AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESTUDO DOS AGENTES DE RISCO OCUPACIONAL E SEUS PROVÁVEIS AGRAVOS À SAÚDE HUMANA

ALICE DOS SANTOS ALVES

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Aplicações

Orientadora:
Profa. Dra. Janete Cristina Gonçalves Gaburo Carneiro

São Paulo
2015

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia associada à Universidade de São Paulo

ESTUDO DOS AGENTES DE RISCO OCUPACIONAL E SEUS PROVÁVEIS AGRAVOS À SAÚDE HUMANA

ALICE DOS SANTOS ALVES

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Aplicações

Orientadora:
Profa. Dra. Janete Cristina Gonçalves Gaburo Carneiro

Versão Corrigida
Versão Original disponível no IPEN

São Paulo
2015

Dedico à minha mãe e ao meu eterno avô (em memória), pelo amor incondicional a mim destinado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus por todas as oportunidades colocadas em meu caminho e por me dar a coragem necessária para seguir em frente, apesar dos momentos difíceis vividos.

À minha amada mãe, por ser o meu exemplo de superação e de vida. Agradeço por sempre apoiar minhas decisões e por toda atenção, compreensão, cuidado e dedicação exclusiva prestados a mim. Valerá a pena todos os nossos esforços, pois “não há mal que dure para sempre”.

A toda à minha família, especialmente à minha irmã, pelo apoio e até pelas brigas e discussões que sempre abriram meus olhos para a realidade.

À Dra. Janete Cristina, pela orientação, ensinamentos e por confiar na minha capacidade.

A toda a Gerência de Radioproteção (GRP) do IPEN-CNEN/SP, que me acolheram com muito carinho. Foram três anos maravilhosos vividos ao lado de todos.

Especialmente ao Dr. Eduardo Gerulis, pela intensa colaboração, atenção, paciência e pela disposição em sempre me ajudar nos momentos de dúvidas.

Ao Wagner Aparecido de Brito e Msc. Matias Puga, pela contribuição prestada e conhecimentos compartilhados.

Ao Centro de Radiofarmácia (CR), por permitir e auxiliar na execução desse trabalho.

À Msc. Camila Cazula, amiga e companheira de profissão. Foi seguindo os seus conselhos que eu cheguei até aqui. Obrigada pelas conversas, desabafos, auxílios e principalmente pelo companheirismo durante toda essa jornada.

À Msc. Jacqueline Sales Barreira, amizade adquirida durante o mestrado. Agradeço os momentos de felicidade e descontração e pela nossa inesquecível viagem a Recife – PE. Obrigada também pela companhia em eventos, palestras, nas disciplinas e no diário chá das 17h.

Às minhas queridas amigas, Auricelia Felipe, Silvana Joana, Andreia Felizardo, Isabella Limeira e Talita Santos, companheiras de muitos anos que sempre me animaram nos momentos de desânimo e acreditaram que eu era capaz vencer mais um obstáculo. Amigas de hoje e sempre. Companheiras para toda a vida.

Ao meu eterno e amado amigo, José Antônio Junior, por todos esses anos de amizade sincera e companheirismo. Suas palavras, pensamentos e sugestões sempre me levaram a repensar nas escolhas da vida. Sem sua amizade, apoio e compreensão talvez não tivesse chegado ao fim de mais uma etapa. Obrigada por permanecer ao meu lado todo esse tempo. O mundo precisa de pessoas especiais como você.

À querida Profa. Esp. Maria das Dores Domingos e ao ilustríssimo coordenador do meu curso da graduação (na época), Prof. Esp. Bergman Nelson Sanchez, pelos ensinamentos, conselhos e atenção. Agradeço de coração por incentivar e confiar na sua aluna.

Ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN/SP) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela contribuição e investimento nesse trabalho.

E ao Dr. Alberto Saburo e à Dra. Maria Inês Teixeira, pela participação na avaliação desse trabalho e presença na banca de defesa. Obrigada pelas sugestões e conselhos.

“A vida nem sempre segue a nossa vontade,
mas ela é perfeita naquilo que tem que ser”.
(Chico Xavier)

ESTUDO DOS AGENTES DE RISCO OCUPACIONAL E SEUS PROVÁVEIS AGRAVOS À SAÚDE HUMANA

Alice dos Santos Alves

RESUMO

O objetivo principal deste estudo foi identificar e avaliar os agentes de risco e seus prováveis agravos à saúde humana no ambiente de uma instalação radiativa do IPEN-CNEN/SP, o Centro de Radiofarmácia, CR. O processo de trabalho dos servidores do CR inclui singularidades não existentes no processo de outras categorias profissionais. Pode-se citar como exemplos relevantes: exposição aos riscos físicos (radiações ionizantes), químicos (substâncias químicas envolvidas nos processos), biológicos (objetos contaminados), ergonômicos (situações causadoras de estresse) e de acidentes (incêndios e explosões). Trata-se de um estudo de caráter exploratório e descritivo com abordagem quanti-qualitativa. A amostra foi constituída por 102 trabalhadores da instalação distribuídos em seis grupos de trabalho. A coleta de dados transcorreu no período de abril de 2013 a julho de 2014, realizada por meio da aplicação de um questionário, entrevistas e observações. O processo de avaliação envolveu três etapas: 1) caracterização básica e avaliação da exposição ocupacional; 2) avaliação quanti-qualitativa do risco; 3) análise e interpretação dos dados. A organização, avaliação, interpretação e julgamento dos dados e resultados obtidos foram realizados de acordo com a estratégia de avaliação da exposição ocupacional proposta pela *American Industrial Hygiene Association* (AIHA). A análise estatística incluiu teste paramétrico ANOVA, testes não paramétricos, entre outros. Em relação à exposição dos agentes de risco relacionados aos processos considerou-se que os oito grupos homogêneos de exposição recebem as exposições a uma gama específica de agentes. No ambiente laboral do CR foram identificados dezessete agentes de risco. O principal agente de risco físico observado na instalação foi as radiações ionizantes. Na análise final, não foi registrado agravos à saúde dos trabalhadores decorrentes dos agentes de risco identificados e relacionados aos processos realizados. A Equipe de Radioproteção do CR e a equipe de segurança física do IPEN atuam em concordância com os procedimentos operacionais estabelecidos e com as normas nacionais e quando necessário introduzem novos mecanismos para a mitigação do risco ocupacional visando o bem estar do trabalhador.

STUDY OF THE OCCUPATIONAL RISK AGENTS AND THEIR POSSIBLE HARM FOR HUMAN HEALTH

Alice dos Santos Alves

ABSTRACT

The aim of this study was to identify and to assess the risk agents and their possible harm to human health at the workplace of a radioactive facility of IPEN-CNEN/SP, the Radiopharmacy Center, CR. The work process of the CR includes peculiarities not present in the process of other professional categories. Relevant examples may be cited as: exposure to physical risks (ionizing radiation), chemical risks (reagents involved in the process), biological risks (contaminated objects), ergonomic risks (situations causing stress) and accident risks (fires and explosions). The study has exploratory and of descriptive nature with quantitative and qualitative approaches. The sample consisted of 102 workers distributed in six working groups. The data collection occurred from April 2013 to July 2014 that was carried out by applying a questionnaire, interviews and observations. The evaluation process involved three steps: 1) basic characterization and occupational exposure assessment; 2) quantitative and qualitative assessment of the risks; 3) analysis and interpretation of the data. The organization, evaluation, interpretation and judgment of the obtained data and results were performed in accordance with the evaluation strategy to occupational exposure proposed by the American Industrial Hygiene Association (AIHA). The statistical analysis included parametric ANOVA, non-parametric tests, among other. Regarding exposure to risk agents related to the process, it was considered that the eight homogeneous exposure groups receive the exposure to a specific range of agents. Seventeen risk agents were identified at the workplaces of the CR facility. The main physical risk agent observed among them was the ionizing radiation. In the final data analysis, no adverse health effects were registered to workers arising from risk agents identified and related to the performed process. The radiation protection staff of the CR facility and the physical security staff of IPEN act in accordance with the established operating procedures and national standards, and when necessary new mechanisms for mitigation of occupational risk are introduced aiming the well-being of the workers.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Histórico e estado da arte	14
1.2 Exposição ao tema	16
1.3 Objetivos	18
1.4 Justificativa do estudo	18
2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	20
2.1 Risco ocupacional e sua classificação	20
2.1.1 Riscos ambientais	20
2.1.2 Riscos operacionais	21
2.2 Risco ocupacional e seus prováveis agravos à saúde humana	21
2.2.1 Exposição aos agentes de risco físico	21
2.2.2 Exposição aos agentes de risco químico	22
2.2.3 Exposição aos agentes de risco biológico	23
2.2.4 Exposição aos agentes de risco ergonômico	23
2.2.5 Exposição aos agentes de risco de acidente	24
2.3 Exposição aos riscos ocupacionais no local de trabalho	24
2.4 Estratégia de avaliação da exposição aos riscos ocupacionais	25
2.4.1 Caracterização básica	28
2.4.1.1 Grupos homogêneos de exposição (GHEs)	28
2.4.2 Avaliação da exposição aos riscos ocupacionais	29
2.4.2.1 Avaliação qualitativa do risco	30
2.4.2.2 Avaliação quantitativa do risco	30
2.4.3 Limites de exposição ocupacional (LEOs)	30
2.5 Interpretação e tomada de decisões	31
2.6 Recomendações e relatório	31
2.7 Metodologia estatística	32
2.7.1 Medidas de tendência central	33
2.7.2 Medidas de dispersão	33
2.7.3 Intervalo de confiança para média (IC)	34
2.7.4 Testes de hipóteses estatísticas	35
2.7.4.1 Teste de Igualdade de Duas Proporções	36

2.7.4.2 Teste de Qui-Quadrado e Correção de Yates 36
2.7.4.3 Teste de ANOVA - teste paramétrico 37
2.7.5 P-valor e diferenças estatisticamente significativas e não significativas 37
3 METODOLOGIA 38
3.1 Tipo e local de estudo 38
3.2 População e amostra 39
3.3 Critérios de inclusão e exclusão para amostragem 39
3.4 Coleta de dados 39
3.5 Instrumento para a coleta de dados – questionário 40
3.6 Análise estatística dos dados 41
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 42
4.1 Avaliação da exposição ocupacional - caracterização básica 42
4.2 Caracterização dos processos de trabalho 42
4.2.1 Descrição dos trabalhadores - análise das variáveis sociodemográficas 43
4.3 Caracterização do ambiente e grupos de trabalho, GT 46
4.3.1 Descrição física das instalações do CR - local de estudo 46
4.4 Descrição dos grupos de trabalho, GT 49
4.4.1 Produção de radioisótopos e radiofármacos 49
4.4.2 Controle de qualidade 50
4.4.3 Garantia da qualidade 51
4.4.4 P&D e Inovação 51
4.4.5 Infraestrutura e Apoio 52
4.4.6 Equipe de Radioproteção, ERP 52
4.5 Disposição dos grupos de trabalho, GT 53
4.6 Identificação dos riscos ocupacionais 54
4.6.1 Caracterização dos agentes de risco 55
4.7 Grupos homogêneos de exposição (GHEs) 57
4.8 Avaliação qualitativa dos riscos ocupacionais 59
4.8.1 Locais com maior probabilidade de exposição ocupacional 60
4.9 Equipamentos de proteção do trabalhador (EPI e EPC) 63
4.10 Avaliação quantitativa dos riscos ocupacionais 63
4.10.1 Medidas de controle e monitoramento 63
4.10.2 Limites de exposição ocupacional (LEOs) 64

