais da radiação ionizante.

Cabe ainda ressaltar, que o fato das instalações nucleares no Brasil não se localizar em grandes centros urbanos onde o acesso aos aparelhos públicos de saúde educação e

informação é mais disponíveis, estes grupos populacionais ainda são mais vulneráveis neste processo de desinformação.

Outro fator que merece destaque é a gravidade potencial dos problemas de saúde decorrentes da exposição crônica à radiação ionizante, associados à mutagênese como as neoplasias e malformações congênitas^{112, 77, 78}.

Diante da posição assumida pelo governo brasileiro de retomada do programa nuclear, que tem como pressuposto o controle de todas as etapas deste processo, bem como da ampliação de participação da energia nuclear na matriz geradora de energia elétrica, saindo da produção atual de 2.000 MW para 7.350 MW em pouco mais de 20 anos, que será alcançada com a conclusão da 3ª usina nuclear em Angra dos Reis e da construção de mais quatro usinas neste período. Esta ampliação na produção gerará um aumento na demanda de urânio que implicará na exploração de outras reservas no país.

O movimento crescente desta cadeia de produção conduz a ampliação destes grupos expostos aumentando a responsabilidade dos entes envolvidos em proteger, prevenir e tratar agravos, e reabilitar a saúde da população sob este risco. É importante ressaltar a ausência de instrumento que permita monitorar as populações expostas e propor intervenções no sentido de melhorar as condições de saúde destes grupos populacionais.

Em virtude destas questões a elaboração deste protocolo é de importância, relevância e pertinência para subsidiar as ações de saúde para estas áreas expostas.

IV. OBJETIVOS:

IV.a. OBJETIVO GERAL:

Elaborar uma proposta de protocolo de estudo para avaliar o impacto da exposição crônica à radiação ionizante em populações expostas.

IV.b. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar levantamento bibliográfico sistemático a respeito dos estudos sobre efeitos da exposição crônica à radiação ionizante para uma população exposta a este risco;
- Comparar modelos de estudos existentes para avaliação do impacto da radiação ionizante em baixas doses;
- Subsidiar as ações de monitoramento de populações potencialmente expostas à radiação.

V. METODOLOGIA:

Após a definição do objeto deste estudo, e a partir das perguntas norteadoras, foi construído o referencial teórico através de uma revisão narrativa da literatura científica que orientou a definição dos objetivos geral e específicos dese trabalho. Com estas definições o próximo passo foi o da escolha da abordagem metodológica a ser utilizada.

O estudo em questão foi definido como uma pesquisa com abordagem qualitativa, realizado a partir de uma revisão sistemática de material publicado em livros, artigo de periódicos indexados, teses, dissertações, monografias, anais de eventos científicos e “sites” científicos.

V.a. PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS:

Esta abordagem metodológica permite a organização e a integração do conhecimento científico disponível. É uma forma de fornecer dados que auxiliem no processo de tomada de decisão e estabelece a consistência deste conhecimento no sentido de possibilitar generalizações de um fenômeno para um grupo de indivíduos ou grupo populacional ¹¹³.

O material obtido nesta etapa da revisão possibilitou uma definição mais apropriada dos critérios de busca a ser realizada na fase seguinte de revisão sistemática da literatura.

“As revisões não refletem a visão dos autores nem se baseiam em uma seleção parcial da literatura (como é o caso de muitos artigos e revisões que não são explicitamente sistemáticas), mas contêm todas as referências conhecidas de ensaios sobre uma intervenção em particular e um resumo completo da evidência disponível. Portanto, as revisões são valiosas fontes de informação para quem recebe os cuidados de saúde, para quem toma decisões em saúde e para os pesquisadores.”

([Cochrane Library](#) /BIREME/OPAS/OMS)¹¹⁴

O método de revisão sistemática da literatura permite definir o que é relatado na produção científica, sobre possíveis alterações no perfil de morbi-mortalidade da população de uma determinada área, submetida à exposição crônica à radiação ionizante. Problemas complexos, como este tipo de exposição, não terão respostas a partir de um único estudo. A combinação dos resultados de múltiplos estudos permite a construção de respostas mais adequadas e convincentes. No estudo proposto, a revisão sistemática permite refinar hipóteses, estimar a dimensão deste tipo de estudo e o delineamento dos caminhos a serem percorridos por esta investigação. Este tipo de revisão pode apontar para novos objetos de investigação e reduzir a possibilidade de duplicação de estudos já realizados, com questões que já foram respondidas.^{115, 116}

As vantagens da revisão sistemática da literatura foram descritas pelas seguintes premissas por Mulrow (597:1994)¹¹³:

1. Exploração crítica e sintética que permite separar dados insignificantes e abrangentes demais de um objeto do trabalho em questão, diante de uma multiplicidade de informações disponíveis;
2. Ampliação do foco no objeto de trabalho possibilitando identificar, justificar e refinar hipóteses, reconhecer limites e barreiras de trabalhos prévios, estimar tamanho de amostras e reformular guias e legislação disponíveis;
3. Maior eficiência, com menor custo e menor dispêndio de tempo do que um estudo empírico novo;
4. Identificação das generalizações de dados e dos achados científicos com ampliação do contexto interpretativo de múltiplos estudos revisados;
5. Avaliação da consistência das relações entre os estudos realizados;
6. Identificação de inconsistências e conflitos entre os dados disponíveis;
7. Ampliação do poder estatístico do estudo;
8. Aumento da precisão em estimar riscos e efeitos adversos.

Nas revisões sistemáticas, ao contrário das revisões narrativas, os "sujeitos" da investigação são os estudos primários selecionados através de método sistemático e pré-definido.

Entretanto para se definir estes critérios de busca, é necessária uma fase inicial de busca livre de artigos ¹¹⁷. Desta forma, para dar sustentação ao referencial teórico, foram utilizadas referências anteriores à busca sistemática, como os materiais trabalhados ao longo dos momentos de concentração do curso, bem como aqueles que foram utilizados pelo autor desta dissertação em trabalhos anteriores relacionados com o tema.

V.b. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA:

Dentro da fase de busca livre, foram consultadas bases de dados como:

- a. Medline - www.pubmed.com.br.
- b. Scielo – www.scielo.br;
- c. Lilacs – <http://saudepublica.bvs.br/html/pt/home.html>;
- d. Google Acadêmico – scholar.google.com.br.

Também foram consultados nesta etapa, o portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e as bases de dados da Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). Estas buscas foram direcionadas para subsidiar o referencial teórico (Quadro 8).

QUADRO 8

Nº	Descritor em português e inglês
1	“revisão sistemática da literatura” e “systematic literature review”
2	“saúde ambiental” e “environmental health”
3	“política nacional de saúde e ambiente”
4	“política nuclear brasileira”
5	“estudo epidemiológico”, “epidemiological study”
6	“carcinogênese” e “carcinogenesis”
7	“biomarcadores” e “biomarkers”
8	“avaliação da contaminação por urânio” e “uranium contamination evaluation”

Quadro 8 - Palavras-chave utilizadas na 1ª parte da revisão.

Foram consultados ainda, os “sites” governamentais dos Ministérios envolvidos, na busca de documentação oficial e estudos realizados por esta esfera de governo, bem como das empresas com controle acionário público com atividades ligadas à política nuclear brasileira (Quadro 9).

QUADRO 9

Ministérios	“Website”
Ministério da Saúde	http://www.saude.gov.br
Ministério de Ciência e Tecnologia	http://www.mct.gov.br
Ministério de Minas e Energia	http://www.mme.gov.br
Ministério do Meio Ambiente	http://www.mma.gov.br

Quadro 9 – “Websites” ministeriais consultados.

Outras fontes de consultas utilizadas foram a Constituição Federal do Brasil, 1988¹¹¹ e o Programa de Aceleração do Crescimento, 2007¹¹² disponível em <http://www.pac.gov.br>, com o objetivo de fornecer a base legal vigente e contextualizar o momento político e econômico atual.

Após a construção do referencial teórico de sustentação foi realizada a etapa da revisão bibliográfica sistemática da literatura. O universo dos estudos analisados foi executado através de pesquisa nas fontes de bases de dados Medline e Lilacs, no período 1998-2008. A busca foi feita com pesquisa de referências nacionais e internacionais neste intervalo¹¹⁸. Apesar de ser esperado um número maior de artigos da literatura internacional, foi utilizado este intervalo de tempo, com o objetivo de ampliar a quantidade dos estudos obtidos. No Brasil este período corresponde à retomada concreta das atividades nucleares, marcada por três ações:

1. Assinatura do acordo de cooperação técnica com a Índia na área nuclear;
2. Reinício da montagem de Angra 2;
3. Início das atividades de exploração do urânio em Caetité, Bahia.

Nesse estudo também foram revisados periódicos disponíveis em bibliotecas especializadas na área, além de “sites” e livros sobre o assunto e publicações da esfera governamental brasileira.

O descritor selecionado foi “radiação ionizante” em português, “radiation, ionizing” em inglês e “radiación ionizante” em espanhol, categoria: H01.671.768.513, SP4.011.087.698.384.075.166 e SP8.473.654.412.072.173, definição em português pelo DeCS BSV: “*Qualquer radiação eletromagnética que, ao passar através de uma matéria pode produzir íons. Inclui raios X, alfa, beta e gama, nêutrons e prótons*” (Material V - Gunn, S.W.A. Multilingual Dictionary of Disaster Medicine and International Relief, 1990), Número do Registro: 12273, Identificador Único: D011839 pois este permite uma maior sensibilidade para os artigos referentes ao tema, ficando o filtro mais específico, detalhado nos critérios de inclusão e exclusão apresentados no Quadro 10.

QUADRO 10

Inclusão	Exclusão
<ul style="list-style-type: none"> • artigos publicados entre 1998 e 2008 • artigos sobre efeitos estocásticos da radiação • estudos epidemiológicos sobre radiação ionizante em baixas doses 	<ul style="list-style-type: none"> • estudo não envolvendo seres humanos • artigos de revisão bibliográfica. • relatos de caso. • radiação intencional em alimentos. • artigos sobre radioterapia. • estudos sobre radiação ultravioleta.

Quadro 10 - Critérios de inclusão e exclusão na revisão sistemática da literatura.

Foram excluídos estudos que não trataram do tema com enfoque epidemiológico ou que não utilizaram fontes primárias de estudo. Após a seleção dos artigos que preencheram os critérios de inclusão e que não foram categorizados como excluídos, os artigos foram lidos, com posterior tabulação, identificando os autores, país onde foi publicado o estudo, ano da publicação, local da publicação, objetivo, metodologia e conclusões.

Estes estudos contemplaram os desenhos observacionais descritivos e analíticos, excetuando os estudos de intervenção ou experimentais¹¹⁹ e foram agrupados como estudos

transversais, caso-controle e coortes de acordo com a fundamentação citada por Wünsch Filho e Gattás (469:2001) ⁹⁰. Estes estudos contemplaram os desenhos ecológicos, coorte de agregados ou “follow-up”, transversais ou seccionais, e de grupos controle, de acordo com os mesmos autores citados ⁹⁰.

Quanto à população-alvo destes artigos, foram avaliados estudos com trabalhadores expostos ao risco da radiação ionizante e para população em geral, nas áreas onde existia risco potencial aumentado de contaminação radiológica.

Por fim, para completar esta estrutura, foi avaliado o resultado dos estudos quanto à sua relação com a exposição à radiação ionizante. Aqueles trabalhos que evidenciem alguma mudança no padrão esperado de morbi-mortalidade, nas áreas em que exista algum acréscimo potencial de exposição, foram considerados como relação positiva com a radiação e os restantes considerados como negativos.

Com o objetivo de identificar os tipos de estudos mais adequados ao tema em questão, foram realizados cruzamentos das seguintes variáveis, utilizando o programa Epi-Info, version 3.5, August, 13, 2008:

- Tipo de desenho de estudo;
- População alvo;
- País de publicação;
- Relação com a radiação ionizante.

Com este processo, foi obtido, a partir da literatura científica, o conjunto de estudos necessários para esta avaliação, apontando para as necessidades específicas de grupos com maior risco de exposição.

Outra avaliação realizada, após esta primeira série de cruzamentos, concerne ao tipo de publicação realizada, identificando o periódico publicado e sua avaliação por indicadores da literatura nacional e internacional. Também se buscou identificar os autores mais citados nesta revisão.

A partir deste produto, foi estruturada uma proposta de protocolo, que segundo o Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa (2318:2004) “*é um conjunto de normas reguladoras de atos públicos*”, contendo as etapas necessárias para monitorar o impacto da radiação ionizante na população de uma área de influência definida. Desta forma, o desenho do protocolo sugerido nesta dissertação tem por objetivo a definição de um conjunto de estudos ou atividades necessárias que permita uma avaliação de qualidade, economicamente viável e de execução factível, aplicável nas diversas regiões do Brasil.

Assim sendo é fundamental que os estudos aplicados neste protocolo contemplem as peculiaridades deste tipo de exposição ambiental, incluindo aferições ambientais, estudos epidemiológicos, com eventual aprofundamento e avaliação de biomarcadores em determinados grupos de acordo com o nível de exposição.

Com relação aos tipos de agravos identificados como relacionados à radiação ionizante, foi utilizada a lista de doenças relacionadas ao trabalho por radiação ionizante, adotada como referência dos agravos originados no processo de trabalho no Sistema Único de Saúde, SUS, elaborada por um consenso de especialistas para uso clínico e epidemiológico, publicado pelo Ministério da Saúde, através da Portaria Nº. 1339/GM, de 1999 ¹¹². Para esta seleção foi feita uma adaptação, incluindo os diagnósticos relacionados à exposição crônica, objeto deste estudo. Estes agravos estão apresentados no Quadro 11, com o respectivo código da Classificação Internacional de Doenças, 10ª revisão (CID-10).

Outro grupo de agravos, não relacionados na portaria, mas que também possam estar associados a fenômenos mutagênicos, está descrito no capítulo XXVII, da CID-10, correspondentes às malformações congênitas, deformidades e anomalias cromossômicas. A ocorrência destes agravos, alterando os perfis de morbidade e mortalidade da população do estudo, também são avaliados no protocolo.

QUADRO 11:

Agravos	CID
Neoplasia maligna da cavidade nasal e dos seios paranasais	C30-C31
Neoplasia maligna dos brônquios e do pulmão	C34
Neoplasia maligna dos ossos e cartilagens articulares dos membros (Inclui "Sarcoma Ósseo")	C40
Outras neoplasias malignas da pele	C44
Leucemias	C91-C95
Catarata	H28
Radiodermatite Crônica	L58.1
Radiodermatite, não especificada	L58.9
Afeções da pele e do tecido conjuntivo relacionadas com a radiação, não especificadas	L59.9
Osteonecrose	M87
Outras Osteonecroses Secundárias	M87.3
Infertilidade Masculina	N46

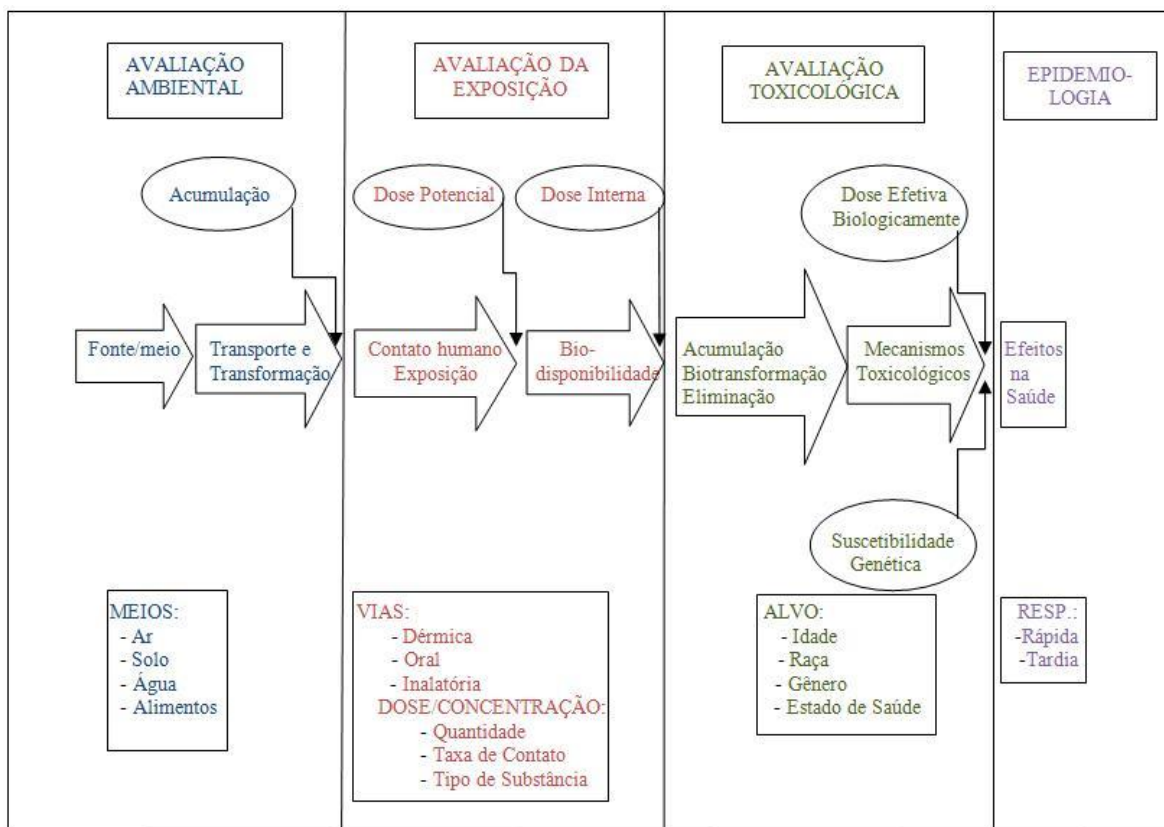
Quadro 11 - Doenças relacionadas à exposição a radiações ionizantes.

Fonte: Ministério da Saúde, 1999, adaptado.

O protocolo contemplou estudos preliminares, não descritos nesta revisão, por antecederem ao processo de avaliação da exposição. Estes estudos são relativos aos indicadores demográficos, sócio-econômicos e do sistema de saúde local.

Outro aspecto que merece ser abordado nesta proposta diz respeito à avaliação de riscos, pois esta avaliação determina a relação entre a exposição e os efeitos adversos. As principais etapas envolvidas neste processo são a identificação do perigo, avaliação de dose-resposta, avaliação da exposição e caracterização do risco ¹²⁰. As etapas deste processo estão apresentadas no Quadro 12.

QUADRO 12



Quadro 12 : Fluxograma dos principais elementos constituintes do processo de avaliação de risco.

Fonte: Lioy, 1999.

Desta maneira, nesta fase preliminar, são realizados também estudos de percepção de risco da população exposta e, ambientais orientados para a avaliação de contaminação com urânio, acima dos níveis aceitos, no solo, na água de uso doméstico para beber ou preparo de alimentos e nos alimentos colhidos nas áreas expostas. Estas avaliações, elementos constituintes do processo de avaliação de risco, permitem monitorar o risco potencial de exposição à radiação ionizante em uma determinada área e como estes riscos são sentidos pela população exposta ¹²¹. São estudos de valor para acompanhamento contínuo desta exposição e devem ser utilizados como sinalizadores para os demais estudos.

A partir dos resultados dos estudos epidemiológicos, serão desenhados os próximos passos de aprofundamento do trabalho. Para este aprofundamento, buscou-se identificar nesta revisão, os estudos para a determinação de mutagenicidade, mecanismo inicial dos

processos e agravos decorrentes da exposição à radiação ionizante. E, dentre estes, utilizar os estudos mais adequados e de execução viável como ferramenta para o monitoramento dos grupos mais expostos.

VI. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A revisão sistemática realizada envolveu um total de 2.673 artigos com o descritor selecionado. Após a utilização do filtro definido, o universo de estudos selecionados foi reduzido para 57 artigos, atendendo aos critérios de inclusão e exclusão da busca, correspondendo percentualmente a 2,1% do total. Os resultados da busca nas fontes das bases de dados estão apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 – Distribuição dos artigos encontrados segundo bases de dados bibliográficas

Base de Dados	LILACS	MEDLINE	TOTAL
Relacionados na base Total de artigos com descritor utilizado “radiação ionizante”	204	2469	2673
Eliminados pelo resumo	201	2415	2616
Artigos de estudos epidemiológicos	2	40	42
Artigos relacionados aos efeitos das radiações ionizantes de baixas doses	1	14	15
Total de artigos utilizados na revisão	3	54	57

O resultado da primeira avaliação dos artigos selecionados está contemplado, de forma sintética, no Anexo 1, com descrição de: objetivo do estudo, desenho metodológico e conclusões.

Dos 57 estudos selecionados, os trabalhos foram realizados com agregados populacionais e com indivíduos. Entre estes estudos, os desenhos epidemiológicos foram diversos e estão apresentados no Gráfico 2, de acordo com o mesmo agrupamento citado por Wunsch Filho e Gattás (469:2001) ⁹⁰. Os estudos de caso-controle representaram a maior frequência com 23 trabalhos selecionados, já os estudos de coorte e transversais apresentaram 17 estudos cada.

GRÁFICO 2

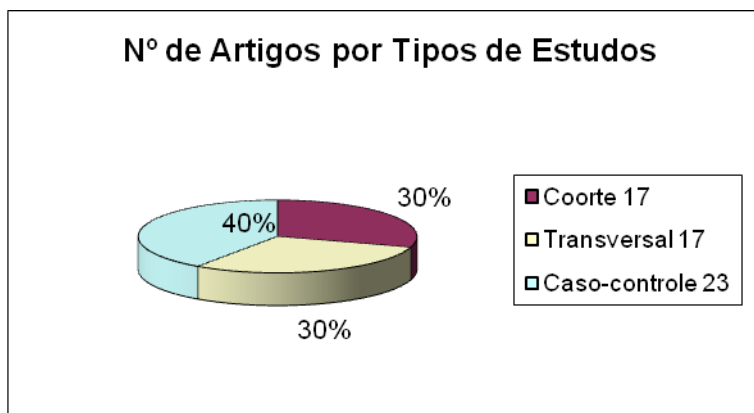


Gráfico 2 - Distribuição dos artigos encontrados segundo desenho epidemiológico do estudo.

Em relação à população avaliada nos 57 estudos, com maior frequência a abordagem ocorreu em grupo de trabalhadores, 40 do total. Os 17 estudos restantes tiveram a população geral do local como foco do trabalho (Gráfico 3).

GRÁFICO 3

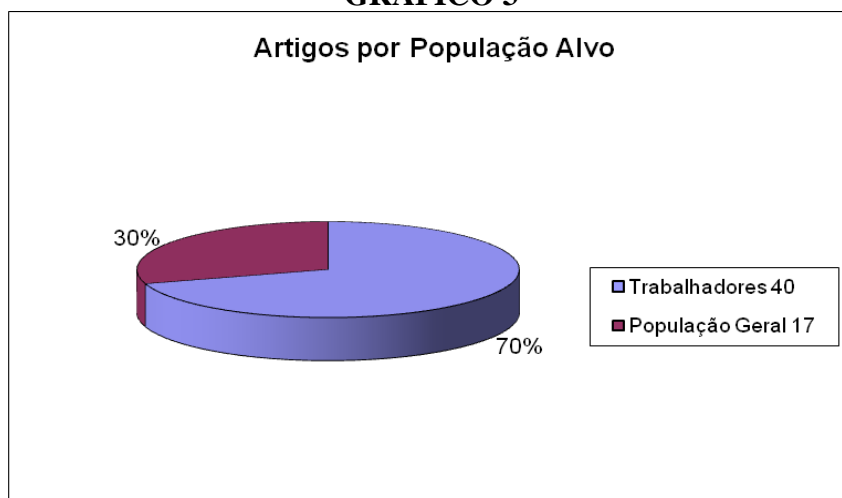


Gráfico 3 - Distribuição dos artigos encontrados segundo população-alvo

Entre os estudos realizados com trabalhadores, a exposição ocupacional mais frequente foi relacionada aos trabalhadores da área de saúde por exposição aos raios-X e setores de medicina nuclear (50%), seguido por estudos que incluíram trabalhadores do setor nuclear

(40%), e, por fim, quatro estudos que associavam a outro tipo de exposição ocupacional à radiação ionizante (10%). O Gráfico 4 apresenta esta distribuição.

GRÁFICO 4

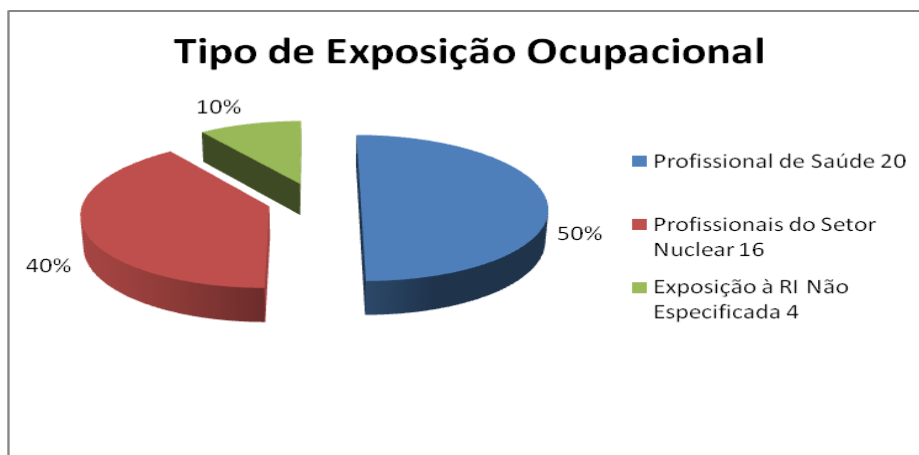


Gráfico 4 - Distribuição de Estudos por Tipo de Exposição Ocupacional

A avaliação dos resultados dos trabalhos, selecionados pela revisão bibliográfica sistemática, evidenciam que em 47 estudos (82,5%) houve relação positiva com a exposição à radiação ionizante e em 10 (17,5%) não foi demonstrado tal relação (Gráfico 5).

GRÁFICO 5

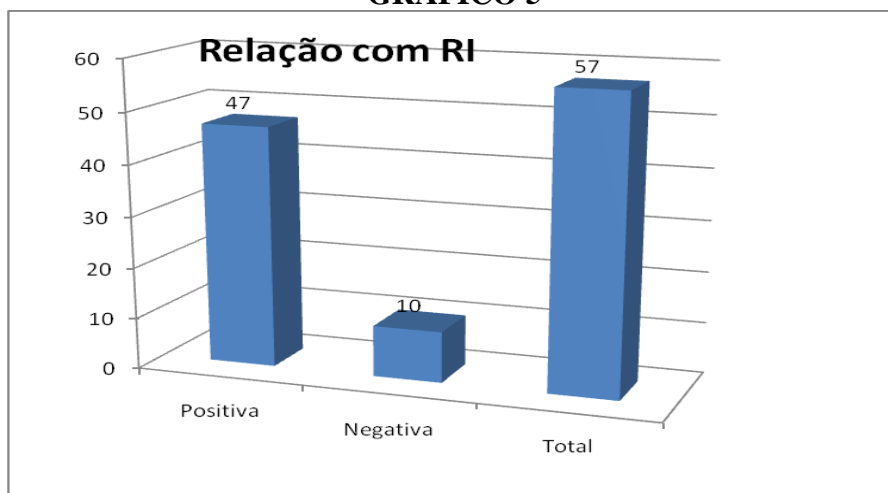


Gráfico 5 - Distribuição dos artigos pela relação com radiação ionizante

Outra avaliação realizada a partir desta revisão foi relativa ao tema central do estudo. Três grandes temas pautaram os artigos estudados. O primeiro relaciona-se com os biomarcadores de efeito, o segundo com os agravos clínicos e o terceiro com alterações de exames complementares (Gráfico 6).