4.10.3 Agente de risco físico - radiação ionizante 65
4.11 Análise estatística - avaliação quanti-qualitativa dos riscos ocupacionais 69
4.11.1 Distribuição da frequência relativa dos agentes e fatores de risco 71
4.11.2 Análise estatística do grau de associação entre os Grupos de Risco com as demais variáveis qualitativas 78
4.11.3 Análise estatística descritiva das variáveis sociodemográficas relacionadas com o risco ocupacional 82
4.12 Interpretação e tomada de decisões 84
4.13 Avaliação dos agentes de risco segundo a publicação AIHA 85
4.14 Recomendações 87
5 CONCLUSÕES 88
APÊNDICE A – Questionário para avaliação da exposição aos riscos ocupacionais 89
APÊNDICE B – Estudo da distribuição da frequência relativa dos agentes e fatores de risco (gráficos) 93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 100

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 2.1 – Agentes de risco físico e prováveis agravos à saúde	22
TABELA 2.2 – Hipótese nula “H_0” e alternativa “H_1” para aplicação dos testes estatísticos	35
TABELA 4.3 – Análise descritiva completa para a idade	45
TABELA 4.4 – Identificação dos agentes de risco ocupacional por GT e processos	56
TABELA 4.5 – Descrição sucinta dos perfis de exposição de cada processo de trabalho	58
TABELA 4.6 – Identificação dos locais com maior probabilidade de exposição às radiações ionizantes	61
TABELA 4.7 – Limites de dose anuais	65
TABELA 4.8 – Análise descritiva completa para a dose efetiva	66
TABELA 4.9 – Distribuição da frequência relativa da variável risco ocupacional entre os Grupos de Risco	70
TABELA 4.10 – Distribuição da frequência da variável radionuclídeos manipulados	72
TABELA 4.11 – Distribuição da frequência da variável tipo de emissão dos radionuclídeos	73
TABELA 4.12 – Distribuição da frequência da variável forma física dos radionuclídeos	73
TABELA 4.13 – Distribuição da frequência da variável substâncias químicas manuseadas	74
TABELA 4.14 – Distribuição da frequência da variável temperaturas extremas no ambiente de trabalho	74
TABELA 4.15 – Distribuição da frequência da variável presença de ruído no ambiente de trabalho	75
TABELA 4.16 – Distribuição da frequência da variável presença e / ou possibilidade de contato com as radiações	75
TABELA 4.17 – Distribuição da frequência da variável manuseio e armazenamento de produtos químicos perigos	75
TABELA 4.18 – Distribuição da frequência da variável contaminantes químicos dispersos no ar	76

TABELA 4.19 – Distribuição da frequência da variável manuseio de material biológico 76
TABELA 4.20 – Distribuição da frequência da variável contaminantes biológicos dispersos no ar 76
TABELA 4.21 – Distribuição da frequência da variável probabilidade de incêndios e explosões 77
TABELA 4.22 – Distribuição da frequência da variável iluminação inadequada no ambiente de trabalho 77
TABELA 4.23 – Distribuição da frequência da variável presença de carga física 77
TABELA 4.24 – Distribuição da frequência da variável presença de carga mental 78
TABELA 4.25 – Distribuição da frequência da variável situações causadoras de estresse 78
TABELA 4.26 – Grau de associação entre os Grupos de Risco e as demais variáveis relacionadas aos materiais utilizados nas atividades 80
TABELA 4.27 – Grau de associação entre os Grupos de Risco e as demais variáveis relacionadas às condições ambientais do local de trabalho 81
TABELA 4.28 – Comparação entre idade e os Grupos de Risco 83
TABELA 4.29 – Associação das variáveis gênero e nível educacional com os Grupos de Risco 84
TABELA 4.30 – Agentes de risco identificados e critérios de aceitação 85

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 2.1 – Fatores de exposição no local de trabalho	25
FIGURA 2.2 – Estratégia de avaliação da exposição ocupacional	26
FIGURA 2.3 – Esquema básico para estratégia de avaliação da exposição proposto pela publicação AIHA	27
FIGURA 2.4 – Grupos homogêneos de exposição (GHEs)	29
FIGURA 3.5 – Organograma do CR	38
FIGURA 4.6 – Distribuição dos trabalhadores do CR de acordo com os processos de trabalho	43
FIGURA 4.7 – Distribuição dos trabalhadores de acordo com o gênero	43
FIGURA 4.8 – Distribuição da amostra conforme o nível educacional	44
FIGURA 4.9 – Distribuição dos trabalhadores segundo a faixa etária	44
FIGURA 4.10 – Intervalo de confiança para a média da variável idade	46
FIGURA 4.11 – Planta do CR e estrutura física das instalações	48
FIGURA 4.12 – Disposição dos grupos de trabalho, conforme a estrutura física do CR	54
FIGURA 4.13 – Distribuição dos riscos ocupacionais presentes no ambiente de trabalho do CR	55
FIGURA 4.14 – Identificação dos agentes de risco, segundo os processos de trabalho	57
FIGURA 4.15 – Distribuição dos riscos ocupacionais entre os GHEs	59
FIGURA 4.16 – Locais do CR com maior probabilidade de exposição externa e interna às radiações ionizantes	62
FIGURA 4.17 – Intervalo de confiança para dose efetiva média referente aos anos de 2013 e 2014	67
FIGURA 4.18 – Distribuição das doses efetivas dos trabalhadores de cada GHEs, por intervalo de dose, no ano de 2013	68
FIGURA 4.19 – Distribuição das doses efetivas dos trabalhadores de cada GHEs, por intervalo de dose, no ano de 2014	69
FIGURA 4.20 - Distribuição da frequência relativa da variável risco ocupacional entre os Grupos de Risco	70
FIGURA 4.21 – Intervalo de confiança para a média das idades entre os Grupos de Risco	83

1 INTRODUÇÃO

1.1 Histórico e estado da arte

Historicamente, a segurança e saúde no trabalho são temas que preocupam a humanidade. Observa-se por intermédio de relatos na literatura, que assuntos relacionados à saúde e segurança no trabalho são tratados há algum tempo [1].

Em meados do século XIX verificou-se uma maior consciência sobre os efeitos das más condições de trabalho. Consciência adquirida durante os fenômenos revolucionários ocorridos ao longo da Revolução Industrial, na Inglaterra, nas quais se trabalhavam em condições subumanas, ou seja, ambientes sem higiene, insalubres e perigosos.

À preocupação relativa à exposição aos riscos presentes no ambiente laboral e a prevenção de acidentes de trabalho, permitiram o surgimento das primeiras leis no âmbito da segurança social e desencadearam o início das avaliações de riscos nos locais de trabalho, principalmente nos países desenvolvidos [2].

Há uma extensa discussão referente ao conceito de risco em vários contextos científicos, porém ainda não existe uma definição comumente aceita. As definições variam de acordo com a disciplina científica e os riscos a serem considerados [3].

No sentido geral, o risco pode ser definido como a ação que coloque em perigo ou ameace algo que tem valor [4].

Já em contextos técnicos, por exemplo, as normas britânicas: Guide of Occupational Health and Safety Management Systems (OHSAS 18001) de 2007 e British Standard (BS 8800) de 1996, o risco é muitas vezes definido como uma combinação da probabilidade da ocorrência de um evento indesejado e suas consequências [5, 6].

Prontamente, conclui-se que o risco é a probabilidade de que uma substância ou um agente irá causar efeitos adversos à saúde resultante de uma exposição. O risco somente existirá se ocorrer uma exposição e se esta criar a possibilidade de consequências adversas [7].

O risco caracteriza-se pela presença de determinados agentes no ambiente laboral. Logo, agentes são fatores que perturbam o ser diretamente em suas funções vitais produzindo a doença [8].

Os agentes tornam-se necessários para provocar danos à saúde, assim, serão considerados os principais fatores de riscos. Os fatores de risco referem-se aos eventos, acontecimentos ou situações com potencial para provocar danos ao organismo (lesão, doença), ou seja, são os componentes que podem levar à doença ou contribuir para o risco de adoecimento [8, 9].

No Brasil, de modo a solucionar as consequências provenientes do avanço da industrialização, que resultou no aumento significativo do número de agravos à saúde dos trabalhadores (doenças ocupacionais e acidentes), criou-se uma série de normas relacionadas à segurança no trabalho [10].

Assim, as inúmeras recomendações sugeridas pela Organização Internacional do Trabalho (OIT), foram ratificadas pelas Portarias do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) e denominadas como Normas Regulamentadoras (NR) [11].

As NRs relativas à segurança e medicina do trabalho, foram aprovadas pela Portaria N.º 3.214 de 08 de Junho de 1978, conforme disposto no artigo 200, do Capítulo V, Título II da Lei N.º 6.514 de 22 de dezembro de 1977 e têm como objetivo principal determinar regras que visam à segurança e saúde do trabalhador, por meio da eliminação ou controle dos riscos ocupacionais. Desse modo, o direito à segurança e saúde no trabalho no Brasil é garantido pela Constituição Federal e assegurado pelas NRs [11 - 14].

Segundo a publicação United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), os trabalhadores são expostos a inúmeros agentes que interagem com moléculas, células e tecidos, proporcionando desvios reversíveis do equilíbrio homeostático ou danos irreversíveis [15].

Para MENDES (2007) há uma diversificação muito grande referente aos agentes envolvidos em exposições no ambiente de trabalho, porém quase todos são capazes de produzir efeitos adversos à saúde sob algumas condições de exposição. Por exemplo, alguns agentes podem ter efeitos sistêmicos reversíveis, alguns podem ser irritantes e outros podem ser carcinogênicos [16].

A ausência de um agente conhecido, no complexo causal de um agravo à saúde, dificulta, enormemente, as pesquisas sobre o assunto.

Lamentavelmente poucas pesquisas são encontradas na literatura sobre exposição a riscos ocupacionais decorrente de baixas doses.

A intensidade da exposição das pessoas a agentes de risco, para produzir um dano na saúde, pode variar, desde um único contato em caso de acidente, como por exemplo, o acidente de Goiânia com o Césio-137, a reiteradas doses, como pode ocorrer em trabalhadores de certas indústrias químicas, radiativas ou nucleares ou ainda no hábito de fumar e de beber.

A maioria das informações encontradas na literatura são baseadas em derivações de extrapolações de estudos em animais (agudos e / ou crônicos), frequentemente realizados em níveis de concentração muito mais elevados do que a exposição humana.

Um exemplo de sobreexposição à radiação e os efeitos biológicos encontrados no homem, advém dos estudos sobre acidentes nucleares / radioativos ou dos sobreviventes das bombas de Hiroshima e Nagasaki, no Japão [17].

Assim mesmo, quando disponíveis, os estudos epidemiológicos frequentemente não apresentam força e a especificidade exigida para fornecer informações úteis à exposição.

1.2 Exposição ao tema

O ambiente laboral é considerado, de forma simples, como o meio onde as pessoas exercem suas atividades. Como tal, engloba em si o ambiente físico, as características do trabalho e os aspectos organizacionais. No entanto, nem todos estes aspectos são igualmente importantes ou mesmo relevantes quando se considera o bem estar do trabalhador.

Qualquer pessoa está exposta a mais distinta condição que pode ocasionar eventos ou danos indesejados, seja no ambiente laboral, ou fora dele e que poderá afetar sua qualidade de vida [9].

Para JAKOBI (2008) os trabalhadores estão expostos, cotidianamente, aos mais diversos riscos ocupacionais, que já são suficientemente reconhecíveis, assim como seus agravos à saúde [10].

Os riscos ocupacionais presentes nos locais de trabalho podem comprometer consideravelmente a segurança e a saúde dos trabalhadores. Assim em seu ambiente laboral, os trabalhadores poderão estar expostos aos agentes ambientais (físicos, químicos e biológicos), aos riscos de acidentes e às condições ergonômicas inadequadas durante a execução das atividades que envolvem diretamente esses agentes ou pelo contato acidental por contaminação não relacionada diretamente com as atividades executadas [16].

Este estudo insere-se na linha de pesquisa do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN/SP) e como exemplos relevantes para este estudo citam-se: exposições aos riscos físicos (radiações ionizantes), químicos (substâncias químicas envolvidas nos processos), biológicos (objetos contaminados), ergonômicos (situações causadoras de estresse) e de acidentes (incêndios e explosões) [18 - 20].

A fim de mitigar a ocorrência desses riscos é necessário efetuar uma avaliação da exposição, com o propósito de estimar a magnitude, frequência, duração e vias de exposição.

Logo, a avaliação da exposição aos riscos ocupacionais é um método utilizado para identificar, caracterizar e avaliar qualitativa e quantitativamente as exposições dos trabalhadores aos agentes de risco, possuindo como base de sustentação, os conceitos de segurança, saúde e higiene do trabalho [21 - 23].

O enfoque do presente estudo "**agentes de risco ocupacional e seus prováveis agravos à saúde humana**" tem conotação somente informativa, ou seja, não há pretensão de associar a exposição com um determinado agente de risco e o surgimento subsequente da doença (sua causalidade aos agravos à saúde).

1.3 Objetivos

O **objetivo principal** desse estudo foi identificar e avaliar os agentes de risco e seus prováveis agravos à saúde humana, presentes no ambiente laboral de uma instalação radiativa do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN/SP), o Centro de Radiofarmácia (CR).

Os **objetivos específicos** são:

- Realizar a caracterização básica da instalação por meio do amplo conhecimento do local de trabalho, das atividades envolvidas e executadas, da forma como é organizado e da população que ali desenvolve seus processos;
- Realizar uma pesquisa exploratória envolvendo análise quanti-qualitativa dos agentes de risco ocupacional;
- Contribuir com valiosos subsídios para auxiliar nas decisões referentes ao planejamento de medidas de proteção e segurança em nível local, se necessários;
- Auxiliar o sistema de vigilância à saúde da Instituição IPEN, por meio da identificação de ações saneadoras ou em caráter preditivo indicando as características dos grupos de trabalho que podem beneficiar-se de alguma forma de proteção, visando diminuir os riscos ocupacionais e as suas consequências.

1.4 Justificativa do estudo

A eliminação ou a redução da exposição aos riscos ocupacionais e a melhoria do ambiente laboral para promoção e proteção da saúde do trabalhador constituem um desafio que ultrapassa o âmbito de atuação dos serviços de saúde, exigindo soluções técnicas, às vezes complexas [24].

Neste contexto, este estudo possibilitará obter um panorama dos prováveis agentes de risco presentes e sua probabilidade de ocorrência no ambiente, em função da atividade exercida pelo trabalhador. Assim, na possibilidade de exposição aos riscos ocupacionais, verificar se é passível de mudança, isto é, se pode ser alterado por intervenção, visando reduzir ou prevenir a probabilidade de ocorrência de um dano à saúde.

Embora os trabalhadores possam estar expostos a diferentes agentes de risco (físico, químico, biológico, ergonômico e de acidente) em seu ambiente laboral, será abordado com ênfase o risco às radiações ionizantes, por se tratar de uma instalação radiativa, o CR.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Risco ocupacional e sua classificação

O risco ocupacional é a probabilidade da ocorrência de incidentes prejudiciais relacionados ao trabalho realizado, resultando em perdas, especialmente o aparecimento de efeitos adversos à saúde dos trabalhadores [4].

Segundo a Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais (ABHO) consideram-se riscos ocupacionais aqueles provenientes do ambiente e das práticas laborais. No entanto, separa estes riscos em dois grupos distintos: os riscos ambientais e os riscos operacionais [14].

2.1.1 Riscos ambientais

A Norma Regulamentadora Nº 9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais conceitua riscos ambientais como os agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador [18].

Ainda com base na norma citada, consideram-se **agentes físicos** as diversas formas de energia a que possam estar expostos os trabalhadores, tais como: ruído, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes, radiações não ionizantes, bem como o infrassom e o ultrassom.

Já os **agentes químicos** são classificados como as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória nas formas de poeira, fumos, névoas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão.

E por fim, consideram-se **agentes biológicos**, as bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários, vírus, entre outros [18].

2.1.2 Riscos operacionais

Além dos riscos ambientais, existem os riscos de acidente e as condições ergonômicas que, por serem estáticos ou devido à inadequação do ambiente ao homem, não possuem a capacidade de se propagarem no ambiente, consequentemente, não podem ser definidos como riscos ambientais. Neste caso, recebem a denominação de riscos operacionais. Esses riscos impactam diretamente na integridade física e na saúde dos trabalhadores [11, 14].

Consideram-se como **riscos de acidentes**, aqueles decorrentes da presença de algum material com possibilidades de ocasionar danos, podendo levar a acidentes de trabalho, como: arranjo físico deficiente, máquinas e equipamentos sem proteção, ferramentas inadequadas ou defeituosas, eletricidade, incêndio ou explosão, animais peçonhentos e armazenamento inadequado [14].

O MTE reconhece os riscos oriundos de possíveis acidentes decorrentes do trabalho, por meio da NR 5 - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) [25].

Os **riscos ergonômicos**, por sua vez, decorrem da organização e gestão do trabalho, considerando-se como as condições contrárias às técnicas de ergonomia, ou seja, são parâmetros que interferem na adaptação das condições de trabalho, nas características psicofisiológicas dos trabalhadores, causando um desconforto, insegurança e desempenho ineficiente [19].

São considerados riscos ergonômicos: esforço físico, levantamento de peso, postura inadequada, controle rígido de produtividade, situação de estresse, trabalhos em período noturno, jornada de trabalho prolongada, monotonia e repetitividade, falhas no treinamento e supervisão dos trabalhadores, entre outros [20, 25].

2.2 Risco ocupacional e seus prováveis agravos à saúde humana

2.2.1 Exposição aos agentes de risco físico

A TAB. 2.1 apresenta os agentes de risco físico e seus prováveis agravos à saúde dos trabalhadores [26].

TABELA 2.1 – Agentes de risco físico e prováveis agravos à saúde

Agentes de risco físico	Consequências
Ruídos	Cansaço, irritação, dores de cabeça, diminuição da audição, aumento da pressão arterial, problemas do aparelho digestivo, taquicardia e perigo de infarto
Vibrações	Cansaço, irritação, dores dos membros e na coluna, doença do movimento, artrite, problemas digestivos, lesões ósseas, lesões dos tecidos moles e lesões circulatórias
Calor ou frio extremo	Taquicardia, aumento da pulsação, cansaço, irritação, choques térmicos, fadiga térmica, perturbações das funções digestivas e hipertensão
Radiações ionizantes	**Alterações celulares, câncer, fadiga e prostração, problemas visuais e acidentes de trabalho**
Radiações não ionizantes	Queimaduras, lesões nos olhos, na pele e em outros órgãos
Umidade	Doenças do aparelho respiratório, da pele e circulatórias; e traumatismos por queda
Frio	Fenômenos vasculares periféricos, doenças do aparelho respiratório, queimaduras pelo frio
Pressões anormais	Hiperbarismos - Intoxicação por gases Hipobarismo - Mal das montanhas

Fonte – SANTOS, 2008.

Os efeitos deletérios à saúde provocados pela radiação ionizante dependem, sobretudo, da quantidade e da qualidade da radiação incidente e da natureza do material com a qual está interagindo [27].

Com exceção das radiações ionizantes, os riscos de natureza física são geralmente fáceis de reconhecer, pois atuam diretamente sobre os sentidos [24].

2.2.2 Exposição aos agentes de risco químico

Dependendo das características de cada substância química, quantidade / concentração e das vias de exposição, os prováveis efeitos na saúde dos trabalhadores serão: irritação das mucosas (cavidade nasal, laringe e faringe) e do sistema respiratório superior; dor de cabeça, confusão, alucinações, síncope, vertigem/tonturas, cansaço (fraqueza, cansaço) e sonolência; tosse e pneumonite; perturbação visual e lesão do nervo óptico (cegueira); neuropatia periférica (extremidades dormentes); doença renal e distúrbios cardíacos (taquipnéia, cianose, angina e hipertensão). Irritação dos olhos e

pele, vermelhidão, coceira, dermatite, rachaduras e queimaduras na pele. Irritação de garganta, náuseas e vômitos, tosse, engasgo, dor abdominal, cólica, perda temporária de cabelo, palidez facial, lesão e aumento do fígado (potencial cancerígeno) [28].

2.2.3 Exposição aos agentes de risco biológico

O manuseio dos animais de biotério confere aos profissionais alguns riscos, como de contaminações zoonóticas (zoonose), de infecções (causadas pelo contato direto com excretas, saliva, sangue ou tecidos coletados em necropsias ou autópsias de espécies contaminadas), resposta alérgica (corrimento nasal e ocular, lacrimejamento, espirros, prurido, exantemas, tosse, dificuldade respiratória e asma) promovida de forma indireta pela inalação de aerossóis contaminados ou de poeiras originadas das maravalhas das gaiolas. Além de traumas gerados por arranhões ou mordidas [29].

2.2.4 Exposição aos agentes de risco ergonômico

O risco ergonômico aumenta quando o trabalhador é obrigado a realizar suas atividades em situações como: trabalhar em postura inadequada, realizar movimentos repetitivos, ser submetido a situações causadoras de estresse e / ou cumprir jornadas prolongas de trabalho. Essas situações contribuem para o surgimento dos Distúrbios Osteomusculares Relacionados com o Trabalho (DORT) [30].

Em síntese, a abreviatura DORT é considerada como o conjunto de doenças que acometem os nervos, músculos e tendões, tem características degenerativas e cumulativas e é sempre precedida de dor ou incômodo. Exemplos desses distúrbios são: alterações musculares esqueléticas da região cervical, coluna, ombros, braços, cotovelos, antebraços, punhos, dedos e membros inferiores. Embora as regiões cervicais, lombares e os membros superiores sejam frequentemente mais atingidos [31].

O estresse excessivo no ambiente de trabalho pode causar redução da produtividade no trabalho, bem como acidentes e agir como um fator primordial para vários problemas de saúde, incluindo: cardiovasculares, mentais e doenças musculoesqueléticas. Além disso, frequentemente associa-se ao estresse: a fadiga, dores nas costas, indigestão, mialgia, fibromialgia, dor de cabeça e distúrbios digestivos (síndrome do intestino irritável) [32].

2.2.5 Exposição aos agentes de risco de acidente

A probabilidade de incêndios e explosões faz parte do dia a dia de todos os trabalhadores independente da atividade desenvolvida, encontrando-se presente em praticamente todos os contextos de trabalho e como tal, representam um fator de risco relevante em termos de segurança para o trabalhador.

Além disso, quando esta classe de risco ocorre, embora não seja muito frequente, provoca nos trabalhadores um grande sentimento de insegurança, quer pela dimensão, quer pelo tipo de danos desencadeados.

As principais lesões envolvidas nesse contexto são: queimaduras, asfixiamento, esmagamento por quedas de objetos (provocada predominantemente por explosões), cortes, etc. [33].

2.3 Exposição aos riscos ocupacionais no local de trabalho

De modo a proporcionar um ambiente seguro e saudável durante toda a vida laborativa dos trabalhadores, os higienistas industriais, se empenham em reconhecer, avaliar e controlar riscos presentes, em potencial, nos locais de trabalho [16].

Atualmente, os locais de trabalho tornam-se cada vez mais complexos, criando novos desafios para esses profissionais. A avaliação dessas situações complexas requer uma estratégia de avaliação da exposição no local de trabalho bem fundamentada e lógica, de modo a focalizar os recursos de higiene ocupacional, medicina do trabalho e engenharia de segurança naquelas situações com o maior potencial de efeitos adversos à saúde.

Uma estratégia de avaliação da exposição consiste na avaliação de trabalhadores expostos aos agentes de risco presentes no ambiente laboral [16].