GRÁFICO 6

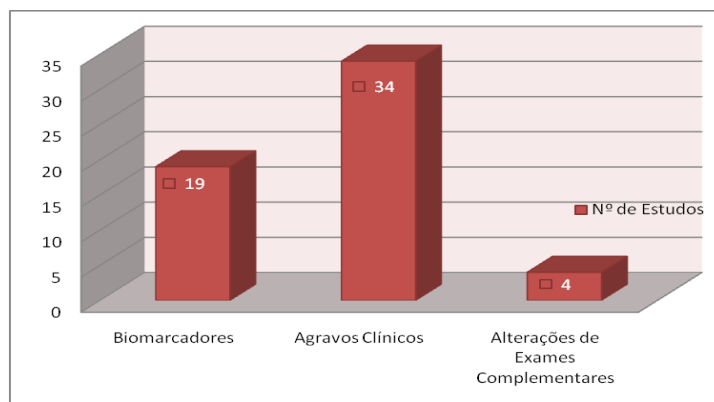


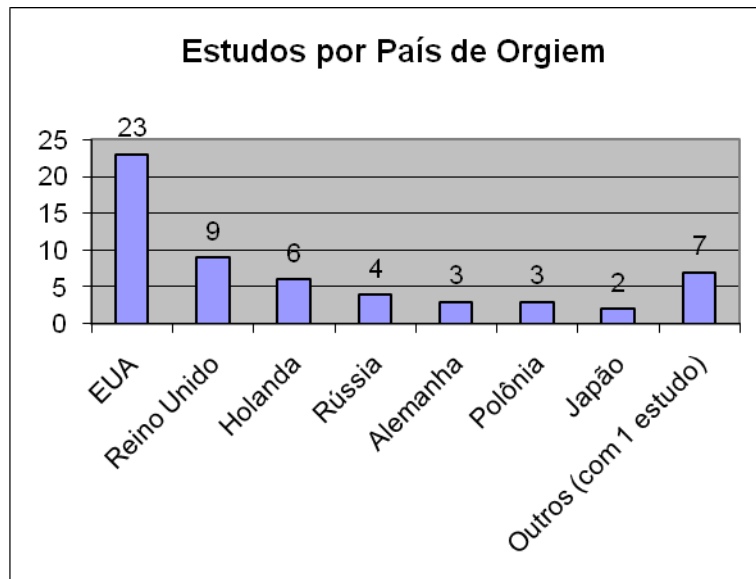
Gráfico 6 – Distribuição dos estudos por tema central

No Anexo 2 pode ser observada a distribuição dos estudos por autor, periódico, ano, país, desenho epidemiológico, população alvo e se houve relação com a exposição à radiação ionizante.

VI.a. OS PERIÓDICOS DA REVISÃO:

O país de origem do artigo foi analisado, com estudos em 15 nações distintas, distribuídas pela Europa, com 29 trabalhos, 23 da América do Norte, 3 da Ásia e 2 da América do Sul. Os países que apresentaram maior número de publicações foram os Estados Unidos com 23 e o Reino Unido com 9, conforme o Gráfico 5.

GRÁFICO 5



Outros com 1 estudo: Colômbia, Venezuela, Bósnia, Taiwan, Turquia, Ucrânia e República Tcheca.

Gráfico 5 - Distribuição dos artigos por país de origem

Com relação ao periódico em que foi realizada a publicação observa-se uma distribuição por 35 periódicos diferentes, com uma média de 1,63 artigo por periódico. Em 25 destes (71,4%), houve apenas um artigo. No que concerne aos outros 10 com dois ou mais artigos, a média de publicações foi de 3,2 artigos por periódico.

As revistas que apresentaram o maior número de publicações foi a Mutation Research, da Holanda com 6 artigos de autores diferentes, todas elas com relação positiva para a radiação ionizante, através de estudos transversais e caso-controle, abordando tanto populações de trabalhadores quanto a população geral. A publicação norte-americana American Journal of Industrial Medicine apresentou 5 artigos nos três tipos de desenhos, porém em um deles não foi constatado relação positiva.

Um periódico, também publicado nos Estados Unidos, o International Journal of Câncer com 5 artigos, mostrou um resultado mais equilibrado entre a relação positiva, com 3 artigos, e negativa com 2. Não houve nenhum estudo de caso-controle nestas cinco publicações.

No que se refere aos autores, o número total foi de 223, sendo que o número de autores por artigo mais freqüente foi de 4 (19,3%), seguido por 2 (17,5%) e 3 (12,3%). Deste total, 194 escreveram 1 artigo. Os autores mais citados foram Richardson DB e Wing S, com 5 publicações, e Freedman DM, Hauptmann M, Alexander B, Linet MS, Doody MM, Gödekmerdan A, Serhatlioglu S e Gürsu MF, com 3. Os 19 restantes escreveram 2 artigos.

Quanto à avaliação dos periódicos, que apareceram nesta revisão, foram utilizados indicadores do Institute for Scientific Information, Journal Citation Reports ¹²², e a Classificação de Produção Bibliográfica Acadêmica, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), do Ministério da Educação do Brasil, “*Qualis-Capes*” ¹²³.

“Qualis” é o conjunto de procedimentos utilizados pela Capes para estratificação da qualidade da produção intelectual dos programas de pós-graduação. Como resultado, disponibiliza uma lista com a classificação dos veículos utilizados pelos programas de pós-graduação para a divulgação da sua produção.

(CAPES, 2009a) ¹²⁴

Os critérios de classificação “*Qualis-Capes*”, na Área de Avaliação Saúde Coletiva, triênio 2004-2006 estão no Quadro 13. Ainda que esteja em curso uma nova revisão da classificação “*Qualis*”, com novos critérios para categorização ¹²⁵, uma parte importante dos periódicos ainda não está categorizada nesta nova sistematização e também não estão disponíveis todos os novos critérios, desta forma foi utilizada a categorização 2004-2006.

A estratificação da qualidade da produção é realizada de forma indireta. Dessa forma, o “*Qualis*” afere a qualidade dos artigos e de outros tipos de produção, a partir da análise da qualidade dos veículos de divulgação, ou seja, periódicos científicos e anais de eventos. A classificação de periódicos é realizada pelas áreas de avaliação e passa por processo anual de atualização.

QUADRO 13

Qualis Internacional A
Periódicos indexados presentes na base do ISI-JCR (<i>Journal Citation Reports</i> produzido por <i>Thomson Scientific</i> , antes <i>Institute for Scientific Information</i>) com índice de impacto igual ou superior a 0,6. São ainda classificados nesse grupo os periódicos: Revista de Saúde Pública (Faculdade de Saúde Pública, USP), Cadernos de Saúde Pública (Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fiocruz) e Revista Panamericana de Salud Pública (Organização Pan-Americana da Saúde, OPAS).
Qualis Internacional B
Periódicos indexados presentes na base do ISI-JCR (<i>Journal Citation Reports</i> produzido por <i>Thomson Scientific</i> , antes <i>Institute for Scientific Information</i>) com índice de impacto inferior a 0,6.
Qualis Internacional C
Periódicos que preenchem ambos os critérios: 1. Catalogados em uma das seguintes bases: <i>Medline</i> , <i>Sociological Abstracts</i> , <i>International Nursing Index</i> (INI), <i>Cumulative Index to Nursing & Allied Health Literature</i> (CINAHL), <i>SportDiscus</i> , <i>Education Resources Information Center</i> (ERIC), <i>Tropical Diseases Bulletin</i> , <i>International Pharmaceutical Abstracts</i> (IPA), <i>Planning/Policy & Development</i> . 2. Apresentarem, além de regularidade e periodicidade, padrão internacional quanto ao formato, qualidade de conteúdo, composição do corpo editorial e de consultores, distribuição de autorias e rigor na seleção de artigos.
Qualis Nacional A
Periódicos indexados no SCIELO.
Qualis Nacional B
Periódicos indexados no <i>Latin American and Caribbean Health Sciences</i> (Lilacs), EMBASE (<i>Elsevier</i>) ou PsycINFO/PsycLIT (<i>American Psychological Association</i>), ou ainda aqueles que sejam editados por sociedades científicas nacionais representativas da Área de Avaliação.
Qualis Nacional C
Os demais periódicos que não atendam os critérios acima.

Quadro 13: Critérios de Classificação “Qualis/ Capes” Área de Avaliação: Saúde Coletiva, 2007.

Em relação a classificação ISI-JCR, dos 57 artigos revisados, 8 periódicos não estão classificados. Estes periódicos não relacionados são de 8 países diferentes, sendo que 1 publicação foi escrita no idioma inglês e 2 no idioma espanhol, os demais países com uma publicação cada foram publicados nos idiomas: bósnio, russo, turco, ucraniano e polonês. O fato de que 7 destes periódicos, não incluídos no ISI-JCR, sejam publicações em idiomas diferentes do inglês, pode representar uma limitação para a categorização dos periódicos, interferindo no número de citações e no cálculo dos fatores de impacto.

QUADRO 14

Periódico	Qualis-Capes	Fator de Impacto	Citações	Nº Artigos	Meia-vida
Lancet	Qualis I-A	28,638	135.949	305	7,7
Environ Health Persp	Qualis I-A	5,636	16.326	285	5,5
Am J Epidemiol	Qualis I-A	5,285	25.584	320	9,4
Epidemiology	Qualis I-A	5,283	6.239	77	7,0
Int J Cancer	Qualis I-A	4,555	33.605	727	6,1
Mut Res	Qualis I-A	4,353	1.563	14	5,7
Cancer Sci	Qualis I-A	3,165	2.604	281	3,2
Occup Environ Med	Qualis I-A	2,817	4.457	118	6,1
Radiat Res	Qualis I-A	2,599	7.178	152	8,4
Mutagenesis	Qualis I-A	2,382	1.968	52	7,2
Ann Epidemiol	Qualis I-A	2,353	3.243	147	6,7
J Neuropsych Clin N	Qualis I-A	2,053	2.396	55	7,8
World J Surg	Qualis I-A	1,778	7.773	313	7,3
Arch Med Res	Qualis I-A	1,772	1.558	128	4,9
Eur J Cancer Prev	Qualis I-A	1,632	1.571	76	6,0
Am J Ind Med	Qualis I-A	1,597	4.165	108	8,8
Cell Biochem Funct	Qualis I-A	1,561	802	103	4,4
Langenbeck Arch Surg	Qualis I-A	1,533	1.408	104	6,1
Int Arch Occup Env H	Qualis I-A	1,476	2.380	89	8,2
Int J Radiat Biol	Qualis I-A	1,468	3.830	87	9,9
Ann Agric Env Med	Qualis I-A	1,074	512	53	4,9
Int Heart J	Qualis I-A	0,929	208	78	2,2
J Radiol Prot	Qualis I-A	0,903	287	47	5,9
Folia Biol Prague	Qualis I-B	0,596	244	32	7,7
Arch Environ Occup H	Qualis I-B	0,293	2.195	6	>10,0
Russ J Genet+	Qualis I-B	0,265	499	197	5,5
Zh Nevrol Psikhiatr	Qualis I-B	0,061	76	33	...
Medicinski Arhiv	Qualis I-C	-	-	-	-
Radiats Biol Radioecol	Qualis I-C	-	-	-	-
Arch Envir Health	Qualis I-C	-	-	-	-
Tani Girisim Radyol	Qualis I-C	-	-	-	-
Lik Sprava	Qualis I-C	-	-	-	-
Wiad Lek	Qualis I-C	-	-	-	-
Invest Clinica	Qualis N-A	-	-	-	-
Rev Cienc de La Salud	Qualis N-B	-	-	-	-

Quadro 14 – Indicadores de avaliação de periódicos.

Fontes: ISI-JCR, 2009 e CAPES, 2007.

O Quadro 14 apresenta, de forma sistemática, os periódicos que tiveram publicações relacionadas nesta revisão e alguns indicadores utilizados pela ISI-JCR e Capes. No quadro as revistas estão colocadas de forma decrescente a partir da categorização *Qualis-Capes* e do Fator de Impacto da ISI-JCR. Ao avaliar os resultados encontrados no Quadro 14, percebe-se que 33 destes periódicos apresentaram padrão internacional de acordo com a classificação da Capes e que 65,7% estão na categoria Qualis A Internacional (Gráfico 8).

Os dois artigos classificados como padrão nacional foram os únicos escritos no continente sul-americano no idioma espanhol ^{126, 127}, e foram estudos descritivos realizados com trabalhadores da área de saúde, utilizando biomarcadores com relação positiva à radiação ionizante.

GRÁFICO 8

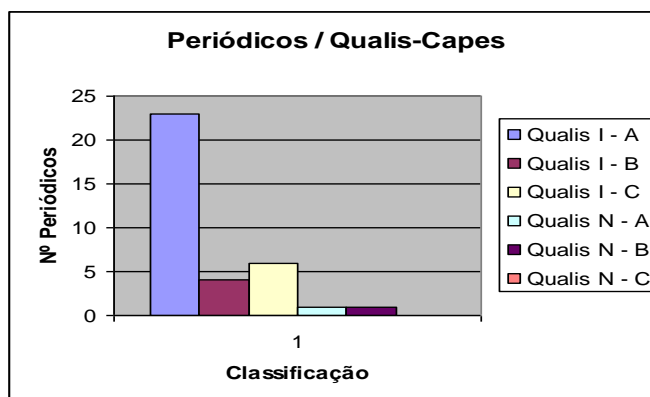


Gráfico 8 – Distribuição dos periódicos de acordo com a Classificação *Qualis/ Capes* Área de Avaliação: Saúde Coletiva, 2007.

Da mesma forma pelo número de citações, que é um fator que representa de forma direta a presença destes periódicos nos trabalhos científicos publicados, se observa que nos periódicos que fazem parte desta revisão bibliográfica, e que foram classificados pelo ISI-JCR, o número de citações oscilou de 76 (Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova) a 135.949 (Lancet). A revista com menor número de citações foi escrita com idioma russo ao passo que a que apresentou maior número de citações teve seu idioma original em inglês. A concentração do número de citações por periódico foi maior na faixa entre 1.001 e 5.000. (Tabela 5).

TABELA 5 - Distribuição dos periódicos de acordo com o nº de citações

Citações	Periódico (Nº)	Percentual (%)
Até 1.000	6	25,0
De 1.001 até 5.000	11	45,8
De 5.001 até 10.000	3	12,5
Mais que 10.000	4	16,7
Total	24	100

Fonte: ISI-JCR, 2009.

VI.b. OS ARTIGOS E A RELAÇÃO COM A RADIAÇÃO IONIZANTE:

A distribuição dos estudos realizados, de acordo com o desenho do trabalho e o resultado decorrente da relação causa-efeito com a exposição ionizante, está apresentada na Tabela 6. O resultado encontrado corrobora com a importância dos estudos epidemiológicos para este tipo de análise, e em particular os estudos de caso-controle para as pesquisas em epidemiologia genética ¹²⁸.

TABELA 6 – Distribuição dos estudos por desenho e relação com a exposição à radiação ionizante

Tipo de Estudo	Positiva	Negativa	Total	%
Ecológicos / Coorte, "Follow-up"	13	4	17	76,5
Seccionais, Transversais	14	3	17	82,3
Caso-controle	20	3	23	87
Total	47	10	57	82,5

A avaliação dos artigos por tipo de desenho de estudo demonstra que o grupo mais freqüente, ou seja, caso-controle apresentou uma relação de positividade com a radiação ionizante de 87%, superior a média para todos os tipos de estudo desta revisão que foi de 82,5%, maior que nos outros desenhos de estudo com 82,3% para os estudos transversais e 76,5% para os estudos de coorte (Tabela 6).

Dentre os estudos caso-controle, ao avaliar o tamanho das amostras do grupo e sua relação com a radiação ionizante, é observado que a distribuição de estudos com relação positiva para amostras menores ou iguais a 100 indivíduos foi de 11 dos 12 artigos (91,7%) e nas amostras maiores foi de 9 em 11 trabalhos (81,8%).

No grupo das amostras maiores, os 2 trabalhos com relação negativa ocorreu em estudos de população trabalhadora, um deles avaliou a mortalidade por leucemia mielóide crônica e leucemias agudas em trabalhadores do setor nuclear ¹²⁹ e o outro comparou a presença de

aberrações cromossomiais entre trabalhadores de minas de urânio e carvão, onde não houve diferença significativa entre os dois grupos ¹³⁰.

No caso da amostra negativa inferior a 100 indivíduos, o estudo foi realizado avaliando aberrações cromossomiais com trabalhadores da área de saúde em serviço de métodos de diagnóstico invasivos em cardiologia. Os resultados sugerem que não existe padrão estatisticamente significativo neste grupo de trabalhadores de aberrações cromossomiais estáveis, entretanto um pequeno grau de aberrações instáveis surgiu, mas regrediu após um período de afastamento por dois meses da fonte de exposição ¹³¹. Esse achado pode ser explicado por um maior controle ocupacional da exposição com o uso de equipamentos de proteção individual nesta atividade ocupacional.

Quanto aos artigos de caso-controle que utilizaram como tema central agravos clínicos, 9 apresentaram relação positiva com a radiação ionizante, distribuídos em diversos tipos de agravos como: câncer de tireóide ^{132, 133}, câncer de mama ¹³⁴, mieloma múltiplo ¹³⁵, abortamento espontâneo ¹³⁶, desenvolvimento intelectual em crianças ¹³⁷, demência em mulheres ¹³⁸ e esquizofrenia ¹³⁹.

Dois estudos abordaram a leucemia com resultados diferenciados, o primeiro trabalhou com 83 casos de leucemia em moradores da região banhada pelo rio Tcha, Rússia, área de influência da fábrica de armas nucleares Mayak. A avaliação de risco foi feita comparando com um grupo controle de 415 indivíduos e apresentou relação positiva ¹⁴⁰. O segundo, com relação negativa, comparou o risco de leucemia em trabalhadores das fábricas de material bélico nuclear nos Estados Unidos. Foram avaliados 206 trabalhadores com exposição aumentada e 823 como grupo-controle ¹²⁸. Os resultados desse estudo não demonstraram relação significativa na relação dose- resposta, porém foi observado um aumento do risco relativo nas pessoas contratadas com idade mais avançada. Esse achado mostra a importância do monitoramento por longos períodos da população exposta. Da mesma forma, relata que grupos etários com idades mais avançadas apresentam um risco mais elevado de desenvolverem leucemias, provavelmente por associações com múltiplos fatores de exposição e uma possível maior suscetibilidade nestas faixas etárias.

Os artigos de estudo caso-controle que utilizaram biomarcadores como tema, 81,8% (9/11) apresentaram positividade na relação com a radiação ionizante. Os biomarcadores de exposição utilizados foram: análise cromossomial citogenética de leucócitos periféricos ^{141, 142, 130}, determinação de micronúcleos em leucócitos ^{143, 144}, combinação de análise citogenética e estudo cometa ¹⁴⁵, dosagem de anti-oxidantes no sangue periférico ¹⁴⁶, dosagem de proteína “*príon*” no sangue periférico ¹⁴⁷, dosagem de pteridina e creatinina urinária com análise cromossomial citogenética de leucócitos ¹⁴⁸ e determinação de paraoxanase no sangue ¹⁴⁹.

Os dois estudos caso-controle que usaram exames complementares como temática, utilizaram a avaliação do perfil imunológico determinando os subgrupos de linfócitos periféricos, dosagem de C₃ e C₄, e de imunoglobulinas G, A e M ¹⁵⁰ e perfil bioquímico e imunológico ¹⁵¹. Ambos os estudos apresentaram relação positiva.

Todos os trabalhos com desenho caso-controle, desta revisão, realizados com população geral tiveram resultado positivo em relação à radiação ionizante, e, apenas um não utilizou amostra superior a 100 indivíduos ¹⁴⁴. Este trabalho avaliou a frequência de micronúcleo em linfócitos periféricos em 46 trabalhadores expostos ocupacionalmente a baixas doses de radiação ionizante e 27 trabalhadores compondo o grupo-controle. Nos demais a amostra variou entre 200 e 498 indivíduos ^{139, 137, 133, 132, 140}.

Em relação aos trabalhos de caso-controle avaliando o tipo de exposição ocupacional e a relação com a radiação ionizante é observado que naqueles em que a ocupação foi o setor saúde, raios X e medicina nuclear, 90% apresentaram relação positiva, ou seja, dos 10 estudos apenas um artigo não apresenta esta relação ³⁰. Quando a exposição escolhida recaiu no setor nuclear, dois estudos apresentam relação positiva ^{138, 135} e outros dois relação negativa ^{130, 129}.

Quanto ao estudo de Wolf et al, 2004 ¹³⁰, a comparação entre os grupos foi realizada em 2 populações trabalhadoras distintas. A primeira trabalhava em mina de urânio e a segunda

com carvão mineral. Segundo Wolf et al, 2004¹³⁰, os achados de elevação da taxa de aberrações cromossomiais está presente em todo trabalho de mineração, e que os seus achados evidenciaram que ambos os grupos de mineradores tiveram resultados semelhantes, indicando que não houve um acréscimo no número de aberrações cromossomiais nos mineradores de urânio em relação aos de carvão mineral.

O outro artigo (Schubauer-Berigan et al, 2007)¹²⁹ não evidenciou uma relação de aumento de incidência de leucemia não linfóide crônica em trabalhadores do setor nuclear quando o grupo de trabalhadores recebeu doses inferiores a 100mSv. Para doses maiores o padrão seguiu a taxa esperada de outros estudos. Este fato evidencia a importância da aferição de “*back-ground*” de radiação ambiental e de dose individual recebida para os trabalhadores expostos.

Os estudos transversais representaram o segundo grupo em percentual de positividade. Dos 3 estudos que apresentaram relação negativa, 2 utilizaram população de trabalhadores, com diferentes temas centrais. O primeiro avaliou exposição ocupacional de profissionais de saúde a baixas doses de radiação, através de exames complementares, comparando com as doses individuais recebidas¹⁵². Nesse estudo talvez a relação negativa com a radiação ionizante se deva à escolha dos achados hematológicos como marcador, pois este exame não parece ser um método sensível para indicar efeitos de baixas doses de radiação¹⁵³. O outro foi realizado com base em um estudo seccional em trabalhadores das indústrias do setor nuclear do Reino Unido, a respeito do risco de morte fetal, malformação congênita em filhos de trabalhadores do setor nuclear no Reino Unido¹⁵⁴. Os achados apontam no sentido de que os desfechos indesejáveis na gravidez não são bons indicadores para o monitoramento da exposição à radiação ionizante em baixas doses.

O terceiro estudo transversal com relação negativa utilizou a população sobrevivente aos ataques nucleares de Hiroshima e Nagasaki e avaliou a possível relação com cirrose hepática¹⁵⁵, pois este tipo de relação é positiva quando se avalia a exposição crônica¹⁵⁶. Com os achados encontrados, a utilização da cirrose hepática como agravo a ser monitorado deverá estar restrito aos níveis de exposição ambiental ou ocupacional, ainda

assim existem múltiplas variáveis de confundimento como o uso de álcool, tabagismo e a presença de hepatites virais crônicas ^{157, 158, 159, 160}.

Quanto ao tema central dos estudos com desenho transversal existe um predomínio de estudos realizados com biomarcadores em relação às outras temáticas (Gráfico 9). Nenhum artigo avaliando biomarcador apresentou relação negativa com a radiação. Dois estudos de agravos clínicos tiveram esta relação negativa, um deles buscava a associação entre cirrose hepática e radiação ionizante ¹⁵⁵, o outro tratava de infertilidade primária ¹⁵⁴.

GRÁFICO 9

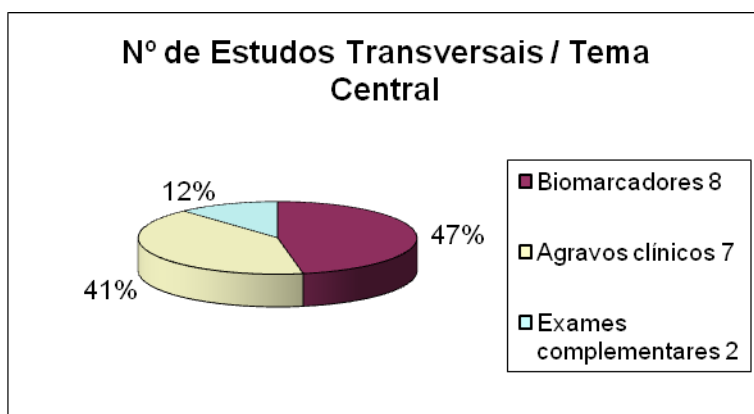


Gráfico 9 - Distribuição dos estudos transversais por tema central

Nesses estudos, os biomarcadores de exposição utilizados foram relacionados com aberrações cromossomiais. A maioria dos estudos utilizou a análise cromossomial citogenética de leucócitos periféricos ^{161, 162, 126, 127, 163, 164}. Os outros trabalhos foram realizados utilizando a avaliação do espectro de mutação micro-satélite em células germinativas ¹⁶⁵ e por hibridização fluorescente “*in situ*”, FISH, de leucócitos ¹⁶⁶.

O tema agravo clínico esteve presente em 7 artigos de estudos transversais, dos quais 5 apresentaram relação positiva. Estes estudos abordaram diversos agravos como alterações morfofuncionais da pele ¹⁶⁷, associação entre exposição radiológica ocupacional e nódulos tireoidianos ¹⁶⁸, lesões de bexiga induzidas por radiação ionizante em baixas doses ¹⁶⁹,

gastroduodenite crônica e exposição radiológica ¹⁷⁰ e alterações neuropsicológicas em indivíduos expostos a baixa dose de irradiação ¹⁷¹.

Dois estudos transversais focaram em alterações de exames complementares, o primeiro buscou alterações de provas de função pulmonar e tireoidiana, leucometria e plaquetometria comparando com o nível de irradiação. Este estudo mostrou não ter alterações significativas quando a dose de exposição foi baixa, entretanto existiam alterações, como aumento do nível sérico do hormônio tireóide estimulante (TSH) e basofilia em altas doses de irradiação ¹⁵². O outro artigo avaliou alterações eletroencefalográficas em pacientes que sofreram irradiação aguda no acidente de Chernobyl e apresentou relação positiva com a radiação ionizante ¹⁷².

Para os estudos transversais avaliando a relação quanto ao tamanho da amostra, é notada uma elevação percentual de estudos com relação negativa quando a amostra é superior a 100 indivíduos (Tabela 7).

TABELA 7 – Distribuição dos estudos transversais por tamanho da amostra e relação com a exposição à radiação ionizante

Amostra em N°	Rel. Positiva	Rel. Negativa	Total	% Pos.
Até 100	7	-	7	100%
Maior que 100	10	3	10	70%
Total	14	3	17	82,3%

O grupo de artigos utilizando desenho epidemiológico como estudos de coorte foi o que apresentou menor positividade na sua relação com a radiação ionizante, 13 trabalhos entre 17. Os periódicos em que ocorreram as publicações são todos classificados como I-A ¹²³ e com fator de impacto maior que um ¹²¹. Estes dois indicativos representam uma boa qualidade das periódicos em questão. Em relação ao país da publicação, 13 são dos EUA e 4 são do Reino Unido.

TABELA 8 – Distribuição dos estudos de coorte por tamanho da amostra e relação com a exposição à radiação ionizante

	N da Amostra	Nº do Estudo	Relação com RI
1^a	146.002	39	Positiva
2^a	68.588	38	Positiva
3^a	65.304	21	Positiva
4^a	43.316	5	Positiva
5^a	41.010	36	Positiva
6^a	26.389	20	Negativa
7^a	22.395	23	Negativa
8^a	18.883	9	Positiva
9^a	14.095	53	Positiva
10^a	13.600	49	Negativa
11^a	12.245	46	Positiva
12^a	8.607	10	Positiva
13^a	4.946	57	Positiva
14^a	4.563	55	Positiva
15^a	4.014	52	Positiva
16^a	3.864	17	Positiva
17^a	2.363	25	Positiva

Nos estudos de coorte desta revisão, o tamanho das amostras analisadas variou de 2.363 a 146.002 indivíduos, e a relação negativa com a radiação ionizante ocorreu em 3 dos 17 estudos realizados. Os três resultados com relação negativa estão entre as 10 maiores amostras do grupo (13.600 – 146.002). As seis amostras inferiores a 10.000 indivíduos apresentam relação positiva (Tabela 8). Esse achado sugere que quanto mais específico for o grupo alvo do estudo de coorte maior a chance de positividade.

Todos os artigos com desenho do tipo de coorte utilizaram os agravos como o tema central, e 76,5% trabalharam com o câncer enquanto agravo a ser avaliado. Os quatro estudos que utilizaram outros agravos foram catarata ¹⁷³, malformação congênita ¹⁷⁴ e dois sobre avaliação da mortalidade geral, não especificando causa ^{175, 176}.

Os tipos de câncer observados nos estudos de coorte são diversos, mas em sua maioria (61,5%) a avaliação foi feita em cima da morbi-mortalidade por câncer sem definir a localização. Sete destes estudos tentavam relacionar o aumento da mortalidade por câncer e

a exposição ocupacional da população do estudo^{177, 178, 11, 179, 180, 181, 182} e um artigo buscava a relação entre a incidência de câncer em crianças na Alemanha e exposição ambiental¹⁸³.

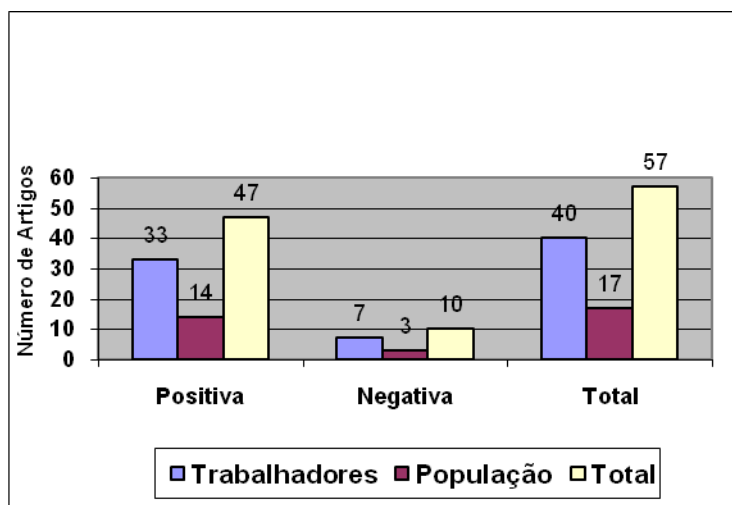
Os outros cinco estudos definiram a localização do câncer como: leucemia¹⁸⁴, pulmão¹⁸⁵, de pele não-melanoma¹⁸⁶, tireóide¹⁸⁷ e melanoma¹⁸⁸.

Com relação à população alvo dos estudos de coorte, oito estudos foram realizados com trabalhadores do setor nuclear, quatro com trabalhadores de saúde e cinco com exposição ambiental da população geral. Os estudos de coorte com trabalhadores do setor nuclear apresentaram relação positiva em seis deles^{184, 173, 175, 181, 178, 177} e dos estudos com profissionais de saúde todos apresentaram relação positiva^{182, 186, 188, 179}.

Dois estudos de coorte em população trabalhadora utilizaram o agravo câncer como tema central. O primeiro deles apresentou uma relação positiva quando a exposição ocupacional ocorreu em idades avançadas e/ou quando o tipo de câncer foi pulmonar¹⁸¹. O outro estudo, com relação negativa, apresentou como limitação o fato de estar trabalhando com população jovem para se avaliar mortalidade por câncer, com idade média de 39,4 anos, porém trata-se de um grupo estável e bem selecionado de forma que novas avaliações futuras podem ser efetuadas¹⁸⁰.

Quando o estudo de coorte foi realizado em função da exposição de natureza ambiental, o público alvo foi a população geral. Neste grupo, dois estudos (40%) apresentaram relação negativa, e os indivíduos estudados foram crianças, o que pode representar uma limitação do trabalho.

O primeiro estudo buscou relacionar morte fetal e malformação congênita com a exposição¹⁷⁴ e o outro relacionar à exposição com a incidência de casos de câncer na infância¹⁸³. Os outros que tiveram relação positiva tinham como população de estudo, pacientes adultos vítimas do acidente radioativo de Chernobyl¹⁸⁷, o segundo artigo avaliou o padrão de mortalidade das pessoas que haviam sobrevivido aos ataques das bombas nucleares na Segunda Guerra Mundial¹⁷⁶ e o outro estudou a mortalidade por câncer em áreas de influência de estabelecimento nuclear na Espanha¹¹.

GRÁFICO 10**Gráfico 10 - Distribuição dos artigos por população alvo e relação com a radiação ionizante**

Na avaliação da população alvo para os três tipos apresentados de desenho epidemiológico, dos 40 estudos com população trabalhadora, 33 apresentaram relação positiva no resultado (82,5%) e naqueles 17 trabalhos realizados na população geral exposta, 14 apresentaram relação positiva (82,3%), de acordo com o Gráfico 10, demonstrando que ambos os grupos apresentam um indicativo de positividade nesta relação com a radiação ionizante.

TABELA 9 – Distribuição dos estudos por tipo de desenho epidemiológico, em trabalhadores e na população geral, e a relação com a exposição à radiação ionizante

Tipo de Estudo	Trab. posit.	Trab. negat.	Trab. subtotal	Pop. posit.	Pop. negat.	Pop. subtotal	Total
Coorte	10	2	12	3	2	5	17
Transversal	8	2	10	6	1	7	17
Caso-controle	15	3	18	5	-	5	23
Total	33	7	40	14	3	17	57

A Tabela 9 apresenta a distribuição dos estudos realizados com trabalhadores e na população em geral, por desenho epidemiológico e a relação com a radiação ionizante. Apesar de algumas categorias apresentarem um número pequeno de estudos por tipo de desenho e resultado, em todas as categorias analisadas existe um percentual de relação positiva com os efeitos da radiação ionizante variando entre 60% e 100%, reforçando a

idéia da utilização dos três desenhos de estudos, de acordo com Wünsch Filho e Gattás (469:2001)⁹⁰.

Dos 40 artigos que estudaram população trabalhadora, 20 foram realizados com profissionais do setor saúde, 17 com trabalhadores do setor nuclear e 3 com outros tipos ocupacionais de exposição. Desses, 34 monitoraram a dose de radiação recebida. Dos seis estudos que não fizeram este monitoramento, três utilizaram uma coorte de técnicos e radiologistas dos EUA, em que a dose de exposição individual foi feita por estimativa^{179, 188, 186}. Da mesma forma um estudo utilizou de estimativa para calcular a dose individual recebida para uma coorte de enfermeiros na Noruega¹⁸².

Um estudo comparou câncer de mama com exposição por grupo profissional, sem realizar aferição de dose. Neste estudo foi evidenciado que os trabalhadores submetidos à exposição ocupacional radiológica apresentaram uma incidência aumentada de câncer de mama¹⁴⁵. O sexto artigo, que não realizou aferição de dose de radiação recebida, estudou os trabalhadores do setor de limpeza de Chernobyl¹⁶⁷.

Os estudos realizados com a população geral foram classificados em três subgrupos de exposição (Tabela 10): o primeiro subgrupo foi composto de estudos que avaliaram populações vítimas de acidentes ou de uso bélico da radiação ionizante, neste caso foram identificados 11 artigos, dos quais 7 se relacionavam ao acidente de Chernobyl, Ucrânia^{139, 132, 170, 169, 172, 187, 137}, dois acompanhavam sobreviventes das bombas nucleares da 2ª Guerra Mundial^{176, 155}, um artigo abordava o acidente de Goiânia, Brasil¹⁶⁵ e o último avaliava os moradores próximos a área de testes nucleares de Semipalatinsk na Rússia¹⁶².

O segundo subgrupo foi composto por estudos populacionais extrapolados de ambientes de trabalho do setor nuclear^{183, 161, 174, 11, 140} e por fim o artigo relacionado com exposição ao tratamento com radioterapia¹³³.

TABELA 10 – Distribuição dos subgrupos de artigos com estudos populacionais por desenho epidemiológico, tema central e relação com a radiação ionizante

Subgrupo Origem	Desenho				Tema Central				Relação com RI		
	Caso- controle	Coorte	Transver- sal	Total	Agravo	Biomarca- dor	Exame complem.	Total	Positiva	Negativa	Total
Bélica/Acidente	3	2	6	11	8	2	1	11	10	1	11
Amb. Trabalho	1	3	1	5	4	1	-	5	3	2	5
Radioterapia	1	-	-	1	1	-	-	1	1	-	1
Total	5	5	7	17	13	3	1	17	14	3	17

Ao avaliar o resultado, excetuando o estudo com radioterapia que foi único, foi observado que a relação positiva com a radiação ionizante foi mais freqüente nos artigos que abordaram “*follow-up*” de vítimas de acidentes nucleares ou da utilização bélica da energia nuclear (10/11). Nestes casos já existe um episódio de contato prévio com radiação definido.

Quando o estudo utilizou extrapolação a partir de ambientes de trabalho do setor nuclear, apesar de ter um número reduzido de observações foi percebida uma tendência de maior equilíbrio entre os resultados positivos (3/5) e negativos (2/5). Dos 5 artigos deste subgrupo, um deles aferiu a dose externa e interna recebidas e o resultado apresentou relação positiva com a radiação ionizante ¹⁴¹. Os outros 2 artigos que tiveram esta relação positiva não realizaram aferições de dose recebida e ambiental, embora um deles tenha definido o raio das áreas de exposição (até 30 km) e de referência (50-100 km) em relação ao estabelecimento do setor nuclear ¹¹ e o outro estudo avaliou tanto exposição ocupacional quanto ambiental na Lituânia ¹⁶¹.

Nos dois trabalhos publicados com avaliação populacional a partir da presença de um empreendimento do setor nuclear nas proximidades, com relação negativa, não foi realizado avaliação do “*background*” de radiação ambiental ^{183,174}.

TABELA 11 – Agravos clínicos encontrados e relação com a radiação ionizante.

Agravo Clínico	Rel. Pos.	Rel. Neg.	Total
Câncer	17	4	21
Alterações de funções neuropsicológicas	4	-	4
Alterações de funções reprodutivas	1	1	2
Alterações morfofuncionais da pele	1	-	1
Nódulos tireoidianos	1	-	1
Catarata	1	-	1
Cirrose hepática	-	1	1
Gastrododenite	1	-	1
Malformação congênita e morte fetal	-	1	1
Aumento da mortalidade geral	1	-	1
Total	27	7	34

Em relação ao tema central para todas as categorias de grupos de estudos desta revisão foi observado que os trabalhos que envolveram agravos clínicos foram em maior número, 34/57 estudos (59,6%). Desses o agravo mais relacionado nos estudos foi o câncer com 21 trabalhos (61,8%), sendo que 17 (80,9%) apresentaram relação positiva com a radiação ionizante (Tabela 11).

O número maior de trabalhos utilizando o câncer como agravo a ser estudado e o percentual encontrado de estudos com relação positiva demonstra a importância da utilização deste agravo nos estudos epidemiológicos.

A localização primária do câncer foi variável, oito estudos se referem a grupos gerais sem especificação do tumor primário. Nos outros 13 trabalhos a distribuição está apresentada no Gráfico 11.

GRÁFICO 11

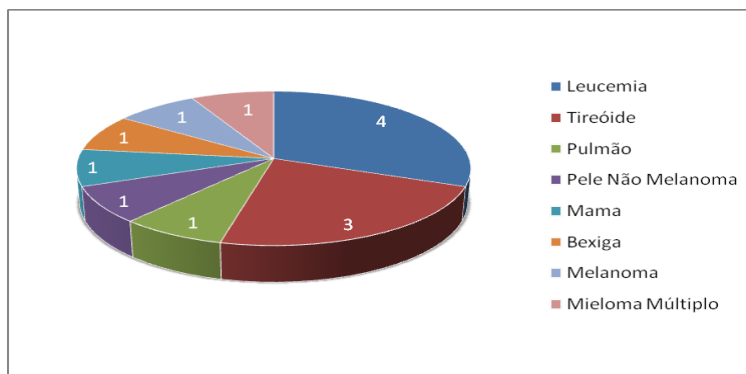


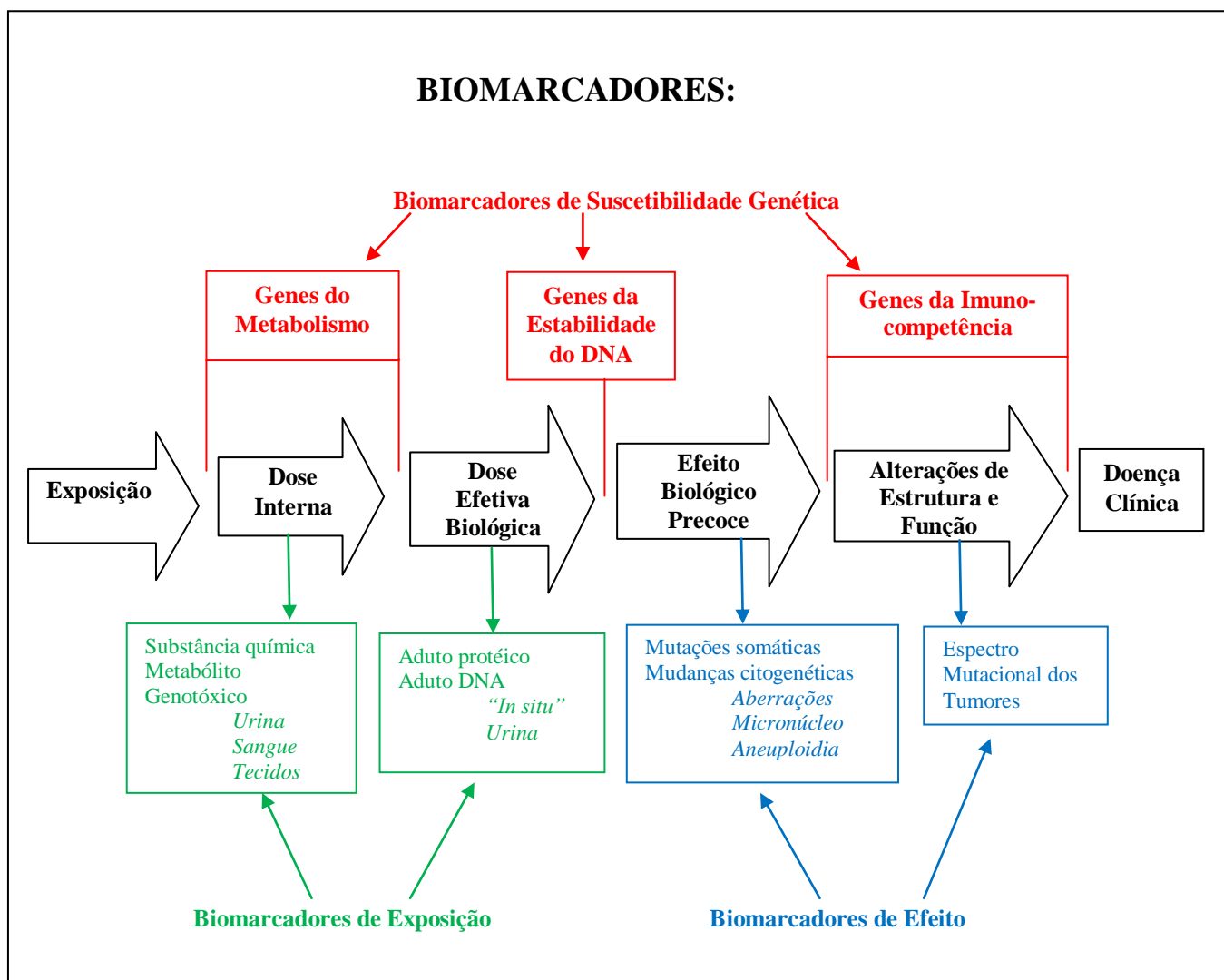
Gráfico 11 - Distribuição do nº de estudos por tipo de câncer.

Os quatro artigos com o tema câncer que apresentaram relação negativa, dois foram estudos gerais abordando coorte de trabalhadores. Em um destes estudos, apesar dos números gerais não representarem uma relação positiva, foi encontrado relação positiva quando apresentava exposição à radiação em faixa etária elevada ou quando o tipo de câncer foi o de pulmão ¹⁸¹. O segundo estudo comparou a mortalidade por câncer de trabalhadores expostos cronicamente a baixas doses de radiação ionizante em uma empresa francesa, *Electricité de France*, com a mortalidade da população na França, neste estudo não foi evidenciado alteração no perfil de mortalidade por câncer ¹⁸⁰. Da mesma forma que no estudo de Wing e Richardson, 2005 ¹⁸¹, provavelmente esse resultado negativo tem relação com a faixa etária da coorte que apresentava média de idade de 39,4 anos ao final do estudo. Outro fator importante é o efeito do trabalhador sadio observado frequentemente quando utilizamos coorte de origem ocupacional incluindo trabalhadores no setor nuclear ^{189, 190, 191, 192, 178}.

Os outros dois artigos com relação negativa foram estudos com leucemia, como tipo de neoplasia. O primeiro estudou a mortalidade por leucemia aguda e mielóide crônica em coorte combinada de trabalhadores de 5 estabelecimentos de produção de material nuclear bélico nos Estados Unidos, com um grupo populacional exposto a altas doses de radiação ambiental, portanto não houve uma comparação com grupos não expostos ¹²⁹. O segundo com relação negativa foi uma coorte com crianças que habitavam áreas próximas a

estabelecimentos nucleares na Alemanha, em que foi comparada a incidência de leucemia com outras duas áreas não expostas no mesmo país ¹⁸³. Da mesma forma que no estudo de Wing e Richardson, 2005 ¹⁸¹, este achado pode sugerir que a associação da radiação ionizante crônica com o câncer possa estar relacionada com a exposição em idade mais avançada.

QUADRO 15



Quadro 15 - Resposta dos biomarcadores em relação aos eventos ambientais indutores do câncer.
 Fonte: Albertini 2001.

TABELA 12 - Distribuição dos artigos por tipo de biomarcador.

BIOMARCADOR	Nº de Artigos
Aberrações Cromossomiais	15 (11+2+1+1)
• Análise citogenética (ACG)	11
• Micronúcleo	2
• Ensaio cometa e análise citogenética	1
• Hibridização fluorescente “<i>in situ</i>”, FISH	1
Dosagem de anti-oxidantes	1
Dosagem de proteína “<i>prion</i>”	1
Dosagem de pteridina e creatinina urinária e ACG	1
Determinação de paraoxanase	1
TOTAL	19

Em relação aos estudos que utilizaram os bioindicadores como tema central, todos os estudos utilizaram biomarcadores de efeito ou de resultado precoce (Quadro15), de acordo com o esperado para estudos epidemiológicos que relacionam exposição ao agente e efeitos clínicos ^{121, 192}. Dos 19 estudos que utilizaram biomarcadores, 17 (89,5%) apresentaram relação positiva com a radiação ionizante. Quanto ao biomarcador utilizado, 15 publicações (78,9%) trabalharam com aberrações cromossomiais, micronúcleo e ensaio cometa, estes dois últimos indicadores de aberrações (Tabela 12).

Dois estudos apresentaram relação negativa. O primeiro estudo, de caso controle com trabalhadores, comparava o número de aberrações cromossomiais de trabalhadores de minas de urânio (n=66) com de carvão mineral (n=29) e não houve alteração significativa de padrão ¹³⁰. O segundo estudo, já discutido anteriormente, sem alterações significativas

de perfil foi realizado com trabalhadores de métodos cardiológicos invasivos e um grupo controle, ambos com o mesmo número de avaliados, 11 em cada grupo ¹³¹.

Nos quatro artigos que utilizaram exames complementares como tema (Quadro 16), o estudo transversal realizado com trabalhadores de um hospital de Taiwan não evidenciou um risco maior a saúde deste grupo. Entretanto ao subdividir o grupo em três categorias, a categoria que operava radioisótopos apresentou um potencial maior de risco. Este risco foi atribuído a questões relacionadas ao sistema de proteção ocupacional do grupo em questão

152

QUADRO 16

Autores	Desenho	Pop. Alvo	Tipo de Exame	Relação
Lin e Mao, 2004	Transversal	Trabalhadores	Espirometria, Hemograma e Hormônios	Negativa
Göderkmerdan et al, 2004	Caso-controle	Trabalhadores	Perfil Imunológico	Positiva
Serhatlioglu et al, 2004	Caso-controle	Trabalhadores	Perfil Imunológico e Bioquímica	Positiva
Loganovsky e Yuryev, 2004	Transversal	População	EEG	Positiva

Quadro 16 – Distribuição dos estudos com exames complementares por desenho, população alvo, tipo de exame e relação com a radiação ionizante.

Os outros três artigos mostraram relação positiva. Dois destes estudos realizados com desenho do tipo caso-controle tendo como grupo alvo trabalhadores. Os exames avaliados foram perfil imunológico e exames bioquímicos ^{150, 149}. O último estudo, com relação positiva, foi realizado com a população sobrevivente do acidente de Chernobyl, comprovadamente exposta à radiação ionizante. Este grupo foi acompanhado no período de 1996-2001, na busca de alterações nos exames de eletroencefalograma ¹⁷².

Os achados da avaliação dos periódicos desta revisão sistemática denotam a abrangência e o impacto que os periódicos, nos quais foram publicados os textos selecionados,

representam na literatura científica internacional. Este fato associado à ausência de estudos nacionais identificados nesta pesquisa, bem como da necessidade observada de realização de estudos nacionais, indicam a necessidade de ampliar os horizontes destes estudos ^{15, 16, 17, 18, 19}.

Os resultados aqui descritos reforçam a importância dos estudos epidemiológicos para o monitoramento de grupos populacionais expostos à radiação ionizante ambiental ou ocupacional. Da mesma forma, o fato da maior parte destes estudos mostrarem uma relação positiva com a radiação ionizante (47 entre 57, correspondendo a 82,5% das publicações), aponta no sentido do aprofundamento destes estudos bem como na necessidade da busca de outros tipos de estudos para melhor observar este fenômeno.

Todos os desenhos de estudos epidemiológicos avaliados apresentam peculiaridades próprias que utilizados de forma conjunta possibilitam uma melhor avaliação deste tipo de exposição. Os estudos de caso-controle apontam para a importância do pareamento dos estudos, tanto quando o foco é a população geral, 100% dos artigos com relação positiva e com população de trabalhadores, 83,3%. A quantidade de estudos transversais com relação positiva com a radiação ionizante (82,3%), em particular quando o tema central escolhido for biomarcadores (100%), denota a relevância dos recortes desta natureza e com esta temática para avaliar este tipo de exposição. Para completar os estudos de *“follow-up”* em coortes prospectivas, apesar das limitações do custo e do longo tempo necessário para o acompanhamento, parecem ser de grande utilidade principalmente para população trabalhadora (83,3%).

Os estudos com população trabalhadora (40 artigos) foram mais frequentes que os estudos com população geral (17) e a relação de positividade com a radiação ionizante foi semelhante, 82,5% para o primeiro grupo e 82,3% para o segundo. Estes achados caracterizam que ambos os grupos apresentam necessidade de monitoramento, mas em particular a população de trabalhadores representa um importante espaço de estudo, para acompanhamento de longo prazo e com melhores possibilidades de seguimento.

Dentre os temas centrais avaliados nesta revisão, a temática agravo clínico (27/34), particularmente o câncer e os biomarcadores de resultados (17/19) que avaliam dano genético a partir de aberrações cromossomiais foram os que mostraram melhor possibilidade como elemento para o monitoramento destes grupos populacionais. O grupo de estudos avaliando alterações de exames complementares, além de representarem um número menor de artigos (4/57) houve grande variabilidade dos exames avaliados, e desta forma, necessita um maior aprofundamento antes de escolher um ou mais exames complementares em uma rotina para monitoramento de grupos populacionais.

No que diz respeito à faixa etária a ser monitorada, a população adulta tende a ser a mais indicada para este monitoramento. Os artigos que trabalharam especificamente com crianças não evidenciaram positividade na relação com a radiação ionizante^{183, 174}.

Os resultados encontrados apontam para a importância de agregarmos outras abordagens de estudo como a avaliação do “*background*” de radiação para os estudos ambientais, visto que os estudos de natureza ocupacional apresentam esta prática de monitoramento de dose recebida ou de exposição. A definição de área de exposição e área de referência também é uma estratégia importante para otimização dos recursos¹¹.

Outro fator percebido diz respeito à inexistência de estudos em países africanos, a despeito de Nigéria e Namíbia serem respectivamente 3º e 4º produtores mundiais de urânio, responsáveis por 19% da produção mundial⁶⁶. Da mesma forma só dois artigos são publicados em veículos latino-americanos, com dados nacionais da Colômbia e Venezuela, em estudos transversais, com amostras de 15 e 18 indivíduos respectivamente^{126, 127}. Outros dois artigos, publicados em periódicos na Holanda e EUA, se reportam a países da América do Sul, o primeiro relacionado ao acidente de Goiânia, Brasil¹⁶⁵ e o segundo com trabalhadores expostos à radiação ionizante na Argentina¹⁴⁵. Esta constatação pode estar baseada na fragilidade dos dados colhidos nestes dois continentes, fato este que reforça a importância de investimento na melhoria dos sistemas de coleta de dados e mesmo dos sistemas de saúde locais.

Da mesma forma, a participação dos grupos populacionais envolvidos é de fundamental importância no sentido da construção de ações com uma visão ampliada contemplando os olhares dos diversos atores envolvidos. Os elementos que compõem o conceito da ciência pós-normal, como gerenciamento da incerteza, pluralidade de práticas e perspectivas e paridade com o saber comunitário, aponta no sentido da importância de ser incentivado o diálogo com outros agentes sociais na tomada de decisão para assuntos ligados ao risco ambiental ^{193,194}. Assim sendo, estudos que avaliem olhares de diferentes atores envolvidos, como os grupos expostos à contaminação radiológica, passam a apresentar relevância na composição do instrumento proposto.

VI.d. O PROTOCOLO E SUA APLICAÇÃO:

Os resultados da revisão bibliográfica reforçam a necessidade da construção de um protocolo de estudo a ser aplicado no território nacional, com o formato escalonado visando à melhor utilização dos recursos para a obtenção de melhores resultados. Este protocolo tem por objetivo permitir a sua aplicação em áreas de exposição ambiental à radiação ionizante, com ênfase naqueles grupos populacionais mais expostos, como trabalhadores em minas de extração de urânio ou usinas nucleares e moradores das regiões circunvizinhas a área do empreendimento nuclear.

A partir dos estudos epidemiológicos levantados nessa revisão sistemática, é sentida a necessidade de inclusão de outros tipos de estudos na construção deste protocolo, pois desta forma é possível a construção de um instrumento com múltiplos olhares, fato este necessário para avaliarmos um problema complexo, como o da exposição crônica à radiação ionizante, sem reduzi-lo a um único olhar ²⁴. Desta forma, para o desenho deste protocolo foram incluídos outros desenhos metodológicos de estudos, além dos estudos epidemiológicos levantados nessa revisão. O Quadro 17 sintetiza os principais pontos norteadores do protocolo e no Anexo 3 estão descritos os principais indicadores do protocolo com as respectivas fontes de pesquisa.

QUADRO 17

a	Realizar diagnóstico do sistema de saúde local.
b	Avaliar a percepção de risco da população exposta.
c	Monitorar periodicamente a concentração de urânio no ambiente.
d	Avaliar diferentes padrões de morbi-mortalidade na área e identificar grupos mais expostos.
e	Estudar efeitos em trabalhadores e populações vizinhas com maior exposição potencial, identificando biomarcadores.
f	Estudar indivíduos com alterações nos biomarcadores identificados.

Quadro 17 - Pontos norteadores do protocolo

✓ **REALIZAR O DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE SAÚDE LOCAL:**

O conjunto de proposições de melhorias para o SUS local é um fator importante para as etapas seguintes do trabalho, pois as melhorias das atividades de atenção básica e de vigilância em saúde representam uma maior possibilidade de monitoramento e intervenção, uma vez que, existe no escopo destes dois campos de atuação da saúde pública, a proximidade da comunidade exposta, incluindo os trabalhadores. Da mesma forma, a melhoria destes dois setores gera, por consequência, um avanço na qualidade dos dados produzidos bem como serve de mecanismo organizador da rede de saúde.