A finalidade do desenvolvimento de uma sólida estratégia de avaliação da exposição exige o cumprimento, pelo menos, das seguintes metas:

- Avaliar, diferenciar as exposições em aceitáveis (toleráveis) e inaceitáveis (não toleráveis) e controlar aquelas determinadas como toleráveis, isto é, avaliar os riscos em potencial à saúde dos trabalhadores;
- Estabelecer e documentar um registro histórico de níveis de exposição para todos os trabalhadores e;
- Assegurar e demonstrar o cumprimento de dispositivos legais.

A interação entre os agentes ocupacionais, o trabalhador e a atividade executada, são fatores que tornam a avaliação da exposição cada vez mais complexa. A FIG. 2.1 ilustra a interação entre os fatores citados.

FIGURA 2.1 – Fatores de exposição no local de trabalho, segundo Mendes [16]

2.4 Estratégia de avaliação da exposição aos riscos ocupacionais

Avaliar a exposição de um grupo de indivíduos a um determinado agente ocupacional difere-se muito de medidas de intensidade ou concentração. Avaliar diz respeito a conhecer o perfil de exposição, estabelecer um critério de amostragem e utilizar ferramentas estatísticas a fim de permitir conclusões referentes ao ambiente laboral avaliado [34].

Não há nenhuma orientação oficial sobre a metodologia mais adequada para a realização da avaliação da exposição. Torna-se importante ressaltar que todas as avaliações são subjetivas, refletindo as opiniões e decisões do avaliador [5].

A estratégia de avaliação da exposição ocupacional proposta pela publicação American Industrial Hygiene Association (AIHA), apresenta uma consolidação do enfoque que higienistas industriais experientes utilizam em suas estratégias de avaliação adotadas [16, 35].

A FIG. 2.2 apresenta uma visão geral da estratégia de avaliação da exposição ocupacional sugerida pela publicação AIHA e adaptada por Hawkins, Norwood & Rock em 1991.

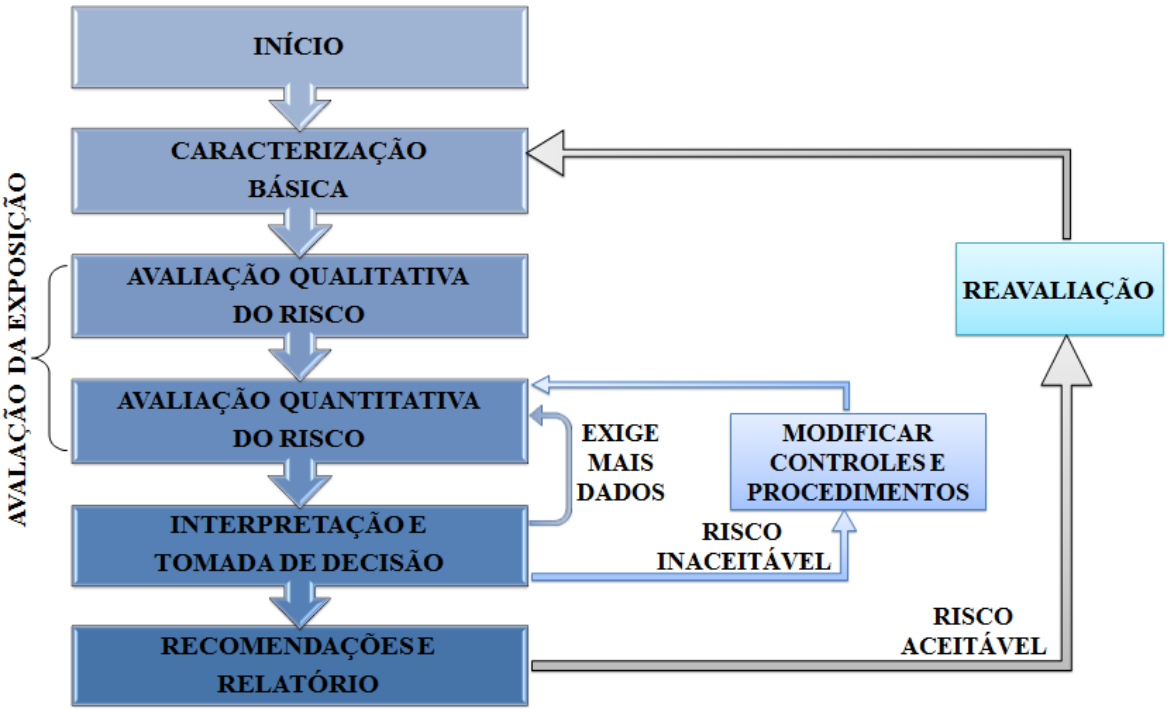


FIGURA 2.2 – Estratégia de avaliação da exposição ocupacional [16]

É importante salientar, que a FIG. 2.2 apresenta uma estratégia que reflete um ciclo iterativo de melhoria contínua, envolvendo a combinação de informações qualitativas e quantitativas [36].

A publicação AIHA propõe uma estratégia que constitui o paradigma dominante em higiene ocupacional de estratégias para avaliação das exposições aos agentes ocupacionais, principalmente para fins de verificação da conformidade com padrões técnicos ou legais [37].

De modo a detalhar e exemplificar as etapas apresentadas na FIG. 2.2, um esquema básico de informações necessárias para o desenvolvimento da estratégia proposta é ilustrado na FIG. 2.3.

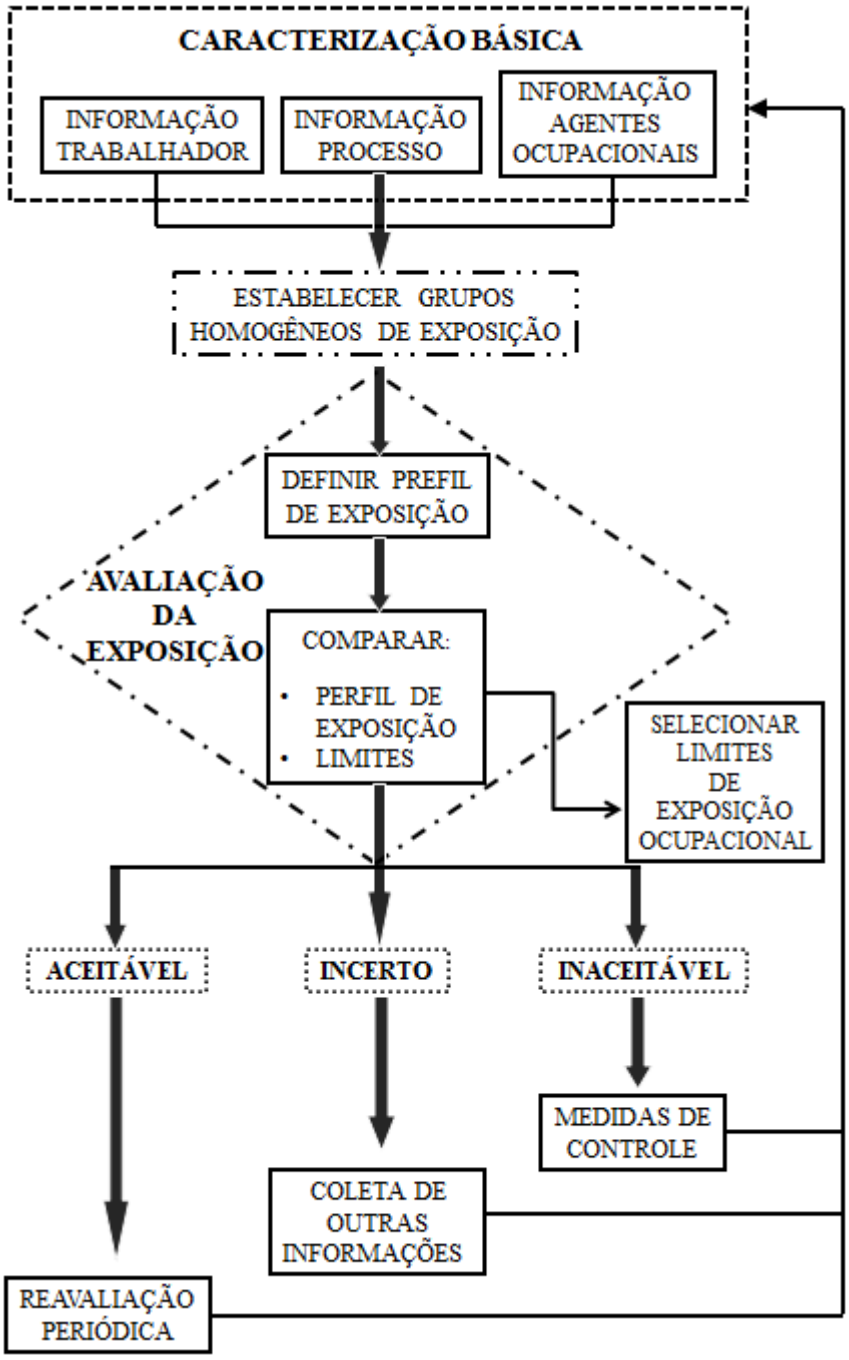


FIGURA 2.3 – Esquema básico para estratégia de avaliação da exposição proposto pela publicação AIHA [35]

A prioridade estabelecida por esta metodologia representa na prática uma avaliação do risco ocupacional, na qual está pressuposto que no ambiente de trabalho já exista algum tipo de controle ativo. A finalidade básica da avaliação da exposição é verificar se esse controle é eficaz, comparando-se os valores obtidos com os limites de exposição estabelecidos pelas normas nacionais vigentes [38 - 39].

2.4.1 Caracterização básica

O conceito de caracterização básica representa um processo inicial de conhecimentos, em higiene ocupacional, que permitirá a coleta e estruturação de informações subjetivas (qualitativas), referentes aos trabalhadores e seu ambiente de trabalho [34, 36].

Os conhecimentos mencionados referem-se as três vertentes mais questionadas:

- Os trabalhadores expostos;
- As atividades executadas (incluindo o ambiente e processos de trabalho) e;
- Os agentes ocupacionais.

A partir dessa caracterização busca-se definir grupos homogêneos de exposição (GHEs).

2.4.1.1 Grupos homogêneos de exposição (GHEs)

A partir da avaliação das informações subjetivas coletadas por meio da caracterização básica, cada trabalhador deverá compor um grupo de exposição homogênea apropriado [16].

Os GHEs estão relacionados a grupos de trabalhadores que apresentem o mesmo perfil de exposição geral, por causa das semelhanças entre:

- A frequência das atividades que desempenham;
- A afinidade entre os materiais e processos com que trabalham;
- A forma de executação das atividades e;
- As possibilidades, exatamente iguais, de exposição a um dado agente (exposição a uma gama específica de agentes).

Essa semelhança provém do desenvolvimento de rotinas e atividades idênticas ou similares do ponto de vista da exposição e é exemplifica na FIG. 2.4 [34, 37].

Uma vez agrupados, todas as decisões enfocarão os GHEs, ao invés de trabalhadores individuais, pois as medições de exposição em qualquer um dos trabalhadores no grupo fornecerão informações relevantes a todos os trabalhadores desse grupo [16].

FIGURA 2.4 – Grupos homogêneos de exposição (GHEs) [36]

2.4.2 Avaliação da exposição aos riscos ocupacionais

A avaliação aos riscos ocupacionais é um processo estruturado e sistemático, que depende da correta identificação dos agentes de risco, por meio de determinação qualitativa e / ou quantitativa da exposição do trabalhador.

Muitas vezes pode-se também ser considerada complexa, especialmente por se tratar de decisões referentes à aceitabilidade dos riscos, ao qual os trabalhadores estarão expostos [40].

A complexidade do processo de avaliação de riscos depende fortemente de aspectos como: o tamanho da instalação, as situações de trabalho no interior da instalação, bem como a natureza e a importância dos riscos ocupacionais [5].

Avaliar e mensurar o estado de saúde e o bem estar de uma determinada população exposta aos riscos ocupacionais é uma tarefa complicada, porém necessária para que sejam feitos diagnósticos e realizadas intervenções, na busca de um ambiente de trabalho saudável.

2.4.2.1 Avaliação qualitativa do risco

A avaliação qualitativa do risco é realizada após o agrupamento dos trabalhadores em GHEs. Um grau de exposição subjetivo é dado a cada grupo e está baseado em dados existentes de exposição, por exemplo, índice de exposição “insignificante”, “baixo”, “moderado” e “alto”. De acordo com o índice estabelecido, o grupo mais exposto aos agentes deverá ser priorizado no monitoramento dos riscos [16].

2.4.2.2 Avaliação quantitativa do risco

A avaliação quantitativa está relacionada aos métodos de monitoramento, por exemplo: individual e de área, utilizados para medir as exposições dos trabalhadores aos agentes de risco ocupacional [16].

Os resultados do monitoramento serão analisados e interpretados baseando-se nos limites de exposição ocupacional (LEO) definidos em normas vigentes [38 - 39].

Neste estudo, por se tratar de uma instalação radiativa, a avaliação quantitativa do risco, basicamente envolveu apenas o agente de risco físico, a radiação ionizante.

2.4.3 Limites de exposição ocupacional (LEOs)

Para proteger a saúde dos trabalhadores expostos em seus locais de trabalho, autoridades e organizações, estabeleceram os LEOs (ou Limites de Tolerância - LT) [14, 41].

Estes limites referem-se às concentrações ou intensidades máximas ou mínimas permitidas, relacionadas com a natureza e o tempo de exposição aos agentes de risco, de modo a não resultarem em danos à saúde dos trabalhadores, durante a sua vida laboral. Quando os agentes ultrapassarem determinados limites estabelecidos, poderão provocar danos à saúde do trabalhador [14, 39, 41].

No Brasil, a maioria dos LEOs estão definidos na NR 15 – Atividades e Operações Insalubres. A existência de um LEO, baseado em efeitos toxicológicos presumidos, é essencial para avaliar a aceitabilidade de dados de monitoramento [16, 39].

A publicação AIHA recomenda que, na ausência do LEO, um limite deverá ser estabelecido inicialmente para facilitar a tomada de decisões [16].

2.5 Interpretação e tomada de decisões

Os dados obtidos por meio da caracterização básica e da avaliação da exposição (avaliação qualitativa e quantitativa) deverão ser analisados com base na combinação de meios estatísticos e julgamento profissional [16].

Métodos estatísticos são usados para modelar amostras de exposição, entretanto todos os métodos estatísticos exigem que os dados atendam a um rigoroso conjunto de hipóteses.

Os julgamentos sobre a aceitabilidade das exposições aos agentes de riscos serão realizados, principalmente, com base na comparação entre os perfis de exposição de cada GHE, os limites de exposição ocupacional e os testes estatísticos realizados [23, 35].

A definição sobre a aceitabilidade dos riscos dependerá de elementos como: requisitos legais, custos, disponibilidade de controles, a toxicidade das substâncias e o número de indivíduos expostos [40].

Após a análise e interpretação do conjunto de dados, os riscos serão avaliados individualmente, para sua classificação como [5]:

- Risco aceitável: nenhuma ação é necessária a princípio, porém a monitoração de rotina para validar o julgamento é essencial.
- Risco incerto: informações adicionais são necessárias, pois os perfis de exposição não podem ser adequadamente caracterizados ou pela falta de dados relativos aos efeitos adversos à saúde.

Para coleta de informações adicionais, deve-se recorrer: a uma nova abordagem, monitoramento de exposição, monitoramento biológico ou o desenvolvimento de dados toxicológicos ou epidemiológicos.

- Risco inaceitável: exige modificação e / ou implementação de procedimentos e medidas de controle das exposições aos riscos. Nesse caso, o foco da avaliação deve ser o controle dos riscos inaceitáveis e não mais na coleta de dados, apesar de dados adicionais serem úteis [23].

2.6 Recomendações e relatório

Relatórios com os dados de monitoramento deverão ser utilizados para se verificar a conveniência das classificações estabelecidas no passo de avaliação de risco e determinação de prioridade qualitativa [16].

Cada relatório deverá incluir uma seção de recomendações que documenta quaisquer modificações que deverão ser implementadas ou avaliações adicionais e aprofundadas para melhoria do controle da exposição e também deverá incluir a frequência recomendada para as revisões periódicas do local de trabalho.

A reavaliação deve ser executada periodicamente com base nas recomendações dos relatórios e realizada a partir da fase de caracterização básica. A avaliação do local de trabalho e do grupo de trabalho, além dos GHEs e das classificações de risco, fundamentadas nos critérios de aceitação, deverão ser revisadas.

A Comissão para Estratégias de Avaliação de Exposição da publicação AIHA recomenda revisões periódicas anuais [16].

No caso de patologias relacionadas ao trabalho, todas as possibilidades de intervenção médica, como por exemplo: reabilitação, recuperação e prevenção da doença e promoção da saúde, requerem uma ênfase particular na detecção do nexo causal entre doença e trabalho.

MENDES (2007) reconhece que, por vezes pode ser extremamente difícil estabelecer a distinção entre doenças causadas pelo trabalho e aquelas agravadas por ele.

É de se esperar, portanto que o profissional da saúde (médico ocupacional) tenha noção de que o trabalho pode estar associado diretamente ou indiretamente com a doença, e que a detecção deste eventual nexo causal deve ser iniciada na própria consulta médica, por meio da anamnese ocupacional.

2.7 Metodologia estatística

Seria de suma importância uma avaliação que englobasse todos os trabalhadores, todos os dias da jornada de trabalho e todos os agentes de interesse, porém, de forma concreta, isso não é viável e torna-se evidente que a única forma de estudo possível, será por meio de amostragem [34].

A estatística é uma ferramenta fundamental para auxiliar o julgamento das exposições. Ao trabalhar com dados amostrais, a estatística usa parâmetros, como a média, o desvio-padrão, quartis e outros conceitos.

Para melhor compreender o comportamento do conjunto de dados, é importante conceituar as chamadas medidas descritivas. Existem duas categorias de medidas descritivas: as medidas de tendência central e as medidas de dispersão [42].

2.7.1 Medidas de tendência central

As **medidas de tendência central** referem-se aos valores centrais assumidos pela variável em estudo. Esses valores típicos tendem a se localizar em um ponto central, dentro de um conjunto de dados ordenados segundo suas grandezas [43].

Vários tipos de medidas de tendência central podem ser definidos, entre elas estão à média e a mediana.

A **média aritmética** é a soma de todos os valores observados divididos pelo número de observações (N), tornando-se um valor típico ou representativo de um conjunto de dados [44].

A **mediana** é definida como valor da variável que ocupa a posição central na sucessão de observações ou a média aritmética dos dois valores centrais, dividindo assim, o conjunto de dados em duas partes iguais.

Além da mediana, existem outras medidas que dividem o conjunto de dados. Entretanto, essas medidas não são consideradas de tendência central, pois fornecem pontos à esquerda ou à direita, dos quais são encontradas frações de frequência total. Estas medidas são os quartis e conceituam-se, medidas de posição [43, 44].

Os **quartis** são valores que dividem o conjunto de dados em quatro partes iguais. O 1º quartil (Q_1) representa a distribuição de até 25% da amostra e o 3º quartil (Q_3) a distribuição de até 75%. Já o 2º quartil (Q_2) tem seu valor igual à mediana. O método de cálculo dos quartis é exatamente o mesmo utilizado para o cálculo da mediana [44].

2.7.2 Medidas de dispersão

As medidas de tendência central não são suficientes, por si só, para caracterizar de forma adequada a distribuição de frequências de uma variável e, por essa razão, devem ser sempre acompanhadas de uma medida que dê uma indicação da dispersão dos valores da variável [44].

Estes tipos de medidas identificam o modo como os valores observados se afastam das medidas de tendência central.

O grau o qual os dados numéricos tendem a dispersar-se em torno de um valor médio chama-se **variação ou dispersão dos dados**. Existem medidas de dispersão que utiliza uma medida de localização como termo de comparação. É o caso do desvio-padrão e da variância [43, 44].

A **variância** de um conjunto de dados é definida como a soma do quadrado das diferenças entre cada valor observado e a média aritmética da distribuição, dividida pelo número total de observações (N) [42, 44].

Desvio padrão é a medida da variação dos valores em torno da média. É definido como sendo a raiz quadrada positiva da variância. Quanto menor o desvio-padrão, mais próximos estão os resultados um do outro, o que significa melhor reprodutibilidade [44, 45].

A média informa se os valores do grupo estão centrados, e o desvio-padrão complementa esta informação, pois resume o agrupamento dos valores em torno da média.

O **coeficiente de variação (CV)** é expresso pelo desvio-padrão dividido pela média. O resultado não tem unidades, sendo expresso em porcentagens. A interpretação é semelhante à do desvio-padrão: quanto menor o coeficiente de variação, melhor o nível de reprodutibilidade [45].

2.7.3 Intervalo de confiança para média (IC)

A construção de intervalos de confiança em torno da estimativa pontual (média) é um procedimento que permite julgar qual a possível magnitude de erro, cometida ao se estimar o verdadeiro valor do parâmetro [42].

Ao intervalo que, com probabilidade conhecida, deve conter o valor real do parâmetro chama-se Intervalo de Confiança (IC). O cálculo do IC permitirá determinar dois limites, entre os quais se admite que o verdadeiro valor da média esteja contido.

Essa técnica é descrita conforme a equação 1:

$$I.C.\left(\bar{x} - Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) = 1 - \alpha \qquad (1)$$

Onde:

$\bar{x}$ = média amostral;

$Z_{\alpha/2}$ = percentil da distribuição normal;

σ = desvio padrão;

μ = média populacional;

α = nível de significância.

Para obtenção do valor de $Z_{\alpha/2}$ é necessário consultar à tabela da distribuição normal padrão.

O nível de significância α representa a probabilidade de erro na estimação do intervalo, isto é, a probabilidade de erro ao afirmar que o valor do parâmetro está contido no IC [42].

A expressão designada por "$1 - \alpha$", representa o grau de confiança, ou seja, a probabilidade de que o IC contenha o valor do parâmetro.

2.7.4 Testes de hipóteses estatísticas

A verificação de uma hipótese, em termos estatísticos, visa escolher uma entre duas possíveis alternativas mutuamente exclusivas [45].

O resultado encontrado é trabalhado em termos de probabilidade (p). As probabilidades são transformadas em afirmações do tipo "há" ou "não há" diferenças estatisticamente significativas entre os grupos comparados.

Tais afirmações devem ser interpretadas como valores probabilísticos e não de certeza absoluta. A TAB. 2.2 apresenta as hipóteses formuladas para aplicação dos testes estatísticos.

TABELA 2.2 – Hipótese nula "H_0" e alternativa "H_1" para aplicação dos testes estatísticos

Hipóteses	
Hipótese Nula "H_0"	Não há diferenças estatisticamente significativas entre os grupos comparados
Hipótese Alternativa "H_1"	Há diferenças estatisticamente significativas entre os grupos comparados

Em resumo, ao se usar um teste estatístico para comparar dois grupos, parte-se, usualmente, de "H_0": de não haver diferenças entre os grupos. Se esta hipótese não for a verdadeira, atestada pela aplicação do teste estatístico aos dados da pesquisa, se aceita automaticamente a outra hipótese "H_1": que se diz haver diferenças entre os grupos comparados [45].

Os testes de hipóteses podem ser realizados segundo duas metodologias:

- Testes paramétricos: requerem geralmente variáveis quantitativas (numéricas) e exige um conhecimento da distribuição amostral ou populacional.
- Testes não paramétricos: desenvolvidos exclusivamente para variáveis qualitativas. Independem das distribuições amostrais e dos parâmetros associados (média, variância, mediana, etc.). Como tal, os testes não paramétricos são aplicados sempre que não for possível medir numa escala quantitativa [46].

2.7.4.1 Teste de Igualdade de Duas Proporções

É um **teste não paramétrico** que compara se a proporção de respostas de duas determinadas variáveis é estatisticamente significante, por meio da igualdade entre razões (proporção e tamanho amostral) [47].