Nesta proposta de protocolo, estes estudos devem anteceder a todos os demais e, preferencialmente integrarem os EIA, anteriores ao início das atividades do empreendimento. Para esta fase está prevista uma etapa inicial de levantamentos de dados quanto ao perfil epidemiológico da população, utilizando o material elaborado e validado do Curso de Desenvolvimento Gerencial de Unidades Básicas do Sistema Único de Saúde¹⁹⁵. Os levantamentos desta fase são:

1. Características da população total da área de influência do empreendimento:

- a. Sexo e faixa etária;
 - b. Ocupação;
 - c. Distribuição espacial;
 - d. Processos migratórios;
 - e. Formas de organização social.
2. Problemas de saúde mais comuns na percepção da população.
 3. Informações sobre morbimortalidade da área.
 4. Informações sobre as condições de vida:
 - a. Condições de trabalho;
 - b. Condições ambientais;
 - c. Condições de consumo coletivo.

No segundo momento, realizar o levantamento da força de trabalho, da capacidade instalada física, dos equipamentos e insumos, e dos recursos financeiros do SUS local. A partir destes levantamentos, são propostas ações que visem à melhoria do sistema. Estas propostas têm como pressuposto o compromisso com a melhoria das condições de vida da população exposta a este risco. Seu desenho sugere intervenções no sistema de saúde local enquanto uma das condições determinantes da melhoria da qualidade de vida. Entre as proposições gerais estão:

- Ampliação da cobertura do Programa Saúde da Família para contemplar no mínimo toda a área de maior exposição ao risco;
- Qualificação da vigilância em saúde local para possibilitar o monitoramento dos agravos relacionados com a radiação ionizante, assim como realizar investigação epidemiológica dos casos;
- Melhoria da qualidade dos dados gerados pelo sistema local, com a utilização das ferramentas apropriadas;
- Qualificação da rede de assistência à saúde local.

✓ AVALIAR A PERCEPÇÃO DE RISCO DA POPULAÇÃO EXPOSTA:

Esta segunda etapa deverá ser realizada anteriormente ao início da atividade exploratória. É recomendado que este estudo componha o EIA, enquanto elemento constituinte dos estudos de avaliação de risco, pois permite avaliar a percepção dessa população antes do início das atividades do empreendimento.

Os estudos de percepção de risco surgiram a partir dos anos 70 e 80 do século passado, servindo de contraponto à perspectiva utilitarista e tecnicista das análises de risco fundamentadas nos saberes da engenharia, toxicologia, economia e ciências atuariais. Estes saberes não consideravam as inquietações, crenças e receios das comunidades envolvidas. Esta demanda de inclusão da observação, partindo do sentimento da população exposta ao risco potencial fez com que os estudos, com foco na percepção de risco, crescessem ^{196, 197}.

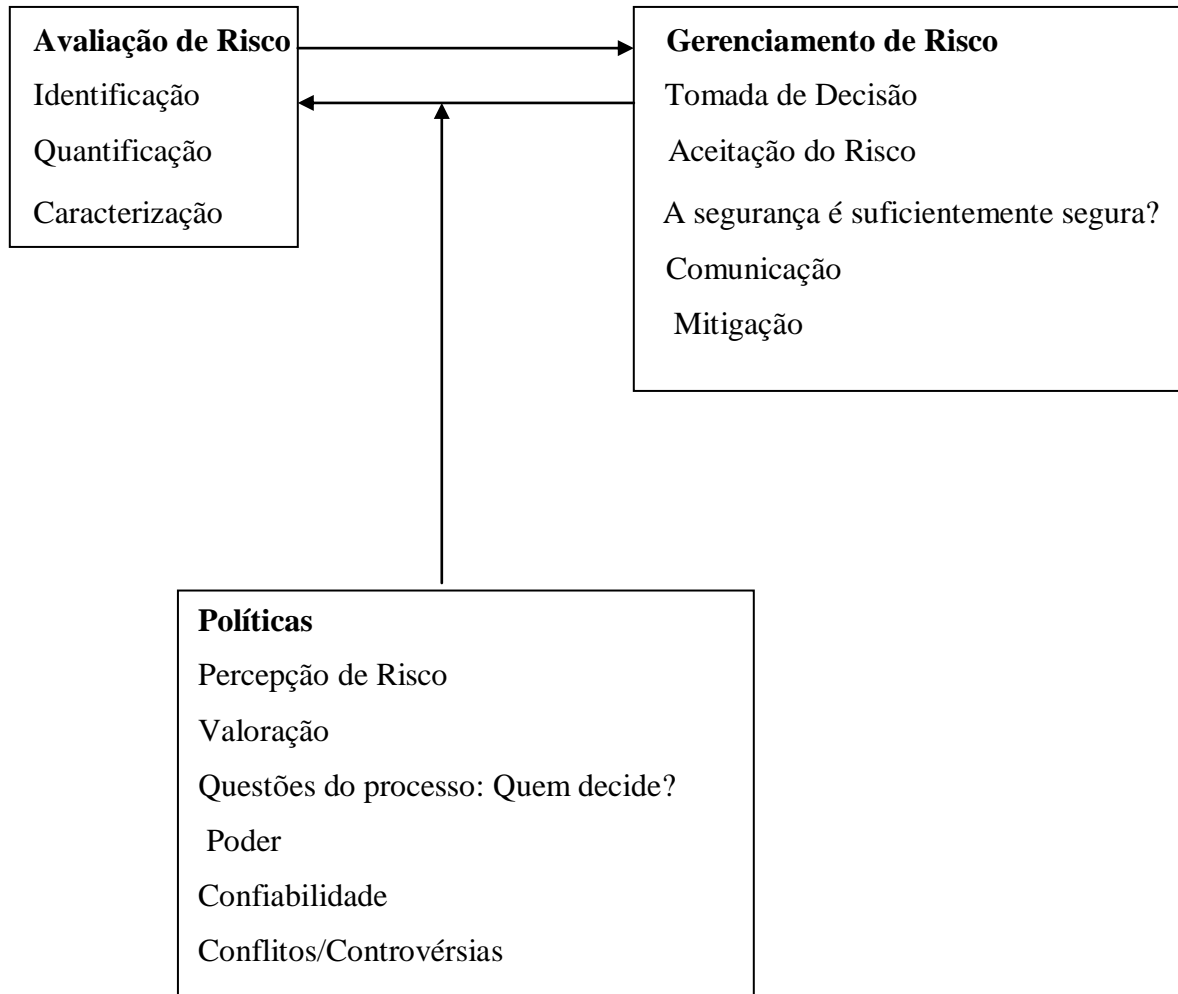
“Emergem e se consolidam, em uma área do saber cientificamente organizada, com o intuito de desvelar as razões que acompanhavam as reações negativas do público leigo frente ao advento de uma nova tecnologia, mesmo que com o aval dos especialistas técnicos.”

Peres (1837:2005)¹⁹⁷

Segundo Slovic (280:1987)¹⁹⁸ os estudos de percepção de risco examinam o julgamento que as pessoas fazem quando questionadas no sentido de avaliar atividades de risco e tecnologias. A falta deste tipo de avaliação pode conduzir políticas bem intencionadas ao insucesso.

Nos últimos 25 anos do século passado, as pesquisas que envolviam o tema risco foram intensamente estudadas por diversas perspectivas. O campo da análise de risco aumentou rapidamente, com o foco nos temas de avaliação e gerenciamento de risco, como está apresentado no Quadro 18 ¹⁹⁹.

QUADRO 18



QUADRO 18 - Componentes da Análise de Risco.

Fonte: Slovic, 2002.

Da mesma forma que os processos físicos, químicos e biológicos, que contribuem para um determinado risco, podem ser estudados cientificamente, estes processos afetam a percepção de risco. Três abordagens têm sido utilizadas nos estudos de percepção de risco²⁰⁰.

1. Paradigma de aferição axiomática;
2. Paradigma sócio-cultural;
3. Paradigma psicométrico.

GRÁFICO 12

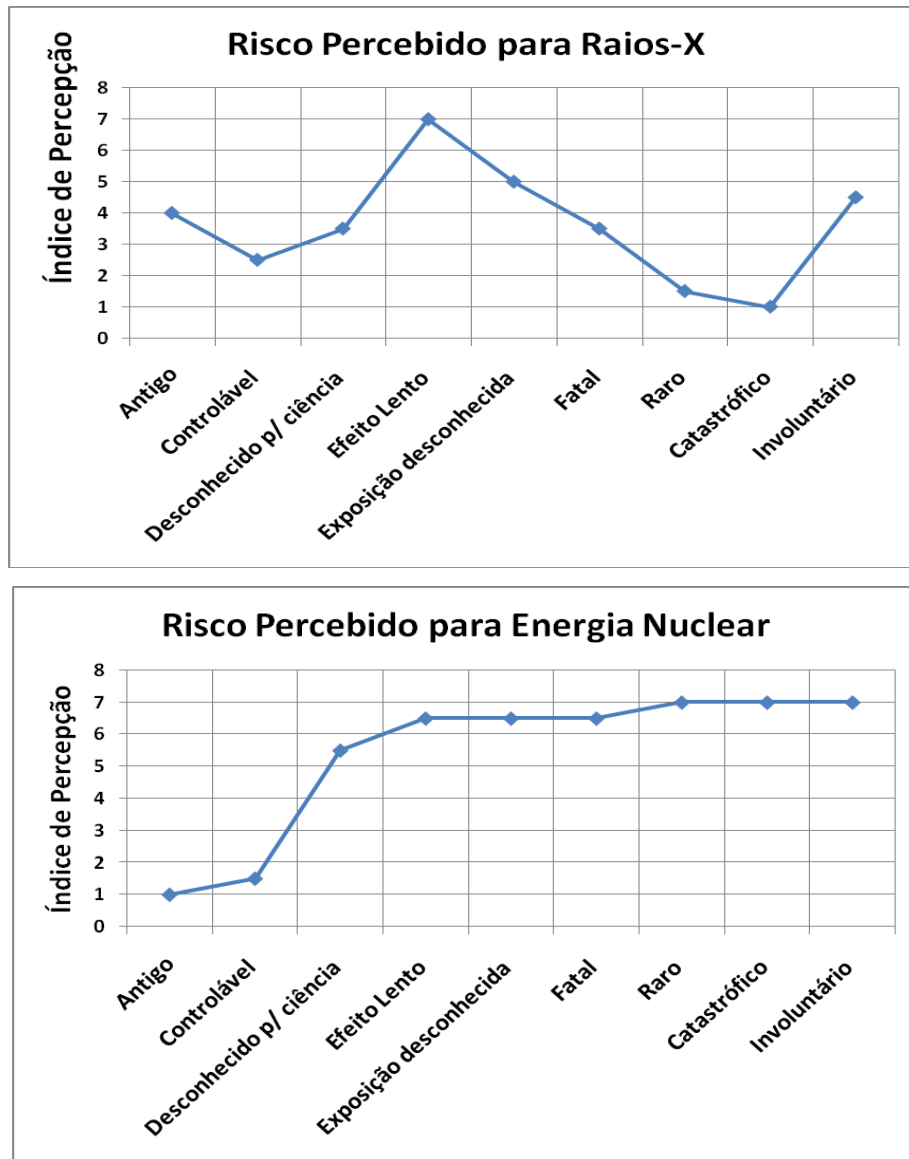


GRÁFICO 12 – Características qualitativas do risco percebido por uma população para os raios-X e energia nuclear através de 9 indicadores.

Fonte: Slovic, 2002.

Os estudos baseados no paradigma de aferição axiomática estão focados no caminho que cada indivíduo, de forma subjetiva, transforma a informação de risco objetivo, ou seja, as possíveis conseqüências da exposição a um risco, devido à escolha de opções feitas pelo

indivíduo. Os estudos com o paradigma sócio-cultural utilizam as possíveis variações da percepção de risco nos grupos sócio-culturais em estudo. É esperado que existam diferentes olhares de acordo com o ator social envolvido, por exemplo, um engenheiro de segurança, de uma planta industrial, deve apresentar uma visão ou interpretação dos perigos do funcionamento desta planta diferente da população residente na área circunvizinha ²⁰¹.

QUADRO 19

Parâmetro	Descrição	1	2	3	4	5
Voluntariedade	<i>Grau ao qual a exposição ao perigo é voluntária</i>					
Imediatismo	<i>O quanto rápido as conseqüências são notadas</i>					
Conhecimento da exposição	<i>Grau de percepção do indivíduo a uma exposição</i>					
Conhecimento do especialista	<i>Grau de conhecimento que os especialistas têm do risco</i>					
Controlabilidade*	<i>O quanto uma vítima pode controlar a severidade das conseqüências da exposição</i>					
Novidade	<i>O quanto o risco é novidade para a sociedade</i>					
Potencial catastrófico*	<i>Quantos podem ser vítimas fatais em um único evento</i>					
Temeridade*	<i>Grau de temor que os efeitos da exposição causam</i>					
Severidade*	<i>O quanto as conseqüências da exposição são severas</i>					
Postergabilidade	<i>O quanto as conseqüências da exposição podem ser retardadas</i>					
Certeza da fatalidade*	<i>Grau de percepção da certeza de que a exposição é fatal</i>					
Crescimento*	<i>Grau de percepção que o risco é continuamente crescente</i>					
Capacidade de prevenção*	<i>Grau de percepção de que o risco pode ser prevenido</i>					
Iniquidade*	<i>O quanto os riscos e benefícios da exposição não estão distribuídos de forma igual na sociedade</i>					
Comprometimento de futuras gerações*	<i>O quanto o risco é capaz de comprometer as futuras gerações</i>					
Catástrofe global*	<i>O quanto o risco pode gerar uma catástrofe global</i>					
Facilidade de redução*	<i>O quanto o dano relacionado com o risco pode ser reduzido</i>					
Impacto pessoal*	<i>O quanto o risco afeta o entrevistado</i>					
Observabilidade	<i>O quanto o efeito da exposição pode ser observado</i>					

Quadro 19 – Dimensões qualitativas do risco usadas em parâmetros psicométricos.

Fonte: Jenkin, 2006.

*Dimensões relacionadas diretamente com percepção de risco.

As dimensões qualitativas de risco a serem utilizadas nesta técnica são as descritas no Quadro 19, a quantificação desta percepção será baseada em uma escala numérica de 1 a 5 (do menor para o maior) de acordo com a resposta do entrevistado ²⁰³.

✓ **MONITORAR PERIODICAMENTE A CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO NO AMBIENTE:**

Da mesma forma que o estudo de percepção de risco, esta etapa faz parte da avaliação de risco, e deverá ser utilizado ainda na fase preliminar, antes do início da atividade do empreendimento. Posteriormente, estes estudos serão realizados em conjunto com os estudos epidemiológicos e reavaliados anualmente.

A primeira etapa do ciclo do combustível nuclear é a etapa da lavra na qual existe liberação de poluentes que pode ocorrer através do lançamento de efluentes líquidos no meio ambiente ou de processos de mobilização e migração de metais e radionuclídeos, ou ambos, a partir das áreas de escavação, empilhamento, estocagem, dos rejeitos e das áreas exploradas e descobertas. Desta forma, o urânio encontra-se potencialmente mais disponível para entrar nos ciclos ambientais do que na sua forma original e dependendo da localização dos projetos de mineração, pode-se ter uma situação de maior ameaça aos recursos hídricos ²⁰⁴.

Cabe ressaltar que as atividades mineradoras de urânio têm como ação central retirar todo o urânio obtido no processo de mineração. Desta forma, é esperado que esta mobilização para o ambiente externo da área de extração seja a menor possível, pois esta perda representa prejuízo no processo de mineração

O urânio pode ser aferido em unidades de massa em gramas ou de radioatividade em curies ou becquerels, sendo que $1 \text{ Cury (Ci)} = 3,7^{10} \text{ Becquerel (Bq)}$. A unidade a ser utilizada varia de acordo com o equipamento ou do nível de urânio a ser aferido ²⁰⁵.

A concentração de urânio aferida na água de beber em diversas partes dos Estados Unidos foi realizada pela Environmental Protection Agency (EPA) e em geral é inferior a 1,5 µg ou 1 picocury (pCi) por litro de água. Estudo realizado no Brasil em águas subterrâneas no município de Itu, estado de São Paulo, apresentaram valores inferiores ao valor de referência dos estudos da EPA, bem como os referentes à norma brasileira para a potabilidade da água, relativo aos níveis de radioatividade, cujo limite é de 0,1 milibecquerel (mBq/l) ^{206, 207, 208}.

A sua concentração no solo tem uma variação ampla, mas o valor mais freqüente e típico é de 3µg ou 2pCi por grama de solo ⁶⁹. No Brasil, os estudos relativos à composição química total dos solos brasileiros são escassos e se concentram mais no estado de São Paulo ou são relacionados a alguns elementos, em geral micronutrientes ²⁰⁹.

Os vegetais podem se contaminar com o urânio do solo a partir das raízes, mas dificilmente atinge outras partes. Desta forma, os alimentos vegetais consumidos na forma de raízes apresentam uma concentração de urânio diretamente ligado ao nível do urânio do solo ⁶⁹. Este comportamento também é esperado na carne de peixe de áreas contaminadas por urânio. Estudo realizado com população de peixes em um lago no Canadá com maior aporte de efluentes de uma mina de urânio, apresentou concentração de urânio em suas guelras 7 a 11 vezes maior quando comparado a outro lago não contaminado ²¹⁰.

Em relação à concentração de urânio no ar, medido pela EPA nos Estados Unidos, as taxas apresentadas são muito baixas variando entre 0,011 a 0,3 femtocuries (1 fCi = 10⁻¹⁵ Ci) ou 2 X 10⁻⁵ a 45 X 10⁻⁵ g/m³ de ar. Esta avaliação não será utilizada neste protocolo, pois os níveis de concentração no ar são baixos, e estão sob a forma de poeira com tendência a se depositar no solo ou na água com o auxílio das chuvas.

Desta maneira, o componente do protocolo proposto é a avaliação do urânio no ambiente, a ser aferido anualmente em amostras do solo, água de beber, peixes e raízes utilizadas na alimentação do local. Nessa etapa da proposta estão previstas as coletas (“*in situ*”) do material, o seu preparo, a sua aferição e posterior análise e resultados.

Os resultados dessas medidas serão comparados com bancos de dados de outras localidades geográficas do Brasil e do exterior. As áreas que serão aferidas são aquelas que se localizam ao redor de possíveis fontes com potencial ação contaminante. O raio de ação depende de situações relativas ao solo, hidrografia, lençol freático e correntes de ar, pois os metais são redistribuídos naturalmente no meio ambiente através dos ciclos geológicos e biológicos¹⁶.

O resultado desta avaliação apontará para o nível basal de urânio no meio ambiente, nas suas principais formas de relacionamento e possíveis fontes de contaminação ao homem.

✓ AVALIAR DIFERENTES PADRÕES DE MORBI-MORTALIDADE NA ÁREA E IDENTIFICAR GRUPOS MAIS EXPOSTOS:

Este segundo grupo de estudos será realizado com o objetivo de avaliar possíveis mudanças de perfil de morbi-mortalidade que tenham relação com a exposição crônica ambiental e ocupacional à radiação ionizante. Os estudos epidemiológicos com este desenho podem ter sua interpretação dificultada devido aos fatores de confusão¹⁴. Esta situação ocorre devido à superposição de diversas variáveis como a econômica, a cultural-ideológica, concomitância de outros agentes físicos e químicos e fatores psicológicos, além de outros fatores de natureza ambiental^{211, 212}.

Estes trabalhos que buscam relacionar ambiente e saúde através de análise espacial têm sido desenvolvidos na tentativa de identificar padrões de morbi-mortalidade diferenciados no entorno de fontes de potencial poluição radiológica²¹³. Neste tipo de estudo, procura-se certificar a validade de hipóteses de indução de doenças através de padrões de distribuição relacionadas às fontes de risco pré-estabelecidas.

As fontes de dados principais usadas são aquelas que compõem o Sistema Nacional de Informações em Saúde, quais sejam: Sistema de Informações sobre Mortalidade – SIM, Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos – SINASC e o Sistema de Informações de

Internações Hospitalares – SIH, além do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e suas projeções populacionais.

O risco relativo será utilizado como medida epidemiológica para expressar o risco de uma pessoa morrer por algum grupo de causa ou tipo de neoplasia, com as significâncias estatísticas calculadas com base no teste de qui-quadrado de Pearson. A unidade de análise considerada é o número de óbitos não fetais por local de residência, faixa etária, sexo, grupo de causas, sub-causas (tipos de neoplasia, capítulo II da CID), classificadas pela CID-10.

Para avaliar este estudo é necessário a construção de indicadores claros e sintéticos que, por um lado possuem a vantagem de uma comunicação ágil, mas por outro lado são dirigidas muitas críticas a eles, pois em estudos ecológicos reduzem a dimensão das diferenças e escondem desigualdades e heterogeneidades internas às unidades de análise. Entretanto, dado a força da mensagem, ou do conteúdo, que procuram comunicar, estes índices, ainda que imperfeitos, são indispensáveis ²¹⁴.

Apesar destas limitações, a existência de padrões diferenciados de morbi-mortalidade em torno de uma região é identificada como um pressuposto de uma relação positiva entre a fonte poluidora e o grupo populacional estudado, que pode ser avaliado a partir de estudos ecológicos.

A maioria dos estudos de mortalidade por causas específica no Brasil, utiliza dados do SIM, porém os dados agregados por município de residência ou ocorrência do óbito nem sempre são fenômenos de origem ambiental que podem ser detectados neste nível ²¹⁵. Assim sendo, exige-se um grande esforço para o endereçamento de informações em unidades espaciais menores, como o setor censitário ^{216, 217, 218}. Este detalhamento é de vital importância quando se avalia o surgimento de agravos que possam estar relacionados à maior proximidade de fontes poluentes para radiação ionizante.

A comparação com um grupo-controle representado por uma região semelhante do ponto de vista demográfico e sócio-econômico sem a presença deste tipo de fonte ^{15, 18, 19} deve ser um dos procedimentos orientadores na construção deste protocolo, em consonância com os achados da revisão bibliográfica sistemática realizada que apontam uma forte relação positiva entre os estudos realizados com este desenho.

O terceiro desenho a ser utilizado seria o de estudos transversais na população exposta a partir dos agravos classificados na CID 10 no capítulo II. Para os casos identificados neste grupo, deverá ser realizada investigação epidemiológica, com o objetivo de um melhor detalhamento dos mesmos.

Caso os resultados destas aferições e das avaliações ambientais realizadas não apresentarem valores acima da média esperada, não haverá necessidade de etapas seguintes, mantendo-se o desenho de avaliações anuais. Por outro lado se o resultado de algum destes estudos for superior a média nacional, o protocolo indicará o aprofundamento em grupos específicos.

✓ **ESTUDAR EFEITOS EM TRABALHADORES E POPULAÇÕES VIZINHAS COM MAIOR EXPOSIÇÃO POTENCIAL, IDENTIFICANDO BIOMARCADORES:**

A influência dos efeitos da radiação ionizante, sobre as mutações, tem sido amplamente estudada de forma experimental, tanto na detecção de mutações somáticas, quanto para aberrações cromossomiais ²¹⁹. Uma das formas para avaliar estes efeitos é a presença de micronúcleo que representa uma consequência citológica induzida por aberrações cromossomiais ^{220, 221}. As análises de micronúcleos em linfócitos de sangue periférico e em linhagens de células cultivadas são consideradas efetivas para avaliar danos citogenéticos de agentes com mecanismos diferentes de genotoxicidade, tanto “*in vivo*” como “*in vitro*” ^{222, 94, 223}.

Este teste apresenta vantagens em relação aos demais, pois para a sua realização existem protocolos disponíveis que orientam os procedimentos, como os da *Organization for Economic Co-operation and Development* (OECD) e da *Environmental Protection Agency* (EPA). Outras vantagens, em relação a outros ensaios, são: não necessitar de culturas de células na sua execução, ser um bom marcador para mutação cromossomial, ter baixo custo e ser um método não invasivo^{224, 225, 226, 227, 228, 229, 230}.

A frequência de micronúcleo em linfócitos periféricos (Figura 7) tem sido usada largamente como biomarcador de dano cromossomial e estabilidade genômica em populações humanas. Evidências acumuladas apóiam esta relação causal do micronúcleo como indutor do desenvolvimento de câncer²³¹. O teste do micronúcleo permite identificar um aumento na frequência de mutação em células, que são expostas a uma gama variada de agentes genotóxicos²³².

FIGURA 7



Figura 7 - Linfócitos binucleados corados com Giemsa–Wright com a presença de micronúcleos.

Fonte: Pacheco e Hackel, 2002.

A constatação de que a análise de micronúcleos é mais rápida que a das aberrações cromossômicas instáveis, sugere o seu uso em uma avaliação preliminar na suspeita de exposição à radiação ionizante²³³. No protocolo proposto, este tipo de teste será realizado para os grupos mais expostos tanto de trabalhadores como população vizinha às fontes de radiação ionizante, de acordo com o perfil apontado pela revisão bibliográfica. Esta etapa só será realizada no caso da existência de alguma alteração em um dos estudos dos dois grupos descritos nos itens anteriores.

O material a ser examinado poderá ser obtido a partir de coleta com escova de citologia de cerdas macias (*cytobrush*) da mucosa oral. Após a coleta, a amostra será submersa em 5 ml de solução salina 0,9%, e centrifugada por 10 minutos, na velocidade de 1500 rpm e fixado com solução 3:1 de metanol/ácido acético. Em seguida o material é suspenso em 2 ml de fixador, e as lâminas coradas com coloração de *Feulgen-fast-green*⁷. A avaliação também pode ser realizada através de linfócitos em esfregaço, coradas pelo Giemsa, obtido por venopunção de sangue periférico fresco, com anticoagulante, colhido até 6 horas antes da execução do exame^{232, 221}.

Estas determinações serão realizadas a cada 2 anos, através da contagem de células com micronúcleos por 1000 células contadas^{232, 223}. Para os indivíduos que apresentarem positividade neste teste, será realizada a avaliação seguinte.

✓ **ESTUDAR INDIVÍDUOS COM ALTERAÇÕES NOS BIOMARCADORES IDENTIFICADOS:**

A descoberta e a avaliação funcional de genes que regulam, positivamente ou negativamente, os aspectos relacionados com a proliferação celular, apoptose, estabilidade genômica, angiogênese, invasão e metástase, são fatores essenciais para a biologia do câncer e suas aplicações na clínica, incluindo identificações de metas terapêuticas, diagnóstico precoce e no aumento da capacidade de predição do risco de adoecer por câncer e na própria evolução da doença^{234, 235}.

As aberrações cromossômicas são induzidas “*in vitro*” e “*in vivo*” por radiações ionizantes, radiação ultravioleta, agentes alquilantes, e outros agentes químicos com potencial mutagênico e carcinogênico. O tipo de aberração (no cromossomo ou na cromátide) depende da natureza da lesão do DNA e do estágio do ciclo celular da célula envolvida. As aberrações são classificadas e quantificadas em preparações convencionais coradas pelo Giemsa (Figura 8).

Quando são induzidas por radiação ionizante, acometem vários tipos de células humanas e podem ser analisadas através do uso de um número cada vez maior de eficientes tecnologias de genética molecular com possibilidade de aplicação em larga-escala ²³⁵. Alguns tipos de aberrações, como as dicêntricas e as em anéis, são consideradas como específicas para a radiação ionizante, embora possam estar relacionadas, em certas circunstâncias, com alguns poucos agentes químicos ⁹³.

FIGURA 8



Figura 8 - Aberração cromossômica colorida por Giemsa
Fonte: <http://www.fzd.de/db/Cms?pOid=24653>

Em células humanas, estas aberrações têm sido amplamente estudadas em linfócitos ^{236, 237, 238, 239, 240} e podem ser estáveis ou instáveis ^{241, 242, 243, 244}. As aberrações estáveis, como a translocação, têm vantagens em relação às demais pelo fato de permanecerem maior tempo nos linfócitos, e conseqüentemente, podem avaliar um período de exposição mais distante e por mais tempo, sendo sua análise recomendada principalmente em avaliações retrospectivas da dose absorvida por um longo período entre a exposição e a análise da amostra ^{243, 245, 246, 247, 233}.

A utilização de DNA cromossomal específico tornou possível atribuir escalas quantitativas com maior facilidade ^{242, 243} e a partir do desenvolvimento da técnica de hibridização por fluorescência “*in situ*” (FISH) foi possível a visualização de translocações sem a necessidade da realização de cariotipagem, reduzindo o tempo para a sua execução ²⁴⁸.

Assim sendo, a contagem de aberrações cromossômicas instáveis, como dicêntricas e anéis e a pesquisa de translocação (aberração cromossômica estável) pela técnica de FISH, completariam o protocolo.

A presença deste tipo de aberração aponta para a necessidade de monitoração destes indivíduos a cada dois anos, além de indicar uma necessidade de avaliação diagnóstica mais acurada, no sentido da detecção precoce de neoplasias.

VII. CONCLUSÕES:

A revisão sistemática da literatura sobre o tema fortaleceu a hipótese da relação da alteração do perfil de morbi-mortalidade, em particular o câncer, com a exposição ambiental e ocupacional à radiação ionizante. Mesmo com o limite de avaliação exclusiva a partir de estudos epidemiológicos e da ausência de artigos publicados no Brasil, na América Central, África e Oceania, os estudos existentes apontaram no sentido da importância do uso dos estudos epidemiológicos.

Estes estudos estão baseados nos objetivos centrais da epidemiologia que visa identificar populações sob risco de desenvolver agravos e propor ações de prevenção e controle. No caso das radiações ionizantes devemos utilizar de três estratégias: a primeira, a partir da literatura existente identificar os agravos relacionados com esta exposição, a segunda obter evidências dessa exposição e a terceira, identificar indivíduos e grupos populacionais mais vulneráveis e com maior suscetibilidade quando expostos⁹⁰.

Os três tipos de desenhos epidemiológicos avaliados apresentaram relação positiva em 82,5% dos artigos dessa revisão quanto à mudança de perfil de morbi-mortalidade por agravos relacionados com a radiação ionizante. Dois marcadores mostraram ser de grande valor para essa avaliação, o agravo câncer e os bioindicadores de aberrações cromossomiais, esse segundo grupo, principalmente para os estudos transversais em populações com maior potencial de exposição, em que 100% dos estudos tiveram relação positiva com radiação ionizante.

Quanto aos grupos com maior vulnerabilidade tanto os trabalhadores (82,5%) a partir da exposição ocupacional quanto às populações residentes próximas de áreas com exposição ambiental à radiação ionizante (82,3%), em particular a população adulta, mostraram ser grupos adequados para estes tipos de estudo.

Os resultados dessa revisão indicam a necessidade de combinarmos outros tipos de estudos além dos epidemiológicos como a avaliação ambiental com determinação do “*background*”

de radiação, pois esta prática tem sido aplicada rotineiramente nos estudos em populações trabalhadoras com exposição ocupacional (85%) e possivelmente será de grande importância para programação de estudos em exposições ambientais fora do ambiente de trabalho.

QUADRO 20

Grupo	Alvo	Desenho	Indicação	Frequência
Grupo 1				
Diagnóstico de Saúde	SUS local	Instrumento do GERUS	Geral	Preliminar
Grupo 2				
Avaliação de Risco	Água, Alimentos e Solo	Determinar [U]* Ambiental	Geral	Preliminar e Anual
Avaliação de Risco	População Exposta	Percepção de Risco	Grupos Expostos	Preliminar
Grupo 3				
Epidemiológico	População Exposta	Coorte- "Follow-up"; Caso-controle; Transversal	Geral	Anual
Grupo 4				
Biomarcador	Trabalhadores e população	Micronúcleo	G2 e/ou G3 alterado	2/2 anos
Grupo 5				
Biomarcador	Indivíduos com MN(+)**	Aberração Cromossômica	G4 alterado	2/2 anos

* {U} – concentração de urânio

** MN(+) – teste do micronúcleo positivo

Quadro 20 – Protocolo de acordo com o grupo de estudos.

Outra necessidade sentida de associação com outros tipos de estudo foi o da escassez de trabalhos em áreas na qual a qualidade da informação é questionável como as nações do hemisfério sul. Dessa forma são de importância fundamental ações que visem à melhoria na qualidade desta informação. Da mesma forma que a participação das populações envolvidas ampliando os olhares para o tema.

Com base nestas conclusões, o desenho do protocolo proposto está sintetizado no Quadro 20. Suas atividades podem ser desenvolvidas através da articulação e parceria com instituições de ensino médio e superior, públicas ou privadas, regional, estadual ou federal, bem como as três esferas componentes do SUS nos níveis municipal, estadual e federal. A instituição, responsável pela exploração do empreendimento com potencial efeito poluidor ambiental, também estará comprometida com a execução e financiamento desta proposta.

Este instrumento poderá subsidiar as instâncias governamentais envolvidas nesta área, em particular a Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde, no sentido da sua capacidade de reprodução nos locais de exposição à radiação ionizante, bem como auxiliar na construção dos EIA e RIMA para o licenciamento prévio de empreendimentos do setor nuclear.

Como recomendação final, esta proposta de protocolo poderá ser validada em estudos nas regiões uraníferas de Caetité e Lagoa Real, na Bahia e Santa Quitéria, no Ceará. Da mesma forma que poderá ser aplicada no município de Angra dos Reis, Rio de Janeiro onde estão localizadas as duas usinas nucleares existentes atualmente no Brasil.

VIII. REFERÊNCIAS:

1. World Health Organization. Las Radiaciones Ionizantes y sus Efectos en la Población. Lo que debe saber el personal de salud pública. Washington: Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud; 1959.
2. Oliveira EM. Orientações pedagógicas para elaboração e operacionalização do programa de educação ambiental no licenciamento de Angra III. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA - Diretoria de Licenciamento Ambiental – DILIC/COEND. Brasília: abr 2008.
3. Kuramoto RYR, Appoloni CR. Uma breve história da política nuclear brasileira. Cad. Bras. Ens. Fís. 2002 Dez; 19(3):379-92.
4. Medeiros TR. Entraves ao Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear no Brasil: Dos Primórdios da Era Atômica ao Acordo Nuclear Brasil - Alemanha [dissertação de mestrado]. Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte; 2005.
5. Wing S, Richardson DB, Armstrong D, Crawford-Brown D. A Reevaluation of Cancer Incidence Near the Three Mile Island Nuclear Plant: The Collision of Evidence and Assumptions. Environ Health Perspect. USA, 1997; 105:52-7.
6. Susser MW, Hatch MC. Cancer near the Three Mile Island Nuclear Plant. Philadelphia:Three Mile Island Public Health Found; 1988.
7. Freitas CM, Porto MFS, Freitas NBB, Pivetta F, Arcuri AS, Moreira JC, Machado JMH. Chemical safety and governance in Brazil. Journal of Hazardous Materials. Reino Unido, 2001;86:135-51.
8. Valverde N. Atendimento inicial de radioacidentados em Goiânia. Arq. bras. med. nav. 1988 ;49(1):9-20.
9. Pascholati EM, Amaral G, Osako LS. Environmental radiation patterns of the Lagoa Real Uranium District, Bahia, Brasil. In: V Cong. Intern. Coimbra: Associação Portuguesa de Geólogos. 1997; 6p.
10. Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD e Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN. Radioatividade natural: tecnologia humana aumenta risco de exposição. Ciência Hoje. 2000; 36-41.
11. López-Abente G, Aragonés N, Pollán M. Solid-tumor mortality in the vicinity of uranium cycle facilities and nuclear power plants in Spain. Environmental Health Perspectives. 2001 Jul; 109(7):721-9.

12. Boice Jr JD, Mumma MT, Schweitzer S, Blot WJ. Cancer mortality in a Texas county prior uranium mining and milling activities 1950-2001. Institute of Physics Publishing Journal of Radiological Protection. Journal of Radiology Protection. 2003; (23) 247-62.
13. Boice Jr JD, Cohen SS, Mumma MT, Chadda B, Blot WJ. Mortality among residents of Uravan, Colorado who lived near a uranium mill, 1936-1984. Institute of Physics Publishing Journal of Radiological Protection. Journal of Radiology Protection. 2007; 27(3):299-319.
14. Jacobson BS. The role of air pollution and other factors in local variations in general mortality and cancer mortality. Archives of Environmental Health. 1984; 39:306-13.
15. Schubert AS. Estudo comparativo das mortalidades por câncer nos municípios de Angra dos Reis e Cabo Frio nos períodos de 1979 a 1984 e 1985 a 2000 [dissertação de mestrado]. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro; 2004.
16. Prado GR. Estudo de contaminação ambiental por urânio no município de Caetité-Ba, utilizando dentes humanos como bioindicadores. [dissertação de mestrado] Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus, Bahia; 2007.
17. Indústrias Nucleares do Brasil S.A. – INB. Gerência de Suprimentos – GESUP.F, Edital de Licitação, concorrência GESUP.F nº 4/2007. Disponível em <http://INB.gov.br>, acessado em 06 de novembro de 2007.
18. Lassance AL, Camacho LAB, Pinto LF, Fonseca ASA, Pinto LF, Soranz DR. Projeto vencedor da licitação GESUP, Edital Nº 1/2008, Gerência de Suprimentos, Indústrias Nucleares do Brasil - INB. Rio de Janeiro: CESTEH/ENSP/Fiocruz, março de 2008a.
19. Lassance AL, Fonseca ASA, Pinto LF, Soranz DR. Estudo comparativo da mortalidade por câncer dos municípios de Angra dos Reis e Cabo Frio no período de 2001 a 2005. Relatório Final. Rio de Janeiro: CESTEH/ENSP/Fiocruz, abril de 2008b.
20. Wynne B. Uncertainty and environmental learning - Reconceiving science and policy in the preventive paradigm. Global Environmental Change. 1992; 2:111- 27.
21. Rigotto RM. Saúde Ambiental e Saúde dos Trabalhadores: uma aproximação promissora entre o Verde e o Vermelho. Rev. bras. epidemiol. 2003 Dez; 6(4):388-404.
22. Stengers I. Quem Tem Medo da Ciência? Traduzido por Ribeiro EA. São Paulo: Ed. Siciliano; 1990. 175 p.
23. Augusto LGS, Freitas CM. O Princípio da Precaução no uso de indicadores de riscos químicos ambientais em saúde do trabalhador. Ciênc. saúde coletiva. Rio de Janeiro, 1998 3(2):85-95.
24. Van Regenmortel MHV. Reductionism and complexity in molecular biology. EMBO reports. 2004; 5(11):1016-20.

25. Franco T, Druck G. Padrões de industrialização, riscos e meio ambiente. *Ciênc. saúde coletiva*. 1998; 3(2):61-72.
26. Brasil, Ministério do Meio Ambiente. Lei 6.938 de 31/08/1981. Disponível em <http://www.mma.gov.br>, acessado em 21 de outubro de 2008.
27. Karpinski C. O estudo de impacto ambiental e as populações afetadas por usinas hidrelétricas: o caso de Campos Novos e Barra Grande. Santa Catarina: 1987-2003. Disponível em http://www.cori.unicamp.br/jornadas/completos/UFSC/CA7003%20-%20Jornadas%20AUGM%20Cezar%20Karpinski_Texto%20Completo.doc, acessado em 01 de setembro de 2008.
28. Castro HA, Gouveia N, Escamilla-Cejudo JA. Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde. *Rev. bras. epidemiol.* 2003; 6 (2):135-49.
29. Rebouças M, Pereira MG. Indicadores de saúde para idosos: comparação entre o Brasil e os Estados Unidos. *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health.* 2008; 23(4):237-46.
30. Brasil, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Programa de Aceleração do Crescimento, 2007. Disponível em <http://www.pac.gov.br>, acessado em 31 de outubro de 2008.
31. Periago MR, Galvão LA, Corvalán C, Finkelman J. Saúde ambiental na América Latina e no Caribe: numa encruzilhada. *Saude soc.* 2007 Dez; 16(3):14-9.
32. Freitas CM. A produção científica sobre o *ambiente* na saúde coletiva. *Cad. Saúde Pública*. Rio de Janeiro, 2005 Mai-Jun; 21(3):679-701.
33. Brasil, Ministério do Meio Ambiente. Agenda 21, 1992. Disponível em <http://www.mma.gov.br>, acessado em 21 de outubro de 2008.
34. Rosset C. *A Anti-Natureza: Elementos para uma Filosofia Trágica*. Rio de Janeiro: Espaço e Tempo; 1989. 324 p.
35. Silva ER, Schramm FR. A questão ecológica: entre a ciência e a ideologia/utopia de uma época. *Cad. Saúde Públ.* Rio de Janeiro, 1997 Jul-Set; 13(3):355-82.
36. Hottois G. Vérité objective, puissance et système, solidarité. (D' une étique pour l'age technoscientifique). *Revue Transdisciplinaires en Santé.* 1994; 1:69-84.
37. Samaja J. Desafios a la epidemiología (pasos para una epidemiología "Miltoniana"). *Rev. Bras. Epidemiol.* 2003; 6(2):105-20.

38. Marx K, Engels F. Capital and manifesto of the Communist Party. In: Great books of the western world. United Kingdom: Encyclopaedia Britannic; 1952; 50: 434p.
39. Scherer AL. Globalização. In: Cattani A. Trabalho e tecnologia: dicionário crítico. Petrópolis: Ed. Vozes; 1997. p 114-119.
40. Santos M. Metamorfoses do espaço habitado. São Paulo: Ed. Hucitec; 1997. 28 p.
41. Castoriadis C. Reflexões sobre o “desenvolvimento” e a “racionalidade”. In: Castoriadis C, organizador. As encruzilhadas do labirinto II – os domínios do homem. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra; 1987. p. 134-58.
42. Porto MFS, Freitas CM. Análise de riscos tecnológicos ambientais: perspectivas para o campo da saúde do trabalhador. Cadernos de Saúde Pública. 1997; 13(Supl.2):109-18.
43. Brasil, Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação Geral de Vigilância Ambiental em Saúde, Diretrizes para Elaboração de Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana por Exposição a Contaminantes Químicos. Brasília, 2006. Disponível em <http://www.saude.gov.br>, acessado em 01 de setembro de 2008.
44. Rigotto RM, Augusto LGS. Saúde e ambiente no Brasil: desenvolvimento, território e iniquidade social. Cad. Saúde Pública. Rio de Janeiro, 2007; 23 Sup 4:S475-S501.
45. Scarpinella C. Conheça a energia nuclear; 2006. Disponível em http://www.conpet.gov.br/artigos/artigo.php?segmento=&id_artigo=11, acessado em 04 de novembro de 2008.
46. Layargues PP. Razão e emoção em torno da tecnologia nuclear. Ciência Hoje. 2001; 30(175):65-7.
47. Brasil, Ministério do Meio Ambiente. Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente Nº 001/86, de 23/01/1986. Disponível em <http://www.mma.gov.br>, acessado em 21 de outubro de 2008.
48. Wonder R. O grupo de estudos multidisciplinares da Usina Hidrelétrica de Salto Caxias: uma avaliação institucional do setor elétrico brasileiro e da legislação ambiental no Brasil. Dissertação de Mestrado. Curitiba: UFPR, 2003.
49. Brasil, Ministério de Ciência e Tecnologia. Decreto de 02 de julho de 2008, publicado no Diário Oficial da União de 03/07/2008, seção I, pág. 9. Disponível em <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/72992.html>, acessado em 20 de outubro de 2008b.
50. Cyrillo RM. O artigo 3º da lei 10.650/2003 e a declaração de passivos ambientais. Rev. Fund. Esc. Super. Minist. Público Dist. Fed. Territ. Brasília, 2004 Jan- Dez; 12(23):161-72.

51. Bettencourt AO. Radiações ionizantes: a protecção contra radiações e seus fundamentos. Fundação Calouste Gulbenkian. Nov-1998. Disponível em <http://hdl.handle.net/123456789/247> , acessado em 04 de junho de 2009.
52. Flôr RC e Kirchhof ALC. Uma prática educativa de sensibilização quanto à exposição à radiação ionizante com profissionais de saúde. Rev Bras Enferm 2006 maio-jun; 59(3): 274-8.
53. Okuno E. Radiação: efeitos, riscos e benefícios. 1ª Edição. São Paulo: Ed. Harbra; 1998. 81 p.
54. Atkins E; Loretta J. Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Tradução da 1ª Edição de 1999. Porto Alegre, Bookman, 2001. 914 p.
55. Instituto de Física Universidade Federal do Rio Grande do Sul – IF-UFRGS. Disponível em www.if.ufrgs.br/cref/radio, acessado em 07 de novembro de 2008.
56. Oliveira SV, Mota HC. Notas do Curso básico de licenciamento e fiscalização em radiologia médica e odontológica. Rio de Janeiro (RJ): IRD/CNEN; 1999.
57. Reis MJC. A radioactividade no ambiente. Instituto Tecnológico e Nuclear - Departamento de Protecção Radiológica e Segurança Nuclear. Portugal; 2007. Disponível em: http://nautilus.fis.uc.pt/gazeta/revistas/30_1/vol30_fasc1_Art07.pdf., acessado em 07 de novembro de 2008.
58. Carvalho FP. A radioactividade de origem natural. Disponível em www.engenheiros.pt/cis2007/comunicacoes/, acessado em 07 de novembro de 2008, Portugal, 2007.
59. Ferreira C, Nordemann-Moreira IM, Nordemann DJR. A radioactividade natural da região de Irecê, Ba. Revista Brasileira de Geociências. 1992; 22(2):167-74.
60. Ledvina R. Uranium, thorium and some other elements in topsoils of the Trebon region from the aspect of production contamination. Rostlina Vyroba. 1996; 42(2):73-8.
61. Neves LF; Pereira AC. Radioactividade natural e ordenamento do território: o contributo das Ciências da Terra. Associação portuguesa de geólogos. Geonovas. 2004; 18:103-14.
62. Navarro MVT, Leite HJD, Alexandrino JC e Costa EA. Controle de riscos à saúde em radiodiagnóstico: uma perspectiva histórica. História, Ciências, Saúde – Manguinhos. Rio de Janeiro, 2008, Out – Dez; 15(4):1039-47.
63. European Commission - Euratom. Reference levels for workplaces processing materials with enhanced levels of naturally occurring radionuclides. Luxemburgo: Radiation Protection 95, Office for Official Publications of the European Communities; 1999.

64. Teixeira W, Toledo MCM, Fairchild TR, Taioli F. Decifrando a Terra. 1ª Edição. São Paulo: Editora Nacional; 2000. 257 p.
65. Indústrias Nucleares do Brasil S.A. – INB. IAEA PRIS 2001. Disponível em : <http://www.inb.gov.br>, acessado em 04 de novembro de 2008.
66. Brasil, Ministério de Ciência e Tecnologia. Evolução do Programa Nuclear Brasileiro. Disponível em <http://www.mct.gov.br>, acessado em 20 de outubro de 2008c.
67. Arruda Neto JDT, Tavares MV, Filadelfo M. Concentrations of uranium in animal feed supplements: measurements and dose estimates. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 1997; 221: 97-104.
68. Yamazaki IM, Geraldo LP. Uranium content in phosphate fertilizers commercially produced in Brazil. *Applied Radiation and Isotopes*. 2003; 59:133-62003.
69. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Uranium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry Division of Toxicology/Toxicology Information Branch. Atlanta; 1999.
70. Garcia EAC. Biofísica. 2ª reimpressão da 1ª edição. São Paulo: Sarvier Editora; 2002. 387 p.
71. World Health Organization. WHO/SDE/PHE/01.1. 9. Depleted Uranium, sources, exposure and health effects. Geneva: WHO; 2001.
72. Garcia F, Barioni A, Arruda-Neto JDT, Deppman A, Milian F, Mesa J, Rodriguez O. Uranium levels in the diet of São Paulo City residents. *Environment International*. 2006; 32: 697-703.
73. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations - Unsear. Report to General Assembly. New York: United Nations; 2000; p. 93–156.
74. Sociedad Argentina de Radioproteccion - SAR . Buenos Aires: Boletin; 1989.
75. Arruda Neto JDT, Guevara MVM, Nogueira GP, Taricano ID, Saiki M, Zamboni CB, Bonamin LV, Camargo SP, Cestari AC, Deppman A, Garcia F, Gouveia AN, Guzman F, Helene OAM, Jorge SAC, Likhachev VP, Martins MN, Mesa J, Rodriguez O, Vanin VR. Long-term accumulation and microdistribution in the bone and marrow of beagle dog. *International Journal of Radiation Biology*. 2004; 80(8): 567-75.
76. Hall EJ. Radiobiology for Radiologist, 4th edn. Philadelphia: Lippincott; 1994. 656 p.
77. Ayres FM, Cruz AD, Steele P, Glickman BW. Low doses of gamma ionizing radiation increase hprt mutant frequencies of TK6 cells without triggering the mutator phenotype pathway. *Genet. Mol. Biol*. 2006 ; 29(3): 558-61.

78. Calegario JUM. Baixos níveis de radiação ionizante causam câncer? *Radiol Bras.* 2007;40(4):IX–X.
79. Burbano RMR. Avaliação dos possíveis efeitos genotóxicos e carcinogênicos do urânio como indicador de risco à saúde de residentes dos municípios de Prainha, Monte Alegre e Alenquer. In: *Oficina de Monitoramento das Pesquisas de Interesse da Vigilância em Saúde Ambiental*. Brasília: Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde; 26 e 27 de novembro de 2008.
80. Slovic P, Weber EU. Perception of Risk Posed by Extreme Events. Conference “Risk Management strategies in an Uncertain World”. Palisades, New York, USA; April 12-13, 2002.
81. Fonseca MGU, Peres F, Firmo JOA, Uchôa E. Percepção de risco: maneiras de pensar e agir no manejo de agrotóxicos. *Ciênc. saúde coletiva*. 2005; 12:39-50.
82. Brauch HG. Threats, challenges, vulnerabilities and risks in environmental and human security. Bonn: United Nations University (UNU-EHS), Institute for Environmental and Human Security. Source UNU-EHS N° 1/2005.
83. Braga TM, Oliveira EL, Givisiez GHN. Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática. In: *XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais*. Caxambu – Brasil; 2006 Set.
84. Cardona OD. The Need for Rethinking the Concepts of Vulnerability and Risk from a Holistic Perspective: A Necessary Review and Criticism for Effective Risk Management. In *Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People*, eds. G. Bankoff, G. Frerks and D. Hilhorst. London: Earthscan Publishers; 2004.
85. Castiel LD, Guilam MCR, Vasconcellos-Silva PR, Sanz-Valero J. Os riscos genômicos e a responsabilidade pessoal em saúde. *Ver Panam Salud Publica / Pan Am J Public Health*. 2006; 19(3):189-97.
86. Assunção RM, Barreto SM, Guerra HL, Sakurai E. Mapas de taxas epidemiológicas: uma abordagem Bayesiana. *Cad. Saúde Pública*. Rio de Janeiro, out-dez 1998; 14(4):713-23.
87. Souza M. *Biofísica Geral & Experimental*. 3. ed. Curitiba: Ed. Universitária Paranaense, 1990. 258 p.
88. Morais GMD. Diagnóstico da deposição clandestina de resíduos de construção e demolição de bairros periféricos de Uberlândia: subsídios para uma gestão sustentável [dissertação de mestrado]. Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Uberlândia; 2006.

89. Brilhante OM. Gestão e avaliação da poluição, impacto e risco na saúde ambiental. In: Brilhante OM, Caldas LQA. Gestão e avaliação de risco em saúde ambiental. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 1999. p. 19-73.
90. Wunsch Filho V, Gattás GJF. Biomarcadores moleculares em câncer: implicações para a pesquisa epidemiológica e a saúde pública. Cad. Saúde Pública. Rio de Janeiro, 2001 Mai-Jun; 17(3):467-80.
91. Rossit ARB. Modulação da Suscetibilidade ao Câncer: Interação Entre Polimorfismos Genéticos e Fatores Ambientais, I Fórum Multidisciplinar sobre Ciência, Meio Ambiente e Câncer. Revista Brasileira de Cancerologia. 2004; 50(2):139-75.
92. Charavarty AG. Surrogate makers – Their role in regulatory decision process; 2003. Disponível em: http://www.fda.gov/cder/Offices/Biostatistics/Charavarty_376/sld016.htm. Acessado em 12 de agosto de 2008.
93. Amaral A. Trends in biological dosimetry: an overview. Brazilian Archives of Biology and Technology. 2002; 45(special n°): 119-24.
94. Martino-Roth MG, Viégas J, Amaral M, Oliveira L, Ferreira FLS, Erdtmann B. Evaluation of genotoxicity through micronuclei test in workers of car and battery repair garages. Genetics and Molecular Biology. Brazil, 2002; 25(4):495-500.
95. World Health Organization. Mutagenicity Testing For Chemical Assessment. Draft document. Ottawa, Canadá; 2007.
96. Martins JB. A história do átomo: de Demócrito aos Quarks. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2001. 333 p.
97. Brody DE, Brody AR. As sete maiores descobertas científicas da história e seus autores. Trad. Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras; 1999. 448 p.
98. Guilherme O. O Brasil e a era atômica. 2ªed. Rio de Janeiro: Vitória; 1957. p. 33-46; 86-98.
99. Hémerly D, Debeir JC, Deléage JP. Uma história da energia. Universidade de Brasília: Brasília, 1993. 440 p.
100. Panati, G. O desenvolvimento da indústria nuclear nos Estados Unidos. In: Machado A (Org.) Energia nuclear e sociedade. Rio de Janeiro: Paz e Terra; 1980. 237-277 p.
101. Filgueiras SAC. Indústria nuclear: estratégia tecnológica e parceria com um instituto de pesquisa [tese de doutorado]. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo / USP; 2002.
102. Girotti CA. Estado Nuclear no Brasil. Brasília: Ed. Brasiliense S.A.; 1984. p. 13-227.

103. Brasil. Leis e decretos. Lei nº 1310 de março de 1951. Disponível em <http://www.mct.gov.br>, acessado em 20 de outubro de 2008.

104. Andrade AMR, Santos TL. Desafios Do Desenvolvimento Tecnológico Nuclear Autônomo. In: ciclo de conferências sobre a engenharia de reatores no Brasil. Rio de Janeiro: CNEN; 1990. Disponível em <http://www.anpuh.uepg.br/xxiii-simposio/anais/textos/ANAMARIA%20RIBEIRO%20DE%20ANDRADE%20E%20TATIANE%20LOPES%20DOS%20SANTOS.pdf>, acessado em 30/08/2008.

105. Brasil. Leis e decretos. Decreto nº 40110 de 10 de novembro de 1956. Disponível em <http://www.mct.gov.br>, acessado em 20 de outubro de 2008.

106. Eletrobrás Termonuclear SA – Eletronuclear. A energia da Eletronuclear. Disponível em <http://www.eletronuclear.gov.br/inicio/index.php>, acessado em 04 de novembro de 2008.

107. Brasil, Ministério da Saúde. Portarias Interministeriais. Disponível em <http://www.saude.gov.br>, acessado em 06 de novembro de 2008a.

108. Brasil, Ministério de Ciência e Tecnologia. Portarias Interministeriais. Disponível em <http://www.mct.gov.br>, acessado em 06 de novembro de 2008d.

109. Brasil, Ministério de Minas e Energia. Portarias Interministeriais. Disponível em <http://www.mme.gov.br>, acessado em 06 de novembro de 2008e.

110. Brasil, Ministério do Meio Ambiente. Portarias Interministeriais. Disponível em <http://www.mma.gov.br>, acessado em 06 de novembro de 2008f.

111. Brasil. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal; 1988a. Disponível em www.senado.gov.br/sf/legislacao/const/con1988/CON1988_31.12.2003/CON1988.htm, acessado em 20 de outubro de 2008.