Para realizarmos este teste devemos utilizar a equação 2:

$$p_1 = \frac{x_1}{n_1} \qquad p_2 = \frac{x_2}{n_2} \qquad \hat{p} = \frac{x_1 + x_2}{n_1 + n_2} \tag{2}$$

Onde:

$p =$ proporção amostral;

$x =$ tamanho da amostra;

$n =$ número de sucessos na amostra.

Os resultados obtidos são expressos em percentuais (frequência relativa).

2.7.4.2 Teste de Qui-Quadrado e Correção de Yates

O teste Qui-Quadrado é um **teste não paramétrico**, ou seja, não depende dos parâmetros populacionais, como média e variância e é utilizado para testar e medir o grau de associação ou dependência estatística existente entre duas variáveis qualitativas, ou seja, testar a relação entre variáveis categóricas e seu nível de significância (p-valor) [42, 48].

Quando o resultado obtido pela aplicação de Qui-Quadrado fornecer um valor significativo, porém a amostra e / ou a frequência esperada em uma das proporções for pequena, o resultado poderá produzir um valor maior que o real [48].

A fim de que a associação estatística seja adequada, o número total da amostra analisada (N) deve ser de pelo menos vinte indivíduos. Alguns autores afirmam que a correção para continuidade, chamada de Correção de Yates, deve ser usado sempre que uma frequência das proporções esperada esteja abaixo de cinco indivíduos.

2.7.4.3 Teste de ANOVA - teste paramétrico

Análise de Variância (ANOVA - Analysis of Variance) é um método estatístico usado para testar as diferenças existentes entre dois ou mais grupos, por meio de uma comparação de médias, utilizando a variância.

A forma habitual de apresentar os resultados de ANOVA consiste em apresentar características amostrais de cada grupo, como por exemplo, médias e desvios-padrões [48].

2.7.5 P-valor e diferenças estatisticamente significativas e não significativas

O resultado obtido em cada teste de hipótese possui uma estatística chamada de p-valor. O critério para estabelecer um valor que defina o p-valor, está relacionado com o erro estatístico, ou seja, o quanto se admite errar nas conclusões estatísticas. Este valor é identificado como "**nível de significância estatística**" [45].

Na prática, é usual a adição de um nível de significância 0,05 (5%). Se, por exemplo, é escolhido um nível de significância 0,05, há então cerca de 5 chances em 100 da hipótese ser rejeitada, quando deveria ser aceita, isto é, há uma confiança de cerca de 95% de que se tome uma decisão acertada [43].

Se p-valor é maior que o nível de significância 0,05, conclui-se que as diferenças entre os grupos comparados não são estatisticamente significativas, logo, se aceita "H_0" (hipótese nula) [45].

Se p-valor é menor ou igual ao nível de significância 0,05, como consequência, rejeita-se "H_0" e se aceita "H_1" (hipótese alternativa), as diferenças entre os grupos comparados são estatisticamente significativas.

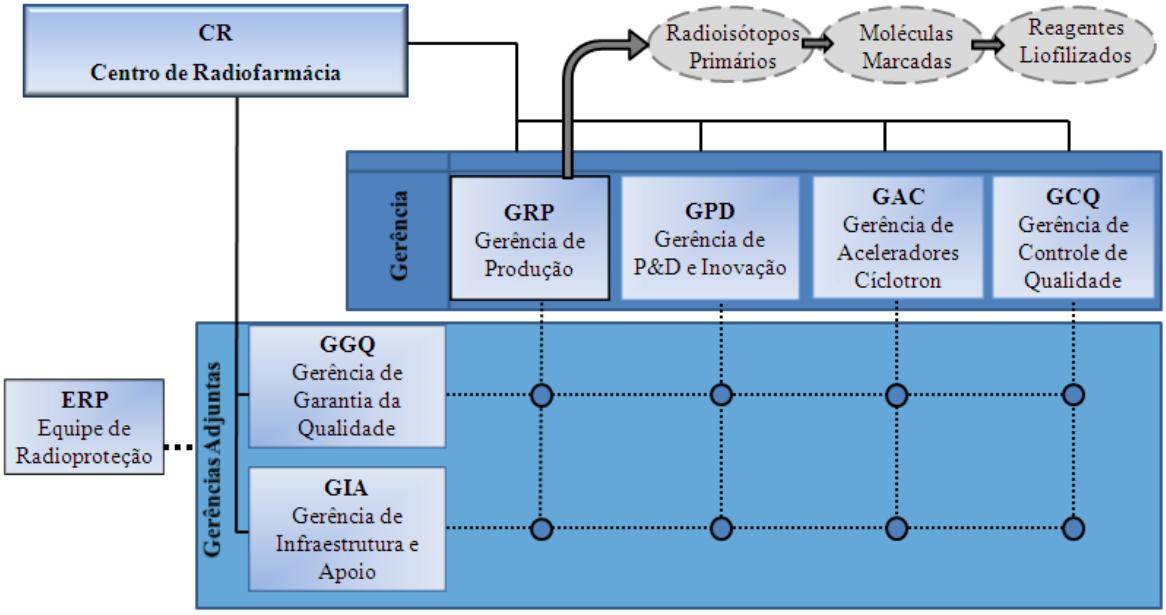
3 METODOLOGIA

3.1 Tipo e local de estudo

Trata-se de um estudo de caráter exploratório e descritivo com abordagem quanti-qualitativa a respeito dos agentes de risco ocupacionais, potencialmente encontrados no ambiente do Centro de Radiofarmácia (CR).

O CR tem a missão de desenvolver e produzir radioisótopos e radiofármacos para a realização de diagnósticos e terapia em medicina nuclear, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida dos pacientes [49].

Considerado um dos centros do IPEN, o CR é constituído por uma gerência de centro e seis gerências adjuntas: Gerência de Produção, P&D e Inovação, Aceleradores Cíclotron, Controle de qualidade, Garantia da qualidade e Infraestrutura e Apoio (FIG. 3.5). A base da organização funcional das gerências adjuntas são os Grupos de trabalho (GT).



Nota: P&D = Pesquisa e desenvolvimento.

FIGURA 3.5 – Organograma do CR [49]

Estes GT são formados por profissionais que se alternam em diferentes processos. Cada GT responde a uma gerência adjunta e está sob a responsabilidade de uma pessoa designada para esta finalidade, denominada “responsável pelo grupo de trabalho”.

3.2 População e amostra

A população do CR é constituída por 102 servidores públicos federais (50%), 57 terceirizados (27,94%) e 45 estudantes/estagiários (22,06%), totalizando 204 trabalhadores. Entretanto, a amostra estudada correspondeu a 50% da população.

3.3 Critérios de inclusão e exclusão para amostragem

Raramente, os resultados de uma pesquisa, podem ser baseados em dados coletados de cada membro da população [45].

Devido a uma maior facilidade de coleta dos dados e por sugestão das gerências do CR, optou-se por proceder a uma estimativa da frequência do evento (exposição aos agentes de risco ocupacional) por meio da obtenção de dados amostrais desta população.

O critério de inclusão definido para delineamento da amostra foi que apenas os servidores públicos federais participariam do estudo, representando 50% da população, consequentemente excluindo os terceirizados e os estudantes / estagiários.

A opção pelo estudo dos servidores públicos federal está relacionada com a forma de trabalho e configuração do vínculo empregatício, além do regime jurídico trabalhista desses servidores.

Por causa da infraestrutura do CR, a Gerência de Aceleradores Cíclotron (GAC) também foi excluída do estudo.

3.4 Coleta de dados

A coleta de dados transcorreu no período de abril de 2013 a julho de 2014, realizada por meio da aplicação de um questionário e complementadas por entrevistas e observações. Os respondentes do questionário foram os responsáveis pelos Grupos de trabalho do CR.

O desenvolvimento do estudo compreendeu um processo detalhado de avaliação composto basicamente por três etapas:

- **Etapa 1:** Caracterização básica e avaliação da exposição ocupacional do CR.

Realizada por meio do conhecimento do local de trabalho, organização, trabalhadores (indivíduo ocupacionalmente exposto - IOE), resgate de informações relativas às variáveis sociodemográficas (gênero, nível educacional e idade), atividades e processos realizados e identificação dos prováveis agentes de risco presentes no ambiente laboral. O reconhecimento visual das instalações e anotações complementam essa etapa.

- **Etapa 2:** Avaliação quanti-qualitativa da exposição aos agentes de risco ocupacional.

A opção pela abordagem quanti-qualitativa foi pela necessidade de integrar dados numéricos, por meio de testes estatísticos, a questões subjetivas, numa tentativa de complementaridade dos dados obtidos.

- **Etapa 3:** Análise e interpretação dos dados.

Esta etapa consistiu na combinação da avaliação da exposição ocupacional, dos testes estatísticos e do julgamento subjetivo, a fim de decidir se os dados coletados são suficientes para identificar, classificar e priorizar qualitativamente os agentes de risco presentes no ambiente laboral.

A organização, avaliação, análise, interpretação e julgamento dos dados e resultados obtidos foram realizados de acordo com a estratégia de avaliação da exposição aos riscos ocupacionais proposta pela publicação AIHA [35].

3.5 Instrumento para a coleta de dados - questionário

Os dados necessários para concretização das etapas 1 e 2, foram coletados por meio da aplicação de um questionário estruturado por **trinta e uma** questões, referentes aos processos executados nas instalações do CR, aos materiais e substâncias utilizados para a produção e pesquisa de novos radiofármacos, às condições do ambiente de trabalho, a existência de equipamentos para proteção dos trabalhadores (contenções, equipamentos de proteção individual – EPI e coletiva – EPC) e os prováveis agentes de risco ocupacional envolvidos durante a execução dos processos de trabalho (**Apêndice A**).

Outras fontes também foram consultadas, por meio de entrevistas, para a elaboração e fundamentação do questionário, entre elas o Serviço Especializado em Segurança do Trabalho (SEST), a Gerência de Benefícios e Saúde (GBS) do IPEN e a Equipe de Radioproteção (ERP) do CR.

Destaca-se também a base teórica prévia dos itens necessários contidos na estrutura do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), estabelecida na NR 9 do MTE e do formulário de inspeção preliminar das condições de trabalho proposto pela Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (FUNDACENTRO), vinculada ao MTE na forma da Lei nº 5.161, de 21 de outubro de 1966 [18, 37, 50].

Além dos dados obtidos pelo questionário, analisaram-se também os registros disponíveis das instalações, como por exemplo: histórico de doses individual, registros do SEST e consulta à listagem dos servidores ativos do CR.

3.6 Análise estatística dos dados

Os dados foram analisados utilizando-se os programas estatísticos: Statistical Package for Social Science (SPSS) versão 17, Minitab 16 e Microsoft Excel 2010 [51, 52].

Inicialmente foi realizada a estatística descritiva da amostra por intermédio das medidas de tendência central (média e mediana), de posição (quartis) e de dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação).

Um Intervalo de Confiança (IC) com 95% de confiança estatística foi empregado para estimação dos valores das médias calculadas na amostra, de modo a demonstrar sua variação segundo uma probabilidade estatística. Lembrando que o IC é mais confiável quando apresenta uma probabilidade estatística associada ao seu cálculo.

A aplicação dos testes estatísticos **não paramétricos,** Igualdade de Duas Proporções, Qui-Quadrado e Correção de Yates, permitiram respectivamente a caracterização da distribuição da frequência relativa e associações e/ou dependências estatísticas das **variáveis qualitativas.**

Os dados quantitativos e contínuos (variável relativa às pessoas - idade e os resultados do monitoramento individual - dose efetiva) foram analisados por meio do **teste estatístico paramétrico ANOVA**.