112. Brasil, Ministério da Saúde, Portaria Nº. 1339/GM; Brasília em 18 de novembro de 1999. Disponível em <http://www.saude.gov.br>, acessado em 06 de novembro de 2008.

113. Mulrow CD. Systematic Reviews: Rationale for systematic reviews BMJ. 1994; 309:597-9.

114. Cochrane BVS. Cochrane de revisões sistemáticas (CDSR). Disponível em:

<http://cochrane.bvsalud.org/portal/php/level.php?lang=pt&component=19&item=18>.
Acessado em 16 de dezembro de 2008.

115. Davidoff F. Evidence-based medicine: why all the fuss? [Editorial] *Ann Intern Med*. 1995; 122:27.

116. Milne R, Hicks N. Evidence-based purchasing. *Evidence-Based Medicine*. 1996; 1:101-2.

117. Cook DJ, Mulrow CD, Haynes B. Systematic Reviews: Synthesis of Best Evidence for Clinical Decisions. *Annals of Internal Medicine*. 1997; 126:376-80.

118. Assis M, Hartz ZMA, Valla VV. Programas de promoção da saúde do idoso: uma revisão da literatura científica no período de 1990 a 2002. *Ciência & Saúde Coletiva*. 2004; 9(3):557-81.

119. Pereira MG. *Epidemiologia teoria e prática*. 1ª Edição, 8ª Reimpressão. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A.; 2005.596 p.

120. Moreira FR, Moreira JC. A importância da análise de especiação do chumbo em plasma para a avaliação dos riscos à saúde. *Quim. Nova*. 2004; 27(2): 251-60.

121. Liroy PJ. The 1998 ISEA Wesolowski Award lecture. Exposure analysis: reflections on its growth and aspirations for its future. *International Society of Exposure Analysis. J Expo Anal Environ Epidemiol*. 1999 Jul-Aug;9(4):273-81.

122. Institute for Scientific Information; Journal Citation Reports. Disponível em http://apps.isiknowledge.com/UA_GeneralSearch_input.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&SID=4CpKd962DJG7kK1PHm&preferencesSaved=, acessado em 05 de fevereiro de 2009.

123. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. Critérios para Classificação de Produção Bibliográfica Acadêmica Qualis/Capes (triênio 2004-2006), Área de Avaliação: Saúde Coletiva, maio 2007. Disponível em: <http://qualis.capes.gov.br/webqualis/ConsultaCriterio2004.faces>, acessado em 18 de fevereiro de 2009.

124. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. Qualis. Disponível em <http://www.capes.gov.br/avaliacao/qualis>, acessado em 13 de abril de 2009a.

125. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. Tabela de Áreas de Conhecimento. Disponível em <http://www.capes.gov.br/avaliacao/tabela-de-areas-de-conhecimento>, acessado em 13 de abril de 2009b.

126. Pulido HB, Pardo GG, Suárez MG, Soto LMO. Aberraciones cromosómicas en trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes / Chromosomic aberrations in exposed workers to ionizing radiations Rev. cienc. Salud. Bogotá. ene-jun 2004;2(1):8-14.
127. Valecillos MD, Fernández J, Rojas A, Valecillos J, Cañisales J. Alteraciones cromosómicas en trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes / Chromosome alterations in workers exposed to ionizing radiation. Invest Clin. 2004 Sep; 45(3):197-211.
128. Khoury MJ. Genetic epidemiology. In: Modern Epidemiology. K. J. Rothman & S. Greenland. Philadelphia: Lippincott, Williams and Wilkins; 1998. pp. 609-621.
129. Schubauer-Berigan MK, Daniels RD, Fleming DA, Markey AM, Couch JR, Ahrenholz SH, Burphy JS, Anderson JL, Tseng CY. Risk of chronic myeloid and acute leukemia mortality after exposure to ionizing radiation among workers at four U.S. nuclear weapons facilities and a nuclear naval shipyard. Radiat Res. 2007 Feb; 167(2):222-32.
130. Wolf G, Arndt D, Kotschy-Lang N, Obe G. Chromosomal aberrations in uranium and coal miners. Int J Radiat Biol. 2004 Feb; 80(2):147-53.
131. Erol MK, Oztas S, Bozkurt E, Karakelleoglu S. Sister chromatid exchange analysis and chromosoma aberration studies in interventional cardiology laboratory workers: one war follow up study. J Heart J. 2002 Mar; 43(2):159-66.
132. Szybinski Z, Olko P, Przybylik-Mazurek E, Burzynski M. Ionizing radiation as a risk factor for thyroid cancer in Krakow and Nowy Sacz regions. Wiad lek. 2001; 54 Suppl 1:151-6.
133. Furlan JC, Rosen IB. Prognostic relevance of previous exposure to ionizing radiation in well-differentiated thyroid cancer, Langenbecks Arch Surg. 2004 Jun; 389(3):198-203.
134. Shaham J, Gurvich R, Goral A, Czerniak A. The risk of breast cancer in relation to health habits and occupational exposures. Am J Ind Med. 2006 Dec; 49(12):1021-30.
135. Wing S, Richardson DB, Wolf S, Mihlan G; Crawford-Brown D; Wood J. A case control study of multiple myeloma at four nuclear facilities. Ann Epidemiol. 2000 Apr; 10(3):144-53.
136. Fucic A, Merlo DF, Ceppi M, Lucas JN. Spontaneous abortions in female populations occupationally exposed to ionizing radiation, Int Arch Occup Environ Health. 2008; 81:873-79.
137. Baleva LS, Iakovleva IN, Gerasimova AS, Zotova AS. The intellectual development of the children exposed to the influence of the ionizing radiation, Radiats Biol Radioecol. 2005 Nov-Dec; 45(6):694-9.

138. Sibley RF, Moscato BS, Wilkinson GS, Natarajan N. Nested case-control study of external ionizing radiation dose and mortality from dementia within a pooled cohort of female nuclear weapons workers. *Am J Ind Med.* 2003 Oct; 44(4):351-8.
139. Loganovsky KN, Loganovskaja TK. Schizophrenia spectrum disorders in persons exposed to ionizing radiation as a result of the Chernobyl accident. *Schizophrenia bulletin.* 2000; 26(4):751-73.
140. Ostroumova E, Gagnière B, Laurier D, Gudkova N, Krestinina L, Verger P, Hubert P, Bard D, Akleyev A, Tirmarche M, Kossenko M. Risk analysis of leukaemia incidence among people living along the Techa River: a nested case-control study. *J Radiol Prot.* 2006 Mar; 26(1):17-32.
141. Balakrishnan S, Rao SB. Cytogenetic analysis of peripheral blood lymphocytes of occupational workers exposed to low levels of ionising radiation. *Mutat. Res.* 1999 Jun 7; 442(1):37-42.
142. Lalic H, Radosevic-Stasic B. Chromosome aberrations in peripheral blood lymphocytes in subjects occupationally exposed to ionizing radiation or chemical clastogens. *Folia Biol.* 2002; 48(3):102-7.
143. Maffei F, Angelini S, Forti GC, Lodi V, Violante FS, Mattioli S, Hrelia P. Micronuclei frequencies in hospital workers occupationally exposed to low levels of ionizing radiation: influence of smoking status and other factors. *Mutagenesis.* 2002 Sep;17(5):405-9.
144. Joseph LJ, Patwardhan UN, Samuel AM. Frequency of micronuclei in peripheral blood lymphocytes from subjects occupationally exposed to low levels of ionizing radiation. *Mutat Res.* 2004 Nov 14; 564(1):83-8.
145. Güerci AM, Grillo CA, Dulout FN, Seoane AI. Assessment of genotoxic damage in lymphocytes of hospital workers exposed to ionizing radiation in Argentina. *Arch Environ Occup Health.* 2006 Jul-Aug; 61(4):163-9.
146. Kluciński P, Wójcik A, Grabowska-Bochenek R, Gmiński J, Bogdan M, Hrycek A, Cieślik P, Martirosian G. Erythrocyte antioxidant parameters in workers occupationally exposed to low levels of ionizing radiation. *Ann Agric Environ Med.* 2008; 15, 9–12.
147. Kluciński P, Mazur B, Hrycek A, Maśluch E, Cieślik P, Kaufman J, Martirosian G. Expression of cellular isoform of prion protein on the surface of peripheral blood lymphocytes among women exposed to low doses of ionizing radiation. *Ann Agric Environ Med.* 2007; 14:225-8.
148. Engin AB, Ergun MA, Yurtcu E; Kan D; Sahin G. Effect of ionizing radiation on the pteridine metabolic pathway and evaluation of its cytotoxicity in exposed hospital staff. *Muta Res.* 2005 Aug 1; 585(1-2):184-92.

149. Serhatlioglu S, Gürsu MF, Gulcu F, Canatan H, Gödekmerdan A. Levels of paraoxonase and arylesterase activities and malondialdehyde in workers exposed to ionizing radiation. *Cell Biochem Funct.* 2003 Dec; 21(4):371-5.
150. Gödekmerdan A, Ozden M, Ayar A, Gursu MF, Ozan AT, Serhatlioglu S. Diminished cellular and humoral immunity in workers occupationally exposed to low levels of ionizing radiation. *Arch Med Res.* 2004 Jul-Aug; 35(4):324-8.
151. Serhatlioglu S; Ogur E; Ozan AT; Gürsu F, Gödekmerdan A, Ayar A. Biochemical and immunological effects of ionizing radiation in radiology staff members. *Tani Girisim Radyol.* 2004 Jun; 10(2):97-102.
152. Lin CM; Mao IF. Potential adverse health effects of low-level ionizing radiation exposure in a hospital setting. *Arch Environ Health.* 2004 Jul; 59(7):342-7.
153. Rozgaj R, Kasuba V, Sentija K. Radiation-induced chromosomal aberrations and hematological alterations in hospital workers. *Occup Med (Oxford).* 1999; 49:353-60.
154. Doyle P, Roman E, Maconochie N, Davies G, Smith PG, Beral V. Primary infertility in nuclear industry employees: report from the nuclear industry family study. *Occup Environ Med.* 2001 Aug ; 58(8):535-9.
155. Sharp GB, Mizuno T, Fukuhara T, Tokuoka S. Lack of association between acute exposure to ionizing radiation and liver cirrhosis. *Int radiat Biol.* 2006 Apr; 82(4):231-40.
156. Tomasek L, Swerdlow AJ, Darby SC, Placek V, Kunz E. Mortality in uranium miners in west Bohemia: A long-term cohort study. *Occupational and Environmental Medicine.* 1994; 51:308-15.
157. Sundaram C, Reddy CR, Ramana GV, Benerjea S, Venkataratnam G, Kumari GS, Reddy BS, Bhaskaran CS. Hepatitis B surface antigen, hepatocellular carcinoma and cirrhosis in south India – an autopsy study. *Indian Journal of Pathology & Microbiology.* 1990; 33:334 -8.
158. Klatsky AL, Armstrong MA. Alcohol, smoking, coffee, and cirrhosis. *American Journal of Epidemiology.* 1992; 136:1248 -57.
159. Pessione F, Ramond MJ, Njapoum C, Duchatelle V, Degott C, Erlinger S, Rueff B, Valla DC, Degos F. Cigarette smoking and hepatic lesions in patients with chronic hepatitis C. *Hepatology.* 2001; 34:121 – 125.
160. Becker U, Gronbaek M, Johansen D, Sorensen TI. Lower risk for alcohol-induced cirrhosis in wine drinkers. *Hepatology.* 2002; 35: 868-75.
161. Lazutka JR, Lekevicius R, Dedonyte V, Maciuleviciute-Gervers L, Mierauskiene J, Rudaitiene S; Slapsyte G. Chromosomal aberrations and sister-chromatid exchanges in

Lithuanian populations: effects of occupational and environmental exposures. *Mutat Res.* 1999 Sep 30; 445(2):225-39.

162. Abil'dinova GZH, Kuleshov NP, Sviatova GS. Chromosomal instability parameters in the population affected by nuclear explosions at the Semipalatinsk nuclear test site, *Genetika.* 2003 Aug; 39(8):1123-7.

163. Scarpato R, Antonelli A, Ballardini M, Cipollini M, Fallahi P, Tomei A, Traino C; Barale R. Analysis of chromosome damage in circulating lymphocytes of radiological workers affected by thyroid nodules. *Mutat Res.* 2006 Jul 14; 606(1-2):21-6.

164. Nefić H. Odsjek za biologiju, Prirodno-matematički Fakultet Univerziteta u Sarajevu. Radiation-induced chromosome aberrations. *Med Arh.* 2008; 62(1): 4-8.

165. Cruz S, Silva NR, Pedrosa JC. Microsatellite mutations in the offspring of irradiated parents 19 years after the Cesium-137 accident. *Mutation Research.* 2008; 652:175-9.

166. Tawn EJ, Whitehouse CA, Holdsworth D, Morris S, Tarone RE. Chromosome analysis of workers occupationally exposed to radiation at the Sellafield nuclear facility. *Int J Radiat Biol.* 2004 Mar; 76(3):355-65.

167. Porovskii IV, Ryzhov AI, Tetenev FF. Long-term morphofunctional changes in the skin of Chernobyl clean-up workers. *Radiation Biol Radioecol.* 2005 Jan-Feb; 45(1):86-90.

168. Violante FS, Romano P, Bonfiglioli R, Lodi V, Missere M, Mattioli S, Raffi GB. Lack of association between occupational radiation exposure and thyroid nodules in healthcare personnel. *Int Arch Occup Environ Health.* 2003 Sep; 76(7):529-32.

169. Romanenko A, Morimura K, Wanibuchi H, Wei M, Zamarin W, Vinnichenko W, Kinoshita A, Vozianov A, Fukushima S. Urinary bladder lesions induced by persistent chronic low-dose ionizing radiation. *Cancer Sci.* 2003 Apr; 94(4):328-33.

170. Danylash MM. Chronic gastroduodenitis in patients exposed to ionizing radiation. *Lik Sprava;* 2002 Apr-Jun; 3(4):22-4.

171. Turuspekova ST. Neuropsychological functions in individuals exposed to small dose ionizing radiation. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova,* 2002; 102(3):16-9.

172. Loganovsky KN, Yuryev KL. EEG patterns in persons exposed to ionizing radiation as a result of the Chernobyl accident. Part 2: quantitative EEG analysis in patients who had acute radiation sickness. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci.* 2004; 16(1):70-82.

173. Worgul BV, Kundiyev YI, Sergiyenko NM, Chumak VV, Vitte PM, Medvedovsky C, Bakhanova EV, Junk AK, Kyrychenko OY, Musijachenko NV, Shylo SA, Vitte OP, Xu S, Xue X, Shore RE. Cataracts among Chernobyl clean-up workers: implications regarding permissible eye exposures. *Radiat Res.* 2007 Feb; 167(2):233-43.

174. Doyle P, Maconochie N, Roman E, Davies G, Smith PG, Beral V. Fetal death and congenital malformation in babies born to nuclear industry employees: report from the nuclear industry family study. *Lancet*. 2000 Oct 14; 356(9238):1293-9.
175. Richardson DB, Wing S. Radiation and mortality of workers at Oak Ridge National Laboratory: positive associations for doses received at older ages. *Environmental Health Perspectives*. 1999 Aug;107(8):649-56.
176. Izumi S, Suyama A, Koyama K. Radiation-related mortality among offspring of atomic bomb survivors: a half-century of follow-up. *Int J Cancer*. 2003 Nov 1; 107(2):292-7.
177. Ritz B, Morgenstern H, Froines J, Young BB. Effects of exposure to external ionizing radiation on cancer mortality in nuclear workers monitored for radiation at Rocketdyne/Atomics International. *Am J Ind Med*. 1999 Jan; 35(1):21-31.
178. Ritz B. Radiation exposure and cancer mortality in uranium processing workers. *Epidemiology*. 1999 Sep; 10(5):531-8.
179. Mohan AK, Hauptmann M, Freedman DM, Ron E, Matanoski GM, Lubin JH, Alexander BH, Boice JD, Doody MM, Linet MS. Cancer and other causes of mortality among radiologic technologists in the United States. *Int J Cancer*. 2003 Jan 10;103(2):259-67.
180. Rogel A, Carré N, Amoros E, Bonnet-Belfais M, Goldberg M, Imbernon E, Calvez T, Hill C. Mortality of workers exposed to ionizing radiation at the French National Electricity Company. *Am J Ind Med*. 2005 Jan; 47(1):72-82.
181. Wing S, Richardson DB. Age at exposure to ionising radiation and cancer mortality among Hanford workers: follow up through 1994. *Occupa Environ Med*. 2005 Jul; 62(7):465-72.
182. Lie JSA, Kjaerheim KA, Tynes TAB. □ Ionizing radiation exposure and cancer risk among Norwegian nurses. *European Journal of Cancer Prevention*. 2008 Aug; 17(4):369-75.
183. Michaelis J. Recent epidemiological studies on ionizing radiation and childhood cancer in Germany. *Int J Radiat Biol*. 1998 Apr ;73(4):377-81.
184. Richardson DB, Wing S. □ Leukemia mortality among workers at the Savannah River Site. *American Journal of Epidemiology*. 2007 Nov ; 166(9):1015-22.
185. Richardson DB, Wing S. Lung cancer mortality among workers at a nuclear materials fabrication plant. *Am J Ind Med*. 2006 Feb; 49(2):102-11.

186. Yoshinaga S, Hauptmann M, Sigurdson AJ, Doody MM, Freedman DM, Alexander BH, Linet MS, Ron E, Mabuchi K. Nonmelanoma skin cancer in relation to ionizing radiation exposure among U.S. radiologic technologists. *Int J Câncer*. 2005 Jul 10;115(5):828-34.
187. Cherenko SM; Larin OS; Gorobeyko MB; Sichynava RM. Clinical analysis of thyroid cancer in adult patients exposed to ionizing radiation due to the Chernobyl nuclear accident: 5-year comparative investigations based on the results of surgical treatment. *World J Surg*. 2004 Nov; 28(11):1071-4.
188. Freedman DM, Sigurdson A, Rao RS, Hauptmann M, Alexander B, Mohan A, Doody MM, Linet MS. Risk of melanoma among radiologic technologists in the United States, *Int J Cancer*. 2003 Feb 10; 103(4):556-62.
189. Wiggs LD, Johnson ER, Cox-De Vore CA, Voelz GL. Mortality through 1990 among white male workers at the Los Alamos National Laboratory: considering exposures to plutonium and external ionizing radiation. *Health Phys*. 1994; 67:577-88.
190. Wiggs LD, Johnson ER, Cox-De Vore CA, Voelz GL. Mortality through 1990 among white male workers at the Los Alamos National Laboratory: considering exposures to plutonium and external ionizing radiation. *Health Phys*. 1994; 67:577-88.
191. Beral V, Fraser P, Carpenter L, Booth M, Brown A, Rose G. Mortality of employees of the Atomic Weapons Establishment, 1951–1982. *BMJ*. 1988; 297:757–770.
192. Albertini RJ. Developing sustainable studies on environmental health. *Mutation Research*. 2001; 480-481:317-31.
193. De Marchi B, Ravetz JR. Risk management and governance: a post-normal science approach. *Futures*. 1999; 31:743–57.
194. Van Der Sluijs JP. *Post Normal Science: working deliberately within imperfections*. Studium Generale Wageningen Science, Policy and Complex Phenomena. Utrecht, Holanda, 2007.
195. Organização Pan-Americana da Saúde – OPAS. Santana JP (org). *Desenvolvimento gerencial de unidades básicas de saúde do Sistema Único de Saúde*. Brasília; 1997.
196. Peres F. Onde mora o perigo? O processo de construção e validação de uma nova metodologia de diagnóstico rápido para a avaliação da percepção de riscos no trabalho rural [tese de doutorado]. Universidade Estadual de Campinas/Unicamp; 2003.
197. Peres F, Rozemberg B, De Lucca SR. Percepção de riscos no trabalho rural em uma região agrícola do Estado do Rio de Janeiro, Brasil: agrotóxicos, saúde e ambiente. *Cad. Saúde Pública*. Rio de Janeiro, 2005 Nov-Dez; 21(6):1836-44.
198. Slovic P. Perception of risk. *Science*. 1987; 238:280-5.

199. Slovic, P. Trust, emotion, sex, politics, and science: Surveying the risk-assessment attlefield. *Risk Analysis*. 1999; 19(4), 689-701.
200. Weber EU. Decision and choice: Risk, empirical studies. In N. J. Smelser & P. B. Baltes (Eds.), *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*. Oxford, UK: Elsevier Science Limited, 2001. p. 13347- 13351.
201. Kouabenan DR. Beliefs and the perception of risks and accidents. *Risk Anal*. 1998; 18:243-52.
202. Slovic P, Weber EU. Perception of Risk Posed by Extreme Events, paper prepared for discussion at the conference “Risk Management Strategies in an Uncertain World,” Palisades, New York, April 12-13, 2002.
203. Jenkin CM. Risk Perception and Terrorism: Applying the Psychometric Paradigm. *Homeland Security Affairs*, July 2006; 2(2):1-14. Disponível em <http://www.hsaj.org>, acessado em 15 de abril de 2009.
204. Simões Filho FFL, Fernandes HRSM, Franklin MR, Flexor JM, Fontes SL, Pereira Filho SR, Nascimento FMF. Impactos de mineração e sustentabilidade no semi-árido. Estudo de caso: Unidade de Concentração de Urânio – URA (Caetité, BA). In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Porto Alegre: ABRH; 2003.
205. Ramos MMO, Tauhata L. Grandezas e unidades para radiação ionizante (recomendações e definições). Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes – de Radioproteção e Dosimetria - IRD e Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN. Ministério de Ciência e Tecnologia - MCT. Disponível em <http://www.cefetsc.edu.br/~flavio/literatura/Grandezas e Unidades RAD.pdf>. Acessado em 16/12/2008, Rio de Janeiro, 2002.
206. Camargo IMC, Mazzilli B. Estimativa de risco devido à ingestão de isótopos de urânio em fontes de águas minerais. *Rev. Saúde Pública*. 1998; 32(4):317-20.
207. Silva ML, Bonotto DM. Hidroquímica elementar e dos isótopos de urânio em águas subterrâneas da formação alter do chão, Manaus (AM). *Revista Brasileira de Geociências*. 2006 Set; 36(3):437-48.
208. Souza F. Determinação das concentrações de atividade de ^{234}u e ^{238}u em águas subterrâneas de três poços perfurados em rochas da suíte intrusiva de Itu (SP). *Revista Brasileira de Geofísica*. 2007; 25(2):216-36.
209. Pérez DV, Saldanha MFC, Moreira JC, Vaitsman DS. Concentração total de urânio e tório em alguns solos brasileiros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 1998 Ago; 33(8):1417-23.

210. Swanson SM. Food chain transfer of U-Series radionuclides in northern Saskatchewan aquatic system. *Health Phys.* 1985; 49:747-70.
211. Santos, M. Espaço e Método. São Paulo: Nobel; 1988. 88 p..
212. Barcellos C; Bastos FI. Are geoprocessing, environment, and health a possible combination? *Cad. Saúde Pública.* jul-set 1996; 12(3):389-97.
213. Hills M; Alexander F. Statistical methods used in assessing the risk of disease near a source of possible environmental pollution: a review. *Journal of the Royal Statistical Society Association.* 1989; 152:353-63.
214. Herculano S. Do Desenvolvimento (In)suportável à sociedade feliz. In: *Ecologia, Ciência e Política.* Goldenberg, M. (coord.). Rio de Janeiro: Editora Revan; 1992. p 9-48.
215. Barcellos C, Machado JMH. A organização espacial condiciona as relações entre ambiente e saúde: o exemplo da exposição ao mercúrio em uma fábrica de lâmpadas fluorescentes. *Ciência & Saúde Coletiva.* 1998; 3(2):103-13.
216. Cruz OG, Barcellos C, Carvalho MS, Machado JH, Najjar A, Pina MF, Vasconcellos MM, Viacava F. Addressing system in Rio de Janeiro metropolitan region. In: *CDC and ATSDR Symposium on Statistical Methods.* Atlanta: 1995 Jan; p. 87.
217. Soranz D. Atenção Primária e a comunidade: Relatório Técnico Equipe de Saúde da Família do Parque Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz; 2005.
218. Pinto LF. Estratégias de integração e utilização de Bancos de Dados Nacionais para avaliação de Políticas de Saúde no Brasil [tese de doutorado]. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, FIOCRUZ. Brasil; 2006.
219. Carvalho HA. A Tradescantia como bioindicador vegetal na monitoração dos efeitos clastogênicos da radiação ionizante. *Radiol Brás.* 2005; 38(6):459-62.
220. Castilhos ZC, Ramos AS, Muniz KPMS, Castro AM, Lima CA, Pedrosa LRM, Viana TAP, Albuquerque C, Inácio AF, Novo, LA, Freire M, Linde AR. Aplicação do teste de micronúcleo para avaliação de áreas contaminadas do Estado do Rio de Janeiro. Trabalho apresentado no VII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu-MG. 2005 Nov.
221. Sari-Minodier I, Orsière T; Auquier P, Martin F, Botta A. Cytogenetic monitoring by use of the micronucleus assay among hospital workers exposed to low doses of ionizing radiation. *Mutation Research.* 2007; 629:111–121.
222. Fenech M. The in vitro micronucleus technique. *Mutation Research.* 2000; 455: 81–95.

223. Pacheco AO, Hackel C. Instabilidade cromossômica induzida por agroquímicos em trabalhadores rurais na região de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil. *Cad. Saúde Pública*. Rio de Janeiro, 2002 Nov-Dez; 18(6):1675-83.
224. Titenko-Holland N, Moore LE, Smith MT. Measurement and characterization of micronuclei in exfoliated human cells by fluorescence in situ hybridization with a centromeric probe. *Mut Res*. 1994; 312:39-50.
225. Broschinski L, Madle S, Hensel C. Genotoxicity tests for new chemicals in Germany: routine *in vitro* test systems. *Mutat Res*. 1998; 418:121-9.
226. Calvert GM, Talaska G, Mueller CA. Genotoxicity in workers exposed to methyl bromide. *Mut Res*. 1998; 417:115-28.
227. Keshava C, Keshava N, Ong T, Nath J. Protective effect of vanillin on radiation-induced micronuclei and chromosomal aberration in V79 cells. *Mut Res*. 1998; 397:149-59.
228. Streffer C, Müller WU, Kryscio A, Böcker W. Micronuclei biological indicator for retrospective dosimetry after exposure to ionizing radiation. *Mutation Research*. 1998; 404:101-5.
229. Maluf SW, Erdtmann B. Evaluation of occupational risk in a Brazilian hospital. *Genet Mol Biol*. 2000; 23:485-8.
230. Majer BJ, Laky B, Knasmüller S, Kassie F. Use of the micronucleus assay with exfoliated epithelial cells as a biomarker for monitoring individuals at elevated risk of genetic damage and in chemoprevention trials. *Mut Res*. 2001; 489:147- 72.
231. Bonassi S, Znaor A, Ceppi M, Lando C, Chang WP, Holland N, Kirsch-Volders M, Zeiger E, Ban S, Barale R, Bigatti MP, Bolognesi C, Cebulska-Wasilewska A, Fabianova E, Fucic A, Hagmar L, Jaksicg, Martelli A, Migliore L, Mirkova E, Scarfi MR, Zijno A, Norppa H, Fenech M. An increased micronucleus frequency in peripheral blood lymphocytes predicts the risk of cancer in humans. *Carcinogenesis*. 2007; 28(3):625–31.
232. Carvalho MB, Ramirez A, Gattás GJF, Guedes AL, Amar A, Rapoport A, Barauna Neto JC, Curioni AO. Correlação entre a evolução clínica e a frequência de micronúcleos em células de pacientes portadores de carcinomas orais e da orofaringe. *Rev Assoc Med Bras*. 2002; 48(4):317-22.
233. Fernandes TS. Emprego das aberrações cromossômicas instáveis e micronúcleo no biomonitoramento individual: estudo comparativo [dissertação de mestrado]. Universidade Federal de Pernambuco. Recife; 2005.
234. Hanahan D, Weinberg RA. The hallmarks of cancer. *Cell*. 2000; 100:57–70.
235. Albertson DG, Collins C, McCormick F, Gray JW. Chromosome aberrations in solid tumors. *Nature Genetics*. 2003 Aug; 34(4): 369-76.

236. Lloyd DC, Edwards AA, Prosser JS. Chromosome aberation induced in human lymphocytes by in vitro acute x gamma radiation. *Radiat Prot Dosim.* 1986;15:83-8.
237. Lloyd DC, Edwards AA, Moquet JE, Guerero Carbajal YC. The role of cytogenetics in early triage of radiation causalities. *Appl Rad Isot.* 2000;52:1107-12.
238. Bender MA, Awa AA, Brooks AC, Evans HJ, Groer PG, Littlefield LG, Pereira C, Preston RJ, Waschholz BV. Current status of cytogenetic procedures to detect and quantify previous exposures to radiation. *Mutation Research.* 1988; 196:103-59.
239. Albertini RJ, Anderson D, Douglas GR, Hagmar L, Hemmink K, Merlo F, Natarajan AT, Norppa H, Shuker DE, Tice RR, Waters MD, Aitio A. IPCS guidelines for the monitoring of genotoxic effects of carcinogens in humans. International Program on Chemical Safety. *Mutation Research.* 2000; 463:111-72.
240. Yamada S, Durante M, Ando K, Furusawa Y, Kawata T, Majima H, Tsujii H. Complex-type chromosomal exchanges in blod lymphocytes during radiation therapy corelate with acute toxicity. *C Let.* 2000; 150:215-21.
241. Boei JJWA; Vermeulen S; Natarajan AT. Detection of chromosomal aberrations by fluorecence in situ hybridization in the first three postirradiation divisions of human lymphocytes. *Mutation Research.* 1996; 349:127- 35.
242. Natarajan AT, Boei JJWA, Vermeulen S, Balajee AS. Frequencies of X-ray induced pericentric inversions and centric rings in human blood lymphocytes detected by FISH using chromosome arm specific DNA libraries. *Mutation Research.* 1996a; 372; 1-7.
243. Natarajan AT, Balajee AS, Boei JJWA, Darroudi F, Dominguez I, Hande MP, Meijers M, Slijepcevic P, Vermeulen S. Xiao Y. Mechanisms of induction of chromosomal aberrations and their detection by fluorecence in situ hybridization. *Mutation Research.* 1996b; 372: 247-58.
244. Bonassi S, Hagmar L, Strömberg U, Montagud AH, Tinnerberg H, Forni A, Heikkila P, Wanders S, Wilhardt P, Hansteen IL, Knudsen LE, Norppa H. Chromosomal Aberrations in Lymphocytes Predict Human Cancer Independently of Exposure to Carcinogens. *Cancer Research.* 2000 Mar 15; 60:1619–1625.
245. International Atomic Energy Agency – IAEA. Cytogenetic analysis for radiation dose assessment. Technical report series. Vienna, 2001; 405.
246. International Atomic Energy Agency – IAEA. Annual Report for 2004. Disponível em <http://www.iaea.org>, acessado em 04 de novembro de 2008.
247. Natarajan AT. Chromosomal aberrations: past, present and future. *Mutation Research.* 2002; 504; 3-16.

248. Pinkel D, Straume T, Gray JW. Cetic anlysis using quantitative, high sensivity, fluorescence hybridization. Proc Natl Acad Sci USA. 1986; 83:2934-8.

ANEXO 1 – SÍNTESE DOS ARTIGOS DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:

Artigo 1:

Título: “Aberraciones cromosómicas en trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes.”

Autores: Pulido HB; Pardo GG; Suárez MG; Soto LMO.

Periódico: Rev Cienc Salud Bogotá.

País e Ano da Publicação: Colômbia, 2004.

Objetivo(s): Identificar, por teste de citogenética, a presença ou não de aberrações cromossômicas em cultura celular de linfócitos de sangue periférico dos trabalhadores de saúde do National Cancer Institute.

Metodologia: Foram avaliadas as alterações nas culturas celulares feitas em linfócitos do sangue periférico, corados por quinacrine e com leitura de metáfases de cada caso. Foram comparados os resultados com as doses e tempo de exposição, registrados pelos dosímetros bem como no que diz respeito à presença de câncer e às histórias: familiar e pessoal.

Conclusão: Os resultados da comparação das médias da dose de exposição por ano, com o nº de aberrações não apresentaram uma relação direta. Encontraram aberrações independentes da dose sem padrão definido. Podemos inferir que o dano cromossômico não está diretamente relacionado com a dose recebida pelos trabalhadores.

Artigo 2:

Título: “Alteraciones cromosómicas en trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes.”

Autores: Valecillos MD; Fernández J; Rojas A; Valecillos J; Cañisales J.

Periódico: Invest Clín Maracaibo.

País e Ano da Publicação: Venezuela, 2004.

Objetivo(s): Identificar e caracterizar anormalidades cromossômicas e a sua relação com a dose de radiação, e a duração da exposição.

Metodologia: Realizou-se um estudo descritivo transversal em 18 homens, com idades entre 32 e 59 anos, com pelo menos um ano de exposição a radiações ionizantes.

Conclusão: A exposição crônica a radiação ionizante de baixas doses pode provocar anomalias cromossômicas, de acordo com os anos de ocupação e a exposição semanal.

Artigo 3:

Título: “Erythrocyte antioxidant parameters in workers occupationally exposed to low levels of ionizing radiation.”

Autores: Kluciński P; Wójcik A; Grabowska-Bochenek R; Gmiński J; Bogdan M; Hrycek A; Cieślik P; Martirosian G.

Periódico: Ann Agric Environ Med.

País e Ano da Publicação: Polônia, 2008.

Objetivo(s): Avaliar se os trabalhadores de serviços de raios-X têm sua defesa antioxidante afetada pela exposição a níveis de radiação ionizante, por longo prazo.

Metodologia: Foi medida a atividade eritrocitária de SOD, CAT E GPx em 45 trabalhadoras de serviços de raios-x e de 30 pessoas que constituíram o grupo controle.

Conclusão: O resultado da comparação do grupo de trabalhadoras com o grupo controle mostrou que a exposição à radiação ionizante diminui a capacidade anitioxidante.

Artigo 4:

Título: “Spontaneous abortions in female populations occupationally exposed to ionizing radiation.”

Autores: Fucic A; Merlo DF; Ceppi M; Lucas JN.

Periódico: Int Arch Occup Environ Health.

País e Ano da Publicação: Alemanha, 2008.

Objetivo(s): Avaliar o papel da exposição ocupacional aos raios-X e aos radioisótopos em mulheres empregadas em centro médico, a fim de estimar o risco de aborto.

Metodologia: Durante um período de 16 anos, a ocorrência de 61 abortos em mulheres expostas a radioisótopos foi comparada com 170 abortos em mulheres expostas a raios-X.

Conclusão: Para níveis normais de exposição, os radioisótopos têm um papel mais importante na produção de abortos espontâneos quando comparados aos raios-X.

Artigo 5:

Título: “Ionizing radiation exposure and cancer risk among Norwegian nurses.”

Autores: Lie JSA; Kjaerheim KA; Tynes TAB.

Periódico: Europ Journal of Cancer Prevention.

País e Ano da Publicação: Reino Unido, 2008.

Objetivo(s): Avaliar a influencia da exposição ocupacional a radiação ionizante com o risco de câncer em enfermeiros noruegueses.

Metodologia: Foi realizado um estudo do tipo coorte, com 43.316 enfermeiros, acompanhados de 1953 até 2002.

Conclusão: O estudo evidencia que enfermeiros expostos à radiação ionizante tinham risco acrescido de câncer, quando comparados ao grupo-controle.

Artigo 6:

Título: “Microsatellite mutations in the offspring of irradiated parents 19 years after the Cesium-137 accident.”

Autores: Cruz S; Silva NR; Pedrosa JC.

Periódico: Mutation Research.

País e Ano da Publicação: Holanda, 2008.

Objetivo(s): Avaliar a mutação na prole de pais irradiados, 19 anos após o acidente com o césio-137.

Metodologia: Foram analisadas as variações genéticas de 12 locos de micro-satélites em 10 famílias de indivíduos expostos e os seus descendentes.

Conclusão: Os resultados indicaram que a exposição à radiação ionizante pode ser detectada em filhos de indivíduos expostos e também sugerem que a elevada taxa de mutação de micro-satélites seja atribuída à exposição radioativa.

Artigo 7:

Título: “Odsjek za biologiju Prirodno-matematicki fakultet Univerziteta u Sarajevu.”

Autores: Nefić H.

Periódico: Medicinski Arhiv.

País e Ano da Publicação: Bósnia, 2008.

Objetivo(s): Avaliar se a exposição ocupacional à radiação ionizante, em uma amostra de 100 trabalhadores expostos, produz aberrações cromossômicas.

Metodologia: Pesquisa de aberrações cromossômicas realizada com 100 pessoas que eram expostas à radiação por sua profissão.

Conclusão: O estudo sugere que as aberrações provocadas nas pessoas expostas estão intimamente relacionadas com a exposição ocupacional pela radiação ionizante.

Artigo 8:

Título: “Expression of cellular isoform of prion protein on the surface of peripheral blood lymphocytes among women exposed to low doses of ionizing radiation.”

Autores: Kluciński P; Mazur B; Hrycek A; Maśluch E; Cieślik P; Kaufman J; Martirosian G.

Periódico: Ann Agric Environ Med.

País e Ano da Publicação: Polônia, 2007.

Objetivo(s): Avaliar o efeito de baixas doses de radiação ionizante sobre a expressão de Prions na superfície de linfócitos em mulheres que operam raios-X.

Metodologia: Um grupo do estudo continha 36 operadoras de raios-X do sexo feminino e outro de 30 pessoas que formavam o grupo-controle onde foi avaliada a expressão de Prions sobre os linfócitos CD3, CD4, CD8 e CD19.

Conclusão: Uma diminuição significativa foi encontrada em Prions na superfície de CD3, CD4 e CD8 nas operadoras de raios-X.

Artigo 9:

Título: “Leukemia mortality among workers at the Savannah River Site.”

Autores: Richardson DB; Wing S.

Periódico: Amer Journal of Epidemiology.

País e Ano da Publicação: Estados Unidos, 2007.

Objetivo(s): Investigar as associações entre radiação ionizante e mortalidade por leucemia.

Metodologia: Foi realizado um estudo de coorte com 18.883 trabalhadores contratados entre 1950 e 1986 em Savannah River Site. Foi estimada a dose de radiação ionizante através de dosimetria.

Conclusão: Este estudo fornece evidências de associações positivas entre a dose de radiação e leucemia nos trabalhadores de Savannah River.

Artigo 10:

Título: “Cataracts among Chernobyl clean-up workers: implications regarding permissible eye exposures.”

Autores: Worgul BV; Kundiyeve YI; Sergiyenko NM; Chumak VV; Vitte PM; Medvedovsky C; Bakhanova EV; Junk AK; Kyrychenko OY; Musijachenko NV; Shylo SA; Vitte OP; Xu S; Xue X; Shore RE.

Periódico: Radiation Research.

País e Ano da Publicação: Estados Unidos, 2007.

Objetivo(s): Avaliar o aparecimento de catarata em trabalhadores de Chernobyl, 12 anos após o acidente nuclear.

Metodologia: Foi realizado um estudo do tipo coorte com 8.607 trabalhadores, 12 anos após o acidente nuclear de Chernobyl.

Conclusão: Os resultados mostraram que o aparecimento de catarata em trabalhadores de Chernobyl está intimamente ligado à exposição à radiação ionizante.

Artigo 11:

Título: “Risk of chronic myeloid and acute leukemia mortality after exposure to ionizing radiation among workers at four U.S. nuclear weapons facilities and a nuclear naval shipyard.”

Autores: Schubauer-Berigan MK; Daniels RD; Fleming DA; Markey AM; Couch JR; Ahrenholz SH; Burphy JS; Anderson JL; Tseng CY.

Periódico: Radiation Research.

País e Ano da Publicação: Estados Unidos, 2007.

Objetivo(s): Avaliar risco de mortalidade por leucemia em trabalhadores de 5 instalações nucleares norte-americanas.

Metodologia: Foi realizado um estudo do tipo caso-controle com 206 casos de trabalhadores em instalações nucleares e 823 indivíduos com exposição ambiental a doses aumentadas de radiação ionizante, pelo cálculo do risco relativo.

Conclusão: Os resultados sugerem que o risco relativo é comparável entre as populações expostas a altas doses de radiação ionizante e os trabalhadores das instalações nucleares, mas quando a exposição ocorre em idade mais avançada existe aumento do risco relativo.

Artigo 12:

Título: “Assessment of genotoxic damage in lymphocytes of hospital workers exposed to ionizing radiation in Argentina.”

Autores: Güerci AM; Grillo CA; Dulout FN; Seoane AI.

Periódico: Arch of Environ and Occup Health.

País e Ano da Publicação: Estados Unidos, 2006.

Objetivo(s): Avaliar os danos nos linfócitos em trabalhadores expostos cronicamente à radiação ionizante

Metodologia: O estudo caso-controle incluiu 15 trabalhadores expostos cronicamente à radiação ionizante e 15 trabalhadores quem não eram expostos à radiação.

Conclusão: Os dados sugerem que os trabalhadores expostos cronicamente à radiação ionizante sofreram maiores danos nos linfócitos quando comparados ao grupo controle.

Artigo 13:

Título: “The risk of breast cancer in relation to health habits and occupational exposures..”

Autores: Shaham J; Gurvich R; Goral A; Czerniak A.

Periódico: Amer Journal of Ind Medicine.

País e Ano da Publicação: Estados Unidos, 2006.

Objetivo(s): Explorar a hipótese de que exposições ocupacionais são importantes fatores de risco para câncer de mama.

Metodologia: A população do estudo incluiu 326 casos de câncer de mama em um hospital no centro do país e 413 mulheres sem diagnóstico de câncer.

Conclusão: O estudo confirmou o pressuposto de que a exposição ocupacional pode contribuir com a etiologia para o desenvolvimento do câncer de mama.

Artigo 14:

Título: “Analysis of chromosome damage in circulating lymphocytes of radiological workers affected by thyroid nodules.”

Autores: Scarpato R; Antonelli A; Ballardini M; Cipollini M; Fallahi P; Tomei A; Traino C; Barale R.

Periódico: Mutation Research.

País e Ano da Publicação: Holanda, 2006.

Objetivo(s): Avaliar se existe associação entre nódulo de tireóide e exposição ocupacional à radiação ionizante. Essa avaliação seria realizada através da correlação da dose de exposição com o surgimento de danos em cromossomos de linfócitos periféricos.

Metodologia: Foi realizado estudo com 92 trabalhadores com ou sem nódulo de tireóide. Com base no nível de exposição os trabalhadores foram classificados em baixo (média = 0,03 mSv nível total), médio (média nível total = 1,04 mSv) ou alta (média nível total = 8,60 mSv).

Conclusão: Os resultados mostraram que os trabalhadores classificados com nível alto de exposição apresentaram um maior número de casos de nódulo de tireóide e aberrações cromossômicas em linfócitos periféricos.

Artigo 15:

Título: “Lack of association between acute exposure to ionizing radiation and liver cirrhosis.”

Autores: Sharp GB; Mizuno T; Fukuhara T; Tokuoka S.

Periódico: Int Journal of Cancer.

País e Ano da Publicação: Estados Unidos, 2005.

Objetivo(s): Avaliar se existe relação entre cirrose hepática com a exposição à radiação ionizante em sobreviventes da bomba atômica no Japão.

Metodologia: Foi realizado um estudo do tipo transversal em 776 sobreviventes da bomba atômica.

Conclusão: Os resultados mostram que a exposição aguda a radiação ionizante não aumenta o risco de cirrose hepática.

Artigo 16:

Título: “Risk analysis of leukaemia incidence among people living along the Techa River: a nested case-control study.”

Autores: Ostroumova E; Gagnière B; Laurier D; Gudkova N; Krestinina L; Verger P; Hubert P; Bard D; Akleyev A; Tirmarche M; Kossenko M.

Periódico: Journal of Radiol Prot.

País e Ano da Publicação: Reino Unido, 2006.

Objetivo(s): Avaliar se a taxa de incidência de leucemia aumentou na população que mora ao longo do rio Techa, com exposição ambiental à radiação ionizante.

Metodologia: O estudo incluiu 83 casos identificados e 415 controles pareados por sexo e idade.

Conclusão: Os resultados mostraram um aumento na taxa de leucemia na população ao longo do rio Techa.

Artigo 17:

Título: “Lung cancer mortality among workers at a nuclear materials fabrication plant.”

Autores: Richardson DB; Wing S.

Periódico: Amer Journal of Ind Medicine.

País e Ano da Publicação: Estados Unidos, 2006.

Objetivo(s): Avaliar se há relação entre a incidência de câncer de pulmão com a exposição à radiação ionizante em trabalhadores de uma fábrica de material nuclear.

Metodologia: Foi realizado um estudo do tipo coorte com 3.864 trabalhadores contratados entre 1947 e 1974.

Conclusão: O estudo concluiu que existe uma relação entre o aumento da taxa de câncer de pulmão e a exposição à radiação ionizante.

Artigo 18:

Título: “The intellectual development of the children exposed to the influence of the ionizing radiation.”

Autores: Baleva LS; Iakovleva IN; Gerasimova AS; Zotova AS.

Periódico: Radiacts Biol Radioecol.

País e Ano da Publicação: Rússia, 2005.

Objetivo(s): Avaliar o nível de desenvolvimento mental de crianças que vivem em áreas poluídas por lixo radioativo.

Metodologia: Foi realizado um estudo caso controle, onde 177 crianças viviam em áreas poluídas por lixo radioativo e 34 crianças que viviam em áreas não expostas a radiação.

Conclusão: O estudo mostrou uma leve diminuição no intelecto de crianças que sofreram irradiação no período pré-natal e naquelas que viviam em uma determinada área específica quando comparado com o grupo controle.

Artigo 19:

Título: “Effect of ionizing radiation on the pteridine metabolic pathway and evaluation of its cytotoxicity in exposed hospital staff..”

Autores: Engin AB; Ergun MA; Yurtcu E; Kan D; Sahin G.

Periódico: Mutation Research.

País e Ano da Publicação: Holanda, 2005.

Objetivo(s): Avaliar se a instabilidade genômica e/ou uma alteração na síntese da pteridina poderiam ser utilizados como marcadores de risco potencial de radiação ionizante em trabalhadores hospitalares.

Metodologia: O estudo foi realizado com 33 técnicos de raios-X juntamente com 22 indivíduos não expostos profissionalmente que constituíam o grupo controle.

Conclusão: Os resultados indicam que a exposição longa a doses baixas de radiação ionizante, mesmo com níveis abaixo dos permitidos, podem resultar em aumento do estresse oxidativo, o que pode causar danos ao DNA e mutagenicidade, e que a instabilidade genômica ou alteração na síntese da pteridina podem ser usadas como marcadores de risco.

Artigo 20:

Título: “Age at exposure to ionising radiation and cancer mortality among Hanford workers: follow up through 1994.”

Autores: Wing S; Richardson DB.

Periódico: Occup Environ Med.

País e Ano da Publicação: Reino Unido, 2005.

Objetivo(s): Avaliar a influência da idade na exposição à radiação ionizante em trabalhadores de uma fábrica de Plutônio.

Metodologia: Foi realizado um estudo do tipo coorte com 26.389 trabalhadores contratados no período de 1944 a 1978.

Conclusão: Os resultados mostram que a associação idade com a exposição à radiação ionizante é semelhante na mortalidade por câncer comparada a outro grupo de trabalhadores.

Artigo 21:

Título: “Nonmelanoma skin cancer in relation to ionizing radiation exposure among U.S. radiologic technologists.”

Autores: Yoshinaga S; Hauptmann M; Sigurdson AJ; Doody MM; Freedman DM; Alexander BH; Linet MS; Ron E; Mabuchi K.

Periódico: Int Journal of Cancer.

País e Ano da Publicação: Estados Unidos, 2005.

Objetivo(s): Avaliar a relação de câncer de pele com a exposição à radiação ionizante em radiologistas.

Metodologia: Foram estudados 1.355 casos incidentes de carcinoma basocelular e 270 de carcinoma espinocelular da pele, em uma coorte de 65.304 indivíduos e avaliados em relação à exposição ocupacional à radiação ionizante.

Conclusão: Este estudo sugere que a exposição ocupacional crônica a radiação ionizante pode aumentar o risco de câncer pele.

Artigo 22:

Título: “Long-term morphofunctional changes in the skin of Chernobyl clean-up workers.”

Autores: Porovskii IV; Ryzhov AI; Tetenev FF.

Periódico: Radiacts Biol Radioecol.

País e Ano da Publicação: Rússia, 2005.

Objetivo(s): Observar as mudanças na pele e nos músculos em trabalhadores de Chernobyl.

Metodologia: Foram colhidas 19 amostras de pele e músculo em trabalhadores de Chernobyl.

Conclusão: O estudo evidenciou um espessamento da pele, com infiltrado inflamatório e panvasculites nos trabalhadores de Chernonobyl.

Artigo 23:

Título: “Mortality of workers exposed to ionizing radiation at the French National Electricity Company.”

Autores: Rogel A; Carré N; Amoros E; Bonnet-Belfais M; Goldberg M; Imbernon E; Calvez T; Hill C.

Periódico: Amer Journal of Ind Medicine.

País e Ano da Publicação: Estados Unidos, 2005.

Objetivo(s): Analisar a mortalidade em trabalhadores expostos a radiação ionizante em companhia elétrica na França.

Metodologia: Foi realizado um estudo do tipo coorte com um grupo de 22.395 indivíduos monitorados para a exposição às radiações entre 1961 e 1994, e acompanhados por uma média de 11,7 anos.

Conclusão: Não houve aumento da mortalidade nos trabalhadores expostos à radiação no grupo estudado.

Artigo 24:

Título: “Potential adverse health effects of low-level ionizing radiation exposure in a hospital setting.”

Autores: Lin CM; Mao IF.

Periódico: Arch Environ Health: An Int Journal.

País e Ano da Publicação: Taiwan, 2004.

Objetivo(s): Investigar os efeitos de curto prazo da exposição à radiação ionizante em operadores de raios-X.

Metodologia: Foram avaliadas: função tireoidiana, função pulmonar, contagem de plaquetas e leucócitos em 142 operadores de raios-X.

Conclusão: Não foi observado nenhum efeito de curto prazo da radiação ionizante nos operadores de raios-X.

Artigo 25:

Título: “Clinical analysis of thyroid cancer in adult patients exposed to ionizing radiation due to the Chernobyl nuclear accident: 5-year comparative investigations based on the results of surgical treatment.”

Autores: Cherenko SM; Larin OS; Gorobeyko MB; Sichynava RM.

Periódico: World J Surg.

País e Ano da Publicação: Estados Unidos, 2004.

Objetivo(s): Comparar os achados clínicos e patológicos dos tumores de tireóide removidos cirurgicamente em adultos, com ou sem história de irradiação devido o acidente de Chernobyl.

Metodologia: Foi realizado um estudo de coorte no período de 1990 a 2003, em 2363 adultos sem evidências de exposição à radiação (grupo A), que tenham sido submetidos à cirurgia de nódulos tireoidianos. Durante o mesmo período, 311 pacientes (nascidos antes de 1969) com provas rigorosas de exposição à radiação ionizante no acidente de Chernobyl, que tenham sido submetidos à cirurgia de nodulos tireoidieanos (grupo B).

Conclusão: Os resultados sugerem que a exposição à radiação ionizante esteja relacionada como uma das causas dos cânceres de tireóide e de sua maior agressividade.

Artigo 26:

Título: “Frequency of micro nuclei in peripheral blood lymphocytes from subjects occupationally exposed to low levels of ionizing radiation.”

Autores: Joseph LJ; Patwardhan UN; Samuel AM.

Periódico: Mutation Research.

País e Ano da Publicação: Holanda, 2004.

Objetivo(s): Avaliar o efeito genotóxico da exposição ocupacional à radiação ionizante de baixas doses.

Metodologia: Foi realizado um estudo caso-controle, onde 46 eram os indivíduos expostos e 27 constituíam o grupo controle.

Conclusão: A frequência de micronúcleos foi significativamente maior nos indivíduos que sofreram exposição a baixas doses quando comparado com o grupo controle.

Artigo 27:

Título: “Diminished cellular and humoral immunity in workers occupationally exposed to low levels of ionizing radiation.”

Autores: Gödekmerdan A; Ozden M; Ayar A; Gürsu MF; Ozan AT; Serhatlioglu S.

Periódico: Arch of Medical Research.

País e Ano da Publicação: Estados Unidos, 2004.

Objetivo(s): Analisar se os linfócitos T são afetados pela exposição à radiação ionizante em baixas doses por longo prazo.

Metodologia: Foi realizado um estudo com 50 operadores de raios-X, que constituíram os indivíduos expostos, e 35 indivíduos não expostos como o grupo controle.

Conclusão: Os resultados mostraram que os linfócitos dos operadores de raios-X foram afetados pela radiação ionizante.

Artigo 28:

Título: “Biochemical and immunological effects of ionizing radiation in radiology staff members.”

Autores: Serhatlioglu S; Ogur E; Ozan AT; Gürsu F; Gödekmerdan A; Ayar A.

Periódico: Tani Girisim Radyol.

País e Ano da Publicação: Turquia, 2004.

Objetivo(s): Investigar a influência de exposições ocupacionais à radiação ionizante de longo prazo na bioquímica sanguínea.

Metodologia: Foi realizado um estudo de grupo controle com 51 indivíduos do grupo exposto a radiação e 40 indivíduos que constituíam o grupo controle.

Conclusão: Os níveis de linfócitos T e de imunoglobulinas eram mais baixos nos indivíduos expostos quando comparados ao grupo controle.

Artigo 29:

Título: “Prognostic relevance of previous exposure to ionizing radiation in well-differentiated thyroid cancer.”

Autores: Furlan JC; Rosen IB.

Periódico: Langenbecks Arch. Surg.

País e Ano da Publicação: Alemanha, 2004.

Objetivo(s): Avaliar o efeito da radiação sobre a agressividade do câncer de tireóide.

Metodologia: Foram selecionados aleatoriamente 426 pacientes submetidos a tireoidectomia por câncer que foram divididos em 2 grupos: expostos a radiação e não expostos a radiação.

Conclusão: A radiação ionizante aumenta o risco de câncer bem diferenciado, mas não altera sua agressividade.

Artigo 30:

Título: “Chromosomal aberrations in uranium and coal miners.”

Autores: Wolf G; Arndt D; Kotschy-Lang N; Obe G.

Periódico: Int Journal of Rad Biology.

País e Ano da Publicação: Reino Unido, 2004.

Objetivo(s): Comparar as aberrações cromossômicas entre mineiros de urânio com as de mineiros de carvão.

Metodologia: Foram analisados os dados citogenéticos de 66 mineiros de carvão e de 66 mineiros de urânio.

Conclusão: Os resultados mostraram que as aberrações são semelhantes entre grupos, sugerindo que estas não são induzidas pela radiação.

Artigo 31:

Título: “EEG patterns in persons exposed to ionizing radiation as a result of the Chernobyl accident. Part 2: quantitative EEG analysis in patients who had acute radiation sickness.”

Autores: Loganovsky KN; Yuryev KL.

Periódico: Journal Neuropsychiatry Clin Neurosci.

País e Ano da Publicação: Estados Unidos, 2004.

Objetivo(s): Avaliar o padrão do eletroencefalograma de sobreviventes do acidente de Chernobyl que tiveram doença aguda causada pela radiação.

Metodologia: Foi realizado um estudo transversal com 188 sobreviventes do acidente de Chernobyl.

Conclusão: Os dados sugerem uma redução da atividade nos lobos frontais e temporais, que pode refletir uma disfunção córtico-límbica.

Artigo 32:

Título: “Levels of paraoxonase and arylesterase activities and malondialdehyde in workers exposed to ionizing radiation.”