Para análise do resultado de cada comparação e verificação das hipóteses pretendidas e sugeridas por cada teste, foi utilizada a estatística chamada **p-valor** e estabelecido um nível de significância de 0,05 (5%).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Avaliação da exposição ocupacional - caracterização básica

A caracterização básica do local de trabalho, incluindo os processos de trabalho, a força de trabalho representada pelos Grupos de trabalho (GT) e os agentes de risco ocupacionais, foi realizada por intermédio de informações subjetivas (avaliação qualitativa) [16, 37].

4.2 Caracterização dos processos de trabalho

Os trabalhadores do CR estão agrupados de acordo com os processos: Produção de radiofármacos, Controle de qualidade, Garantia da qualidade, P&D e Inovação, Infraestrutura e Apoio e Equipe de Radioproteção, ERP. A Produção de radiofármacos engloba os radioisótopos primários, as moléculas marcadas e os reagentes liofilizados.

A FIG. 4.6 apresenta a distribuição dos 102 trabalhadores em oito processos de trabalho, constituídos por: 27 trabalhadores da Produção de radioisótopos primários (26%), 8 trabalhadores da Produção de moléculas marcadas (8%), 2 trabalhadores da Produção de reagentes liofilizados (2%), 23 trabalhadores do Controle de qualidade (23%), 4 trabalhadores da Garantia da qualidade (4%), 5 trabalhadores da P&D e Inovação (5%), 26 trabalhadores da Infraestrutura e Apoio (25%) e 7 trabalhadores da Equipe de Radioproteção, ERP (7%).

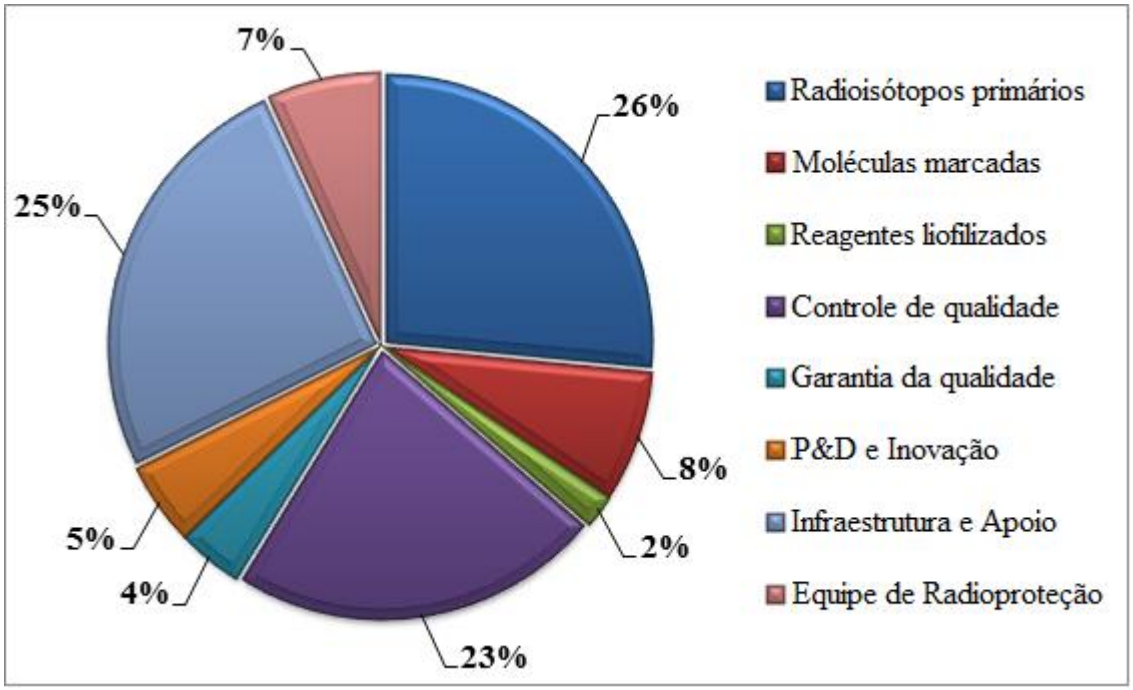


FIGURA 4.6 – Distribuição dos trabalhadores do CR de acordo com os processos de trabalho

4.2.1 Descrição dos trabalhadores - análise das variáveis sociodemográficas

A caracterização básica dos trabalhadores foi realizada com a finalidade de permitir um melhor conhecimento da estrutura de distribuição da amostra [16]. As FIG. 4.7 e 4.8 ilustram a análise das variáveis relativas às pessoas, isto é, variáveis sociodemográficas (gênero, nível educacional e idade).

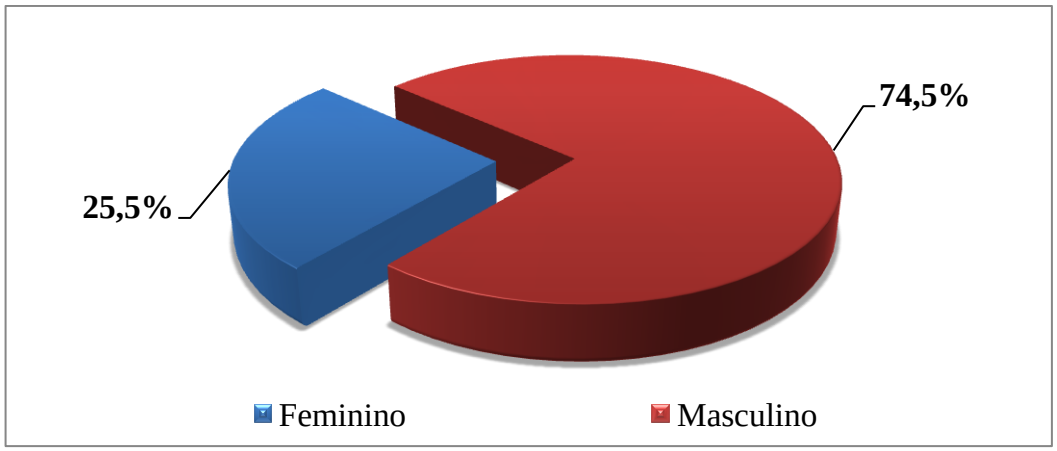


FIGURA 4.7 – Distribuição dos trabalhadores de acordo com o gênero

O gênero masculino predominou na amostra com 76 trabalhadores (74,5%) conforme mostra a FIG. 4.7.

Em relação a variável nível educacional, apresentada na FIG. 4.8, a força de trabalho foi composta por 72 funcionários com nível técnico (70,6%) representando a maioria.

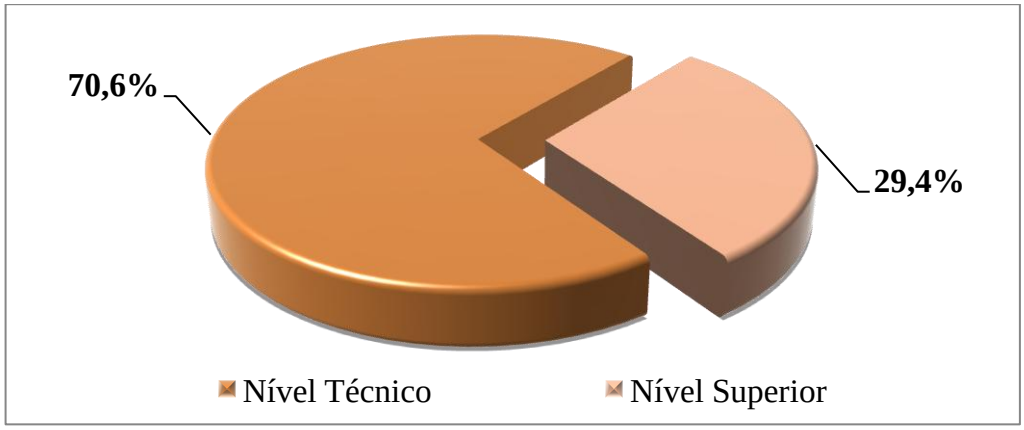


FIGURA 4.8 – Distribuição da amostra conforme o nível educacional

Na FIG. 4.9 encontra-se ilustrado a distribuição dos trabalhadores por faixa etária e na TAB. 4.3 apresenta-se uma análise descritiva completa para a variável idade, incluindo as medidas de tendência central, de localização, de dispersão e intervalo de confiança em relação à média.

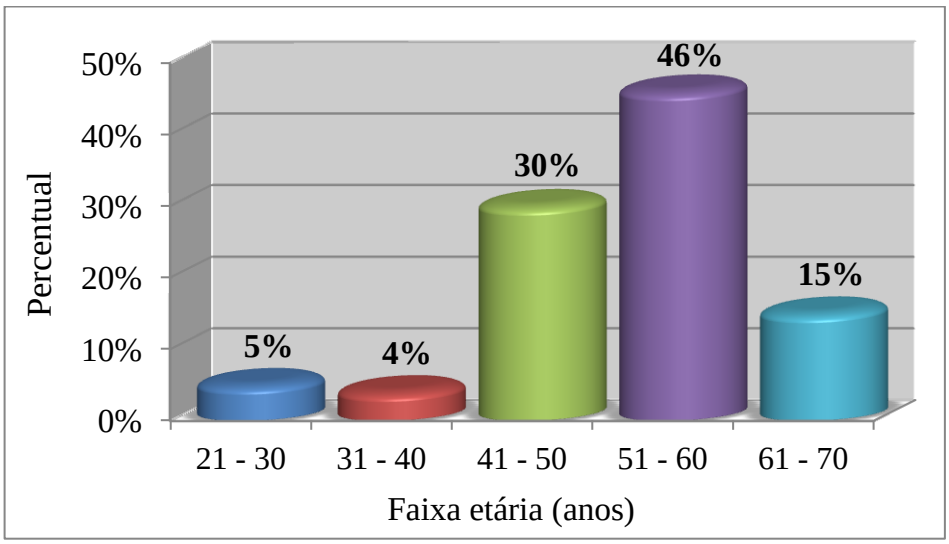


FIGURA 4.9 – Distribuição dos trabalhadores segundo a faixa etária

Conforme a FIG. 4.9, a maior faixa etária compreende dos 51 aos 60 anos com percentual de 46 %.

Na análise descritiva completa para a idade (TAB. 4.3) a idade dos trabalhadores variou de 24 a 69 anos com a média de (51,8 ± 1,7) anos.

TABELA 4.3 – Análise descritiva completa para a idade

Análise Descritiva	**Idade**
Média	51,8
Mediana	52
Desvio Padrão	8,6
Coeficiente de Variação (CV)	17 %
1º Quartil (Q1)	49
3º Quartil (Q3)	57
Mínimo	24
Máximo	69
Número da Amostra	102
Intervalo de Confiança (IC)	1,7

Observa-se ainda na TAB. 4.3 que a mediana apresenta um valor próximo ao da média, constatando que a distribuição amostral é simétrica. O desvio padrão de 8,6 e um coeficiente de variação de 17%, são considerados baixos quando relacionados à média, logo, estes índices demonstram baixa variabilidade e consequentemente uma homogeneidade dos dados observados.

O cálculo do Intervalo de Confiança (IC) ora somado ora subtraído da média mostra a variação segundo probabilidade estatística. Considerando um IC de 95%, a média adquirida pela análise variou de 50,1 (valor mínimo) a 53,5 anos (valor máximo), como mostra a FIG. 4.10.