Autores: Serhatlioglu S; Gürsu MF; Gulcu F; Canatan H; Gödekmerdan A.

Periódico: Cell Bioch and Function.

País e Ano da Publicação: Reino Unido, 2003.

Objetivo(s): Analisar os níveis malon-dialdeído e paraoxonase (enzimas antioxidantes) em trabalhadores expostos à radiação ionizante de baixas doses.

Metodologia: Foi realizado um estudo caso-controle, onde 51 eram os trabalhadores expostos à radiação e 27 constituam o grupo controle.

Conclusão: Os resultados mostram uma significativa redução das enzimas antioxidantes nos trabalhadores expostos à radiação ionizante.

Artigo 33:

Título: “Chromosomal instability parameters in the population affected by nuclear explosions at the Semipalatinsk nuclear test site.”

Autores: Abil'dinova GZH; Kuleshov NP; Sviatova GS.

Periódico: Russian Journal of Genetics.

País e Ano da Publicação: Rússia, 2003.

Objetivo(s): Realizar uma sondagem genética em indivíduos que nasceram e viveram na região contaminada por radiação conhecida como Semipalatinsk.

Metodologia: Foi realizada uma sondagem genética com 149 pessoas que nasceram e viveram na região de Semipalatinsk.

Conclusão: Os resultados mostraram efeito mutagênico da radiação sobre a população estudada.

Artigo 34:

Título: “Nested case-control study of external ionizing radiation dose and mortality from dementia within a pooled cohort of female nuclear weapons workers.”

Autores: Sibley RF; Moscato BS; Wilkinson GS; Natarajan N.

Periódico: Amer Journal of Ind Medicine.

País e Ano da Publicação: Estados Unidos, 2003.

Objetivo(s): Estimar o efeito da radiação ionizante sobre a mortalidade por demência.

Metodologia: Um estudo de caso-controle em uma coorte de 67.976 mulheres que trabalhavam em instalações nucleares.

Conclusão: A exposição ocupacional à radiação ionizante pode estar associada com um risco aumentado de demência.

Artigo 35:

Título: “Lack of association between occupational radiation exposure and thyroid nodules in healthcare personnel.”

Autores: Violante FS; Romano P; Bonfiglioli R; Lodi V; Missere M; Mattioli S; Raffi GB.

Periódico: Int Arch Occup Environ Health.

País e Ano da Publicação: Alemanha, 2003.

Objetivo(s): Investigar se os profissionais de saúde expostos a baixos níveis de radiação ionizante têm uma maior prevalência de nódulo de tireóide.

Metodologia: Foram realizados exames de ultra-sonografia de tireóide em 579 trabalhadores expostos à radiação ionizante.

Conclusão: Os resultados mostram que não houve aumento na prevalência de nódulo de tireóide no grupo exposto.

Artigo 36:

Título: “Radiation-related mortality among offspring of atomic bomb survivors: a half-century of follow-up.”

Autores: Izumi S; Suyama A; Koyama K.

Periódico: Int Journal of Cancer.

País e Ano da Publicação: Estados Unidos, 2003.

Objetivo(s): Avaliar se houve aumento da prevalência de câncer nos filhos de sobreviventes da bomba atômica.

Metodologia: Foi realizado um estudo de coorte com 41.010 sobreviventes entre 1946 a 1984.

Conclusão: Os dados sugerem que houve um aumento na prevalência de câncer nos filhos de sobreviventes da bomba atômica.

Artigo 37:

Título: “Urinary bladder lesions induced by persistent chronic low-dose ionizing radiation
Urinary bladder lesions induced by persistent chronic low-dose ionizing radiation.”

Autores: Romanenko A; Morimura K; Wanibuchi H; Wei M; Zamarin W; Vinnichenko W; Kinoshita A; Vozianov A; Fukushima S.

Periódico: Cancer Science.

País e Ano da Publicação: Japão, 2003.

Objetivo(s): Avaliar se existe relação entre o aumento do número de casos de câncer de bexiga na Ucrânia e a exposição crônica a radiação ionizante.

Metodologia: Foi realizado um estudo com 159 pacientes do sexo masculino e 5 do sexo feminino que foram submetidos à biópsia e estudo imuno-p38 e p50.

Conclusão: Os resultados mostraram uma relação positiva entre o aumento do número de casos de câncer de bexiga na Ucrânia com a exposição crônica a radiação.

Artigo 38:

Título: “Risk of melanoma among radiologic technologists in the United States.”

Autores: Freedman DM; Sigurdson A; Rao RS; Hauptmann M; Alexander B; Mohan A; Doody MM; Linet MS.

Periódico: Int Journal of Cancer.

País e Ano da Publicação: Estados Unidos, 2003.

Objetivo(s): Analisar o risco de melanoma em técnicos de radiologia.

Metodologia: Foi realizado um estudo de coorte onde foram avaliados 68.888 técnicos de radiologia norte-americanos.

Conclusão: Os resultados mostram que os técnicos tiveram o risco aumentado para o desenvolvimento do melanoma, em particular quando não usavam as proteções adequadas ou com um maior número de anos de exposição.

Artigo 39:

Título: “Cancer and other causes of mortality among radiologic technologists in the United States.”

Autores: Mohan AK; Hauptmann M; Freedman DM; Ron E; Matanoski GM; Lubin JH; Alexander BH; Boice JD; Doody MM; Linet MS.

Periódico: Int Journal of Cancer.

País e Ano da Publicação: Estados Unidos, 2003.

Objetivo(s): Estudar as causas de morte em técnicos de radiologia nos Estados Unidos.

Metodologia: Foi realizado um estudo do tipo coorte com 146.002 técnicos de radiologia nos Estados Unidos.

Conclusão: Os resultados mostram uma elevada mortalidade por câncer de mama, leucemia mieloide aguda e crônica no grupo estudado.

Artigo 40:

Título: “Micronuclei frequencies in hospital workers occupationally exposed to low levels of ionizing radiation: influence of smoking status and other factors.”

Autores: Maffei F; Angelini S; Forti GC; Lodi V; Violante FS; Mattioli S; Hrelia P.

Periódico: Mutagenesis.

País e Ano da Publicação: Reino Unido, 2002.

Objetivo(s): Investigar as alterações cromossômicas em linfócitos de trabalhadores expostos à radiação ionizante em baixas doses.

Metodologia: Foram realizados estudos de caso-controle onde 37 eram os trabalhadores expostos e 37 constituíam o grupo controle.

Conclusão: Os resultados sugerem uma ligeira alteração cromossômica nos linfócitos dos trabalhadores expostos.

Artigo 41:

Título: “Chronic gastroduodenitis in patients exposed to ionizing radiation.”

Autores: Danylash MM.

Periódico: Lik Sprada.

País e Ano da Publicação: Ucrânia, 2002.

Objetivo(s): Avaliar o aparecimento de gastroduodenite crônica em pacientes expostos à radiação ionizante

Metodologia: Foi avaliado um total de 72 pacientes com gastroduodenites que tenham sido expostos a radiação ionizante no acidente de Chernobyl.

Conclusão: Alterações imunológicas, alérgicas e refluxo gastroduodenal foram os achados de gastroduodenites crônicas mais freqüentes, atribuíveis à radiação.

Artigo 42:

Título: “Chromosome aberrations in peripheral blood lymphocytes in subjects occupationally exposed to ionizing radiation or chemical clastogens.”

Autores: Lalic H; Radosevic-Stasic B.

Periódico: Folia Biol.

País e Ano da Publicação: República Tcheca, 2002.

Objetivo(s): Analisar as aberrações cromossômicas em profissionais de saúde expostos à radiação ionizante em baixas doses.

Metodologia: Foi realizado estudo caso controle feito com 51 trabalhadores expostos à radiação e 19 trabalhadores que construíam o grupo controle.

Conclusão: Os estudos mostram que houve um aumento de aberrações cromossômicas nos trabalhadores expostos quando comparado com o grupo controle.

Artigo 43:

Título: “Sister chromatid exchange analysis and chromosoma aberration studies in interventional cardiology laboratory workers: one war follow up study.”

Autores: Erol MK; Oztas S; Bozkurt E; Karakelleoglu S.

Periódico: Int Heart J.

País e Ano da Publicação: Japão, 2002.

Objetivo(s): Investigar a freqüência de troca de cromátides irmãs e de aberrações cromossômicas em trabalhadores de laboratório de cardiologia invasiva.

Metodologia: Foi realizado um estudo caso controle com 11 trabalhadores expostos e 11 trabalhadores não expostos à radiação ionizante.

Conclusão: Os resultados sugerem que a troca de cromátides irmãs ou aberrações cromossômicas não têm sua frequência aumentada nos trabalhadores de laboratório de cardiologia invasiva.

Artigo 44:

Título: “Neuropsychological functions in individuals exposed to small dose ionizing radiation.”

Autores: Turuspekova ST.

Periódico: Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova.

País e Ano da Publicação: Rússia, 2002.

Objetivo(s): Estudar as funções neurofisiológicas em indivíduos expostos a baixas doses de radiação ionizante.

Metodologia: Foi realizado um estudo com 293 trabalhadores expostos a baixas doses de radiação.

Conclusão: Os dados sugerem que as funções de memória e percepção foram alteradas nos trabalhadores expostos a baixas doses de radiação.

Artigo 45:

Título: “Ionizing radiation as a risk factor for thyroid cancer in Krakow and Nowy Sacz regions.”

Autores: Szybinski Z; Olko P; Przybylik-Mazurek E; Burzynski M.

Periódico: Wiad Lek.

País e Ano da Publicação: Polônia, 2001.

Objetivo(s): Avaliar o aumento do número de casos de câncer de tireóide na área do acidente de Chernobyl.

Metodologia: Foi realizado estudo caso controle com 224 pacientes com câncer de tireóide e 243 que constituíam o grupo controle

Conclusão: O estudo indica que o aumento do número de casos de câncer de tireóide na área do acidente de Chernobyl está relacionado à exposição à radiação ionizante.

Artigo 46:

Título: “Solid-tumor mortality in the vicinity of uranium cycle facilities and nuclear power plants in Spain.”

Autores: López-Abente G; Aragonés N; Pollán M.

Periódico: Environ Health Perspectives.

País e Ano da Publicação: Estados Unidos, 2001.

Objetivo(s): Verificar a mortalidade por tumor sólido em localidades perto de centrais nucleares e de instalações de enriquecimento de urânio.

Metodologia: Foi realizado um estudo baseado em 12.245 óbitos por câncer em 283 localidades situadas em um raio de 3 km das instalações.

Conclusão: Os resultados revelam um padrão de mortalidade por tumor sólido nas proximidades das instalações basicamente caracterizado por tumor de pulmão, tumor renal e mortalidade geral por câncer.

Artigo 47:

Título: “Primary infertility in nuclear industry employees: report from the nuclear industry family study.”

Autores: Doyle P; Roman E; Maconochie N; Davies G; Smith PG; Beral V.

Periódico: Occ Env Med.

País e Ano da Publicação: Reino Unido, 2001.

Objetivo(s): Determinar se os homens e mulheres que são expostos à radiação ionizante estão em maior risco de desenvolver infertilidade.

Metodologia: Foi realizada uma análise transversal com 5.353 homens e 603 mulheres que trabalhavam em instalações nucleares.

Conclusão: Não foi encontrada nenhuma evidencia de infertilidade nos trabalhadores expostos à radiação.

Artigo 48:

Título: “Schizophrenia spectrum disorders in persons exposed to ionizing radiation as a result of the Chernobyl accident.”

Autores: Loganovsky KN; Loganovskaja TK.

Periódico: Journal Neuropsychiatry Clin Neurosci.

País e Ano da Publicação: Estados Unidos, 2000.

Objetivo(s): Estudar o aumento do número de casos de esquizofrenia nos sobreviventes do acidente de Chernobyl.

Metodologia: Foi realizado um estudo com 100 pacientes com doença aguda causada pela radiação e com 100 trabalhadores de Chernobyl.

Conclusão: Os resultados sugerem que houve um aumento do número de caso de esquizofrenia nos dois grupos estudados, concluindo assim que a radiação pode induzir o aparecimento de esquizofrenia.

Artigo 49:

Título: “Fetal death and congenital malformation in babies born to nuclear industry employees: report from the nuclear industry family study.”

Autores: Doyle P; Maconochie N; Roman E; Davies G; Smith PG; Beral V.

Periódico: Lancet.

País e Ano da Publicação: Reino Unido, 2000.

Objetivo(s): Avaliar se os filhos dos homens e das mulheres que são expostos à radiação ionizante, têm um maior risco de morte fetal e de malformações congênitas.

Metodologia: Foi realizado um estudo do tipo coorte com 11.697 homens e 1.903 mulheres que trabalhavam em instalações nucleares.

Conclusão: Não foi encontrada prova de uma ligação entre a exposição a baixos níveis de radiação ionizante e um maior risco de morte fetal e de malformações congênitas.

Artigo 50:

Título: “A case control study of multiple myeloma at four nuclear facilities.”

Autores: Wing S; Richardson D; Wolf S; Mihlan G; Crawford-Brown D; Wood J.

Periódico: Ann Epidemiol.

País e Ano da Publicação: Estados Unidos, 2000.

Objetivo(s): Avaliar se existe elevação no número de casos de mieloma múltiplo em trabalhadores expostos à radiação ionizante.

Metodologia: Foi realizado um estudo caso controle com 98 pacientes mortos por mieloma múltiplo e 391 trabalhadores que constituíam o grupo controle

Conclusão: Os resultados sugerem uma associação entre o aumento de número de casos de mieloma múltiplo e a exposição à radiação ionizante.

Artigo 51:

Título: “Chromosome analysis of workers occupationally exposed to radiation at the Sellafield nuclear facility.”

Autores: Tawn EJ; Whitehouse CA; Holdsworth D; Morris S; Tarone RE.

Periódico: Radiation Research.

País e Ano da Publicação: Reino Unido, 2000.

Objetivo(s): Investigar frequência de aberrações cromossômicas em profissionais cronicamente expostos a baixas doses de radiação ionizante.

Metodologia: Foi realizada uma análise citogenética em 104 trabalhadores de instalações nucleares.

Conclusão: O estudo indica que a exposição crônica parece ser menos eficaz em induzir aberrações cromossômicas comparada com a exposição aguda.

Artigo 52:

Título: “Radiation exposure and cancer mortality in uranium processing workers.”

Autores: Ritz B.

Periódico: Journal Occup & Env Med.

País e Ano da Publicação: Estados Unidos, 1999.

Objetivo(s): Estudar os padrões de mortalidade por câncer em trabalhadores de usina de processamento de urânio.

Metodologia: Foi realizado um estudo de coorte com 4.014 trabalhadores de usina de processamento de urânio.

Conclusão: Os resultados indicam um aumento na taxa de mortalidade por câncer em geral, principalmente em trabalhadores com idade superior aos 40 anos.

Artigo 53:

Título: “Radiation and mortality of workers at Oak Ridge National Laboratory: positive associations for doses received at older ages.”

Autores: Richardson DB; Wing S.

Periódico: Environ Health Perspectives.

País e Ano da Publicação: Estados Unidos, 1999.

Objetivo(s): Avaliar o padrão de mortalidade entre os trabalhadores expostos cronicamente a baixas doses de radiação externa.

Metodologia: Foi realizado um estudo do tipo coorte com 14.095 trabalhadores durante o período de 1943 até 1972.

Conclusão: Os resultados mostram que houve um aumento no número de casos de câncer nos trabalhadores expostos cronicamente à radiação ionizante, sugerindo que este aumento está relacionado à exposição à radiação.

Artigo 54:

Título: “Cytogenetic analysis of peripheral blood lymphocytes of occupational workers exposed to low levels of ionizing radiation.”

Autores: Balakrishnan S; Rao SB.

Periódico: Mutation Research.

País e Ano da Publicação: Holanda, 1999.

Objetivo(s): Analisar a incidência de aberrações cromossômicas em linfócitos de trabalhadores expostos cronicamente a baixas doses de radiação ionizante.

Metodologia: Foi realizado um estudo caso controle com 27 trabalhadores expostos e 17 que constituíam o grupo controle.

Conclusão: Foi encontrado um maior número de aberrações cromossômicas nos trabalhadores expostos quando comparado com o grupo controle.

Artigo 55:

Título: “Effects of exposure to external ionizing radiation on cancer mortality in nuclear workers monitored for radiation at Rocketdyne/Atomics International.”

Autores: Ritz B; Morgenstern H; Froines J; Young BB.

Periódico: Amer Journal of Ind Medicine.

País e Ano da Publicação: Estados Unidos, 1999.

Objetivo(s): Estimar os efeitos da exposição a baixos níveis de radiação em trabalhadores expostos sobre a mortalidade por câncer.

Metodologia: Foi realizado um estudo de coorte retrospectivo com 4.563 trabalhadores no período de 1950 há 1993.

Conclusão: Os resultados indicam que a exposição crônica a radiação ionizante pode induzir ao aparecimento de câncer.

Artigo 56:

Título: “Chromosomal aberrations and sister-chromatid exchanges in Lithuanian populations: effects of occupational and environmental.”

Autores: Lazutka JR; Lekevicius R; Dedonyte V; Maciuleviciute-Gervers L; Mierauskiene J; Rudaitiene S; Slapsyte G.

Periódico: Mutation Research.

País e Ano da Publicação: Holanda, 1999.

Objetivo(s): Estudar as aberrações cromossômicas e as trocas de cromátides irmãs em indivíduos expostos a cronicamente a radiação ionizante.

Metodologia: Foi realizada uma análise citogenética em 1.113 indivíduos expostos cronicamente a radiação ionizante.

Conclusão: Foi encontrado um número de aberrações cromossômicas e trocas de cromátides irmãs aumentados nos indivíduos expostos à radiação ionizante.

Artigo 57:

Título: “Recent epidemiological studies on ionizing radiation and childhood cancer in Germany.”

Autores: Michaelis J.

Periódico: Int Journal of Rad Biology.

País e Ano da Publicação: Reino Unido, 1998.

Objetivo(s): Analisar a incidência de neoplasias malignas em crianças que moram em torno de instalações nucleares na Alemanha.

Metodologia: Foi realizado um estudo caso-controle, a partir de um estudo ecológico, em um período de 16 anos na Alemanha. O nº de pacientes foi de 2358 e o grupo-controle foi de 2588.

Conclusão: Os resultados não mostram que houve aumento da incidência de leucemia infantil e nem outras neoplasias malignas nas crianças que moram em torno de instalações nucleares na Alemanha.

ANEXO 2 - DISTRIBUIÇÃO DOS ARTIGOS ENCONTRADOS SEGUNDO PAÍS, ANO DA PUBLICAÇÃO, PERIÓDICO, DESENHO EPIDEMIOLÓGICO, POPULAÇÃO ALVO E RELAÇÃO COM A EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO IONIZANTE:

Iº Autor	Periódico	Qualis ¹	F. Impacto	País	Ano	Desenho	Pop. Alvo	Relação
01. Pulido	Rev Cienc de La Salud	N-B	-	Colômbia	2004	Transversal	Trabalhadores	Positiva
02. Valecillos	Invest Clinica	N-A	-	Venezuela	2004	Transversal	Trabalhadores	Positiva
03. Klucinski	Ann Agric Env Med	I-A	1,074	Polônia	2008	Caso-controle	Trabalhadores	Positiva
04. Fucic	Int Arch Occup Env H	I-A	1,476	Alemanha	2008	Caso-controle	Trabalhadores	Positiva
05. Lie	Eur J Cancer Prev	I-A	1,632	Reino Unido	2008	Coorte	Trabalhadores	Positiva
06. Da Cruz	Mut Res	I-A	4,353	Holanda	2008	Transversal	População	Positiva
07. Nefic´	Medicinski Arhiv	I-C	-	Bósnia	2008	Transversal	Trabalhadores	Positiva
08. Klucinski	Ann Agric Env Med	I-A	1,074	Polônia	2007	Caso-controle	Trabalhadores	Positiva
09. Richardson	Am J Epidemiol	I-A	5,285	EUA	2007	Coorte	Trabalhadores	Positiva
10. Worgul	Radiat Res	I-A	2,599	EUA	2007	Coorte	Trabalhadores	Positiva
11. Schubauer-Berigan	Radiat Res	I-A	2,599	EUA	2007	Caso-controle	Trabalhadores	Negativa
12. Güerci	Arch Environ Occup H	I-B	0,293	EUA	2006	Caso-controle	Trabalhadores	Positiva
13. Shahan	Arch Environ Occup H	I-B	0,293	EUA	2006	Caso-controle	Trabalhadores	Positiva
14. Scarpato	Mut Res	I-A	4,353	Holanda	2006	Transversal	Trabalhadores	Positiva
15. Sharp	Int J Cancer	I-A	4,555	EUA	2006	Transversal	População	Negativa
16. Ostroumova	J Radiol Prot	I-A	0,903	Reino Unido	2006	Caso-controle	População	Positiva
17. Richardson	Am J Ind Med	I-A	1,597	EUA	2006	Coorte	Trabalhadores	Positiva
18. Baleva	Radiats Biol Radioecol	I-C	-	Rússia	2005	Caso-controle	População	Positiva
19. Engin	Mut Res	I-A	4,353	Holanda	2005	Caso-controle	Trabalhadores	Positiva
20. Wing	Occup Environ Med	I-A	2,817	Reino Unido	2005	Coorte	Trabalhadores	Negativa
21. Yoshinaga	Int J Cancer	I-A	4,555	EUA	2005	Coorte	Trabalhadores	Positiva
22. Porovskii	Radiats Biol Radioecol	I-C	-	Rússia	2005	Transversal	Trabalhadores	Positiva
23. Rogel	Am J Ind Med	I-A	1,597	EUA	2005	Coorte	Trabalhadores	Negativa
24. Lin	Arch Envir Health	I-C	-	Taiwan	2004	Transversal	Trabalhadores	Negativa
25. Cherenko	World J Surg	I-A	1,778	EUA	2004	Coorte	População	Positiva
26. Joseph	Mut Res	I-A	4,353	Holanda	2004	Caso-controle	Trabalhadores	Positiva
27. Godekmerdan	Arch Med Res	I-A	1,772	EUA	2004	Caso-controle	Trabalhadores	Positiva
28. Serhatlioglu	Tani Girisim Radyol	I-C	-	Turquia	2004	Caso-controle	Trabalhadores	Positiva
29. Furlan	Langenbeck Arch Surg	I-A	1,533	Alemanha	2004	Caso-controle	População	Positiva
30. Wolf	Int J Radiat Biol	I-A	1,468	Reino Unido	2004	Caso-controle	Trabalhadores	Negativa
31. Loganovsky	J Neuropsych Clin N	I-A	2,053	EUA	2004	Transversal	População	Positiva

I° Autor	Periódico	Qualis ¹	F. Impacto	País	Ano	Desenho	Pop. Alvo	Relação
32. Serhatlioglu	Cell Biochem Funct	I-A	1,561	Reino Unido	2003	Caso-controle	Trabalhadores	Positiva
33. Abil'dinova	Russ J Genet+	I-B	0,265	Rússia	2003	Transversal	População	Positiva
34. Sibley	<u>Am</u> J Ind Med	I-A	1,597	EUA	2003	Caso-controle	Trabalhadores	Positiva
35. Violante	Int Arch Occup Env H	I-A	1,476	Alemanha	2003	Transversal	Trabalhadores	Positiva
36. Izumi	Int J Cancer	I-A	4,555	EUA	2003	Coorte	População	Positiva
37. Romanenko	Cancer Sci	I-A	3,165	Japão	2003	Transversal	População	Positiva
38. Freedman	Int J Cancer	I-A	4,555	EUA	2003	Coorte	Trabalhadores	Positiva
39. Mohan	Int J Cancer	I-A	4,555	EUA	2003	Coorte	Trabalhadores	Positiva
40. Maffei	Mutagenesis	I-A	2,382	Reino Unido	2002	Caso-controle	Trabalhadores	Positiva
41. Danylash	Lik Sprada	I-C	-	Ucrânia	2002	Transversal	População	Positiva
42. Lalic	Folia Biol Prague	I-B	0,596	Rep.Tcheca	2002	Caso-controle	Trabalhadores	Positiva
43. Erol	Int Heart J	I-A	0,929	Japão	2002	Caso-controle	Trabalhadores	Negativa
44. Turuspekova	<u>Zh Nevrol Psikiatr</u>	I-B	0,061	Rússia	2002	Transversal	Trabalhadores	Positiva
45. Szybinski	Wiad Lek	I-C	-	Polônia	2001	Caso-controle	População	Positiva
46. López-Abente	Environ Health Persp	I-A	5,636	EUA	2001	Coorte	População	Positiva
47. Doyle	Occup Environ Med	I-A	2,817	Reino Unido	2001	Transversal	Trabalhadores	Negativa
48. Loganovsky	J Neuropsych Clin N	I-A	2,053	EUA	2000	Caso-controle	População	Positiva
49. Doyle	Lancet	I-A	28,638	Reino Unido	2000	Coorte	População	Negativa
50. Wing	Ann Epidemiol	I-A	2,353	EUA	2000	Caso-controle	Trabalhadores	Positiva
51. Tawn	Radiat Res	I-A	2,599	EUA	2000	Transversal	Trabalhadores	Positiva
52. Ritz	<u>Am</u> J Ind Med	I-A	1,597	EUA	1999	Coorte	Trabalhadores	Positiva
53. Richardson	Environ Health Persp	I-A	5,636	EUA	1999	Coorte	Trabalhadores	Positiva
54. Balakrishnan	Mut Res	I-A	4,353	Holanda	1999	Caso-controle	Trabalhadores	Positiva
55. Ritz	<u>Am</u> J Ind Med	I-A	1,597	EUA	1999	Coorte	Trabalhadores	Positiva
56. Lazutka	Mut Res	I-A	4,353	Holanda	1999	Transversal	População	Positiva
57. Michaelis	Int J Radiat Biol	I-A	1,468	Reino Unido	1998	Coorte	População	Negativa

Qualis¹:

N – Nacional (A, B ou C)

I – Internacional (A, B ou C)

ANEXO 3 – PRINCIPAIS INDICADORES DO PROTOCOLO:

DESENHO	INDICADOR	FONTE
Grupo 1		
Diagnóstico de Saúde	<ul style="list-style-type: none"> • Perfil demográfico, sócio-cultural e econômico. • Perfil de morbimortalidade. • Estrutura do sistema de saúde local. 	<ul style="list-style-type: none"> • IBGE – Censo Demográfico. • DATASUS/MS - Banco de dados do Sistema Único de Saúde (Sistema de Informações de Mortalidade – SIM, Sistema de Informação de Agravos de Notificação – SINAN, Sistema de Informação Hospitalar Descentralizado – SIHD, Sistema de Informação da Atenção Básica). • DATASUS/MS – Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde.
Grupo 2		
Percepção de Risco	<ul style="list-style-type: none"> • Análise Psicométrica 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas individuais e/ou grupos.
Concentração Ambiental de Urânio	<ul style="list-style-type: none"> • Concentração do Urânio 	<ul style="list-style-type: none"> • Solo. • Água de beber. • Raízes comestíveis da dieta local. • Peixes pescados no local.
Grupo 3		
Ecológico ou Coorte	<ul style="list-style-type: none"> • Perfil da mortalidade local por câncer. 	<ul style="list-style-type: none"> • SIM local.
Caso-controle	<ul style="list-style-type: none"> • Comparação da mortalidade local por câncer com de uma região de controle. 	<ul style="list-style-type: none"> • SIM local e da região controle.
Transversal	<ul style="list-style-type: none"> • Investigação epidemiológica dos casos de câncer 	<ul style="list-style-type: none"> • SINAN local, loco-regional e estadual • SIAB local
Grupo 4		
Determinação do Micronúcleo	<ul style="list-style-type: none"> • % de testes positivos 	<ul style="list-style-type: none"> • Material colhido no sangue ou cavidade oral dos examinados.
Grupo 5		
Aberrações Cromossomiais	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de aberrações • % de testes positivos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Material colhido de sangue do grupo examinado.