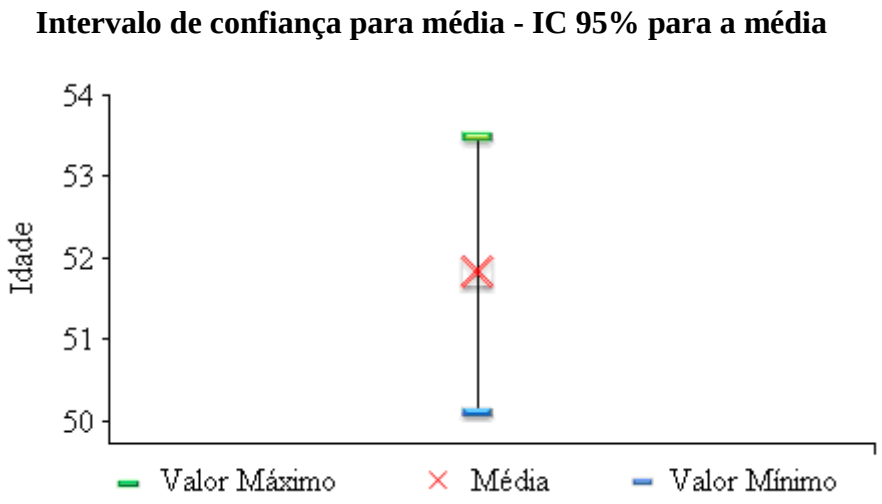


FIGURA 4.10 – Intervalo de confiança para a média da variável idade

4.3 Caracterização do ambiente e grupos de trabalho, GT

Caracterizar o ambiente e os Grupos de trabalho refere-se à descrição física das instalações e dos processos executados pelos GT, incluindo materiais utilizados, equipamentos no local de trabalho, bem como as condições ambientais gerais do CR [37].

4.3.1 Descrição física das instalações do CR - local de estudo

O CR é composto por duas instalações, no qual se manipulam diariamente materiais radioativos para produção, pesquisa e controle de qualidade dos radioisótopos e radiofármacos, além de duas instalações de suporte, destinadas ao armazenamento de material radioativo e rejeito radioativo para decaimento e ao armazenamento externo de resíduos urbanos [53].

Todas as instalações contam com proteções físicas e controle rigoroso de acesso. O CR também possui um sistema de som para comunicação entre os trabalhadores e câmeras de vídeo, instalados na portaria de acesso com repetição de imagens na sala de controle da Equipe de Radioproteção, ERP.

Na instalação identificada como 1, são realizadas as atividades de síntese e o fracionamento dos radioisótopos primários e das moléculas marcadas, além da realização de algumas pesquisas.

O processo referente à Garantia da qualidade e a ERP encontram-se alocadas nesta instalação.

Já na instalação identificada como 2 são realizados todos os ensaios de controle de qualidade para expedição dos radioisótopos e radiofármacos, a produção dos reagentes liofilizados e as pesquisas relacionadas principalmente com os testes de distribuição biológica em animais (camundongos e ratos), por meio da análise de imagens adquiridas em microPET.

Segundo o artigo 44 da resolução - RDC N.º 63, o laboratório de Controle de qualidade deve localizar-se separadamente da área de produção, logo na instalação 2, não há qualquer forma de produção de radioisótopos e radiofármos [54].

O processo referente à gerência de Infraestrutura e Apoio é realizado nas duas instalações, assim os trabalhadores responsáveis por este processo encontram-se alocados nas duas instalações.

A FIG. 4.11 ilustra a planta das instalações do CR.

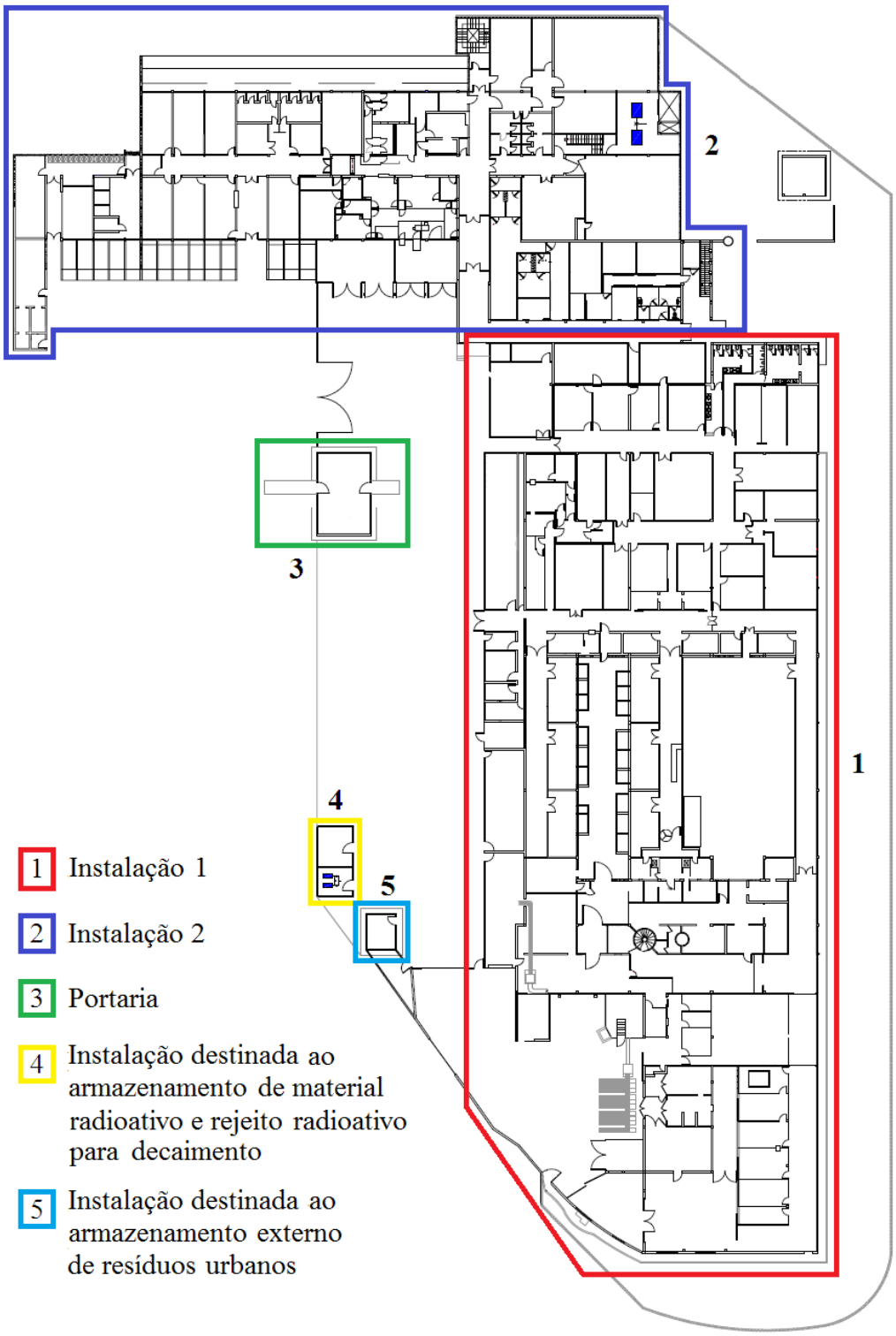


FIGURA 4.11 – Planta do CR e estrutura física das instalações

4.4 Descrição dos grupos de trabalho, GT

4.4.1 Produção de radioisótopos e radiofármacos

Os trabalhadores responsáveis pela síntese e fracionamento de radiofármacos, produzem rotineiramente radioisótopos primários, moléculas marcadas e reagentes liofilizados. A jornada de trabalho equivale a 36 horas semanais com uma média de 6 horas diárias.

Os radioisótopos primários são radiofármacos prontos para o uso [54]. Os radionuclídeos manipulados pelos trabalhadores que executam esse processo são: Molibdênio-99/Tecnécio-99m, Gálio-67, Tálio-201, Cromo-51, Potássio-32, Iodo-123 e Iodo-131. Esses radionuclídeos encontram-se na forma líquida e sólida e emitem partículas betas e radiação gama como forma de decaimento radioativo.

As moléculas marcadas são componentes não radioativos para marcação com um componente radioativo [55]. Neste processo de trabalho, manipulam-se os seguintes radionuclídeos: Cromo-51, Lutécio-177, Samário-153, Flúor-18, Ítrio-90, Iodo-131, Iodo-123 e Índio-111. Os radionuclídeos utilizados para produção das moléculas marcadas encontram-se também na forma líquida e sólida e emitem partículas betas, pósitrons e radiação gama.

Para realização da síntese, fracionamento e marcação dos radionuclídeos mencionados acima, se faz necessário o uso de substâncias químicas, como por exemplo: acetato de amônio e sódio, acetona, ácido clorídrico, etanol, fosfato de sódio, hidróxido de amônio e sódio, metanol, peróxido de hidrogênio, entre outros.

Os reagentes liofilizados são componentes não radioativos para preparação de compostos marcados posteriormente com elementos radioativos (geralmente o eluato de um gerador de radionuclídeo, por exemplo: o Tecnécio-99m) [56], portanto não há manipulação de material radioativo pelos trabalhadores que executam esse processo.

Durante o preparo dos reagentes, utilizam-se também algumas substâncias químicas, como por exemplo: ácido clorídrico e sulfúrico, citrato de sódio, cloreto estanoso, fluoreto de sódio e hidróxido de sódio.

Para concretização dos processos de trabalho descritos, são utilizadas câmaras de ionização, pipetadores, manipuladores, lacradores e deslacradores. A execução desses processos geram resíduos líquidos e sólidos, que posteriormente serão destinados aos tanques e depósitos de material e rejeitos radioativos para decaimento. Após um

determinado tempo, os resíduos líquidos são liberados em uma rede de esgoto própria e os resíduos sólidos são descartados no lixo comum.

4.4.2 Controle de qualidade

O Controle de qualidade engloba uma série de medidas e processos (ensaios) para assegurar a qualidade do produto final (radiofármaco), antes de sua administração no paciente [57].

A jornada de trabalho para quem executa esse processo é específica, de acordo com o nível educacional dos trabalhadores, diferenciando-se em 36 e 48 horas semanal, com uma média de 6 a 8 horas diária.

Para realização de todos os ensaios necessários, os trabalhadores contam com quatro laboratórios analíticos (controle químico, radioquímico, biológico e microbiológico) e três salas de equipamentos, todas com sistema de exaustão e uma sala para armazenamento e triagem dos rejeitos radioativos.

Pode-se citar como exemplos de ensaios realizados pelo controle de qualidade: controle de parâmetros relacionados à natureza radioativa do radiofármaco (atividade total, atividade específica, concentração radioativa), pureza radionuclídica e radioquímica, esterilidade e apirogenicidade [57].

Entre os equipamentos utilizados para execução desse processo, destaca-se o uso de detectores, calibradores de dose, contadores gama, detector de germânio, ICP OES (espectrômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente), cromatógrafo, gama câmara e espectro infravermelho e ultravioleta.

Além da manipulação de todos os radionuclídeos utilizados na produção dos radiofármacos, ainda há o manuseio de substâncias químicas para execução dos ensaios, como por exemplo: acetato de amônio, acetona, acetonitrila, ácido acético e clorídrico, cloreto de sódio, fosfato de sódio, hidróxido de amônio, metanol e outros solventes voláteis e inflamáveis.

Há também o manuseio de material biológico, devido os ensaios de distribuição biológica dos radiofármacos em animais de experimentação (controle biológico).

Durante a execução do processo são gerados resíduos líquidos e sólidos posteriormente destinados aos tanques e depósitos de rejeitos radioativos para decaimento.

4.4.3 Garantia da qualidade

A Garantia da qualidade é um conceito que envolve todos os aspectos que, individualmente ou coletivamente, influenciam na qualidade do produto. Representa a soma de todas as ações realizadas com o objetivo de garantir que o produto final, apresente a qualidade requerida para o uso pretendido. A Garantia da qualidade incorpora as Boas Práticas de Fabricação (BPF) e o Controle de qualidade [54, 56].

Os trabalhadores que executam esse processo realizam uma jornada de 40 horas semanais com uma média de 8 horas diárias.

Não há manipulação de radionuclídeos, substâncias químicas ou objetos contaminados. Os processos são realizados no interior de salas localizadas na instalação, por meio do uso de computadores e impressoras.

4.4.4 P&D e Inovação

O processo referente à pesquisa e desenvolvimento de novos radiofármacos é dividido em três grupos:

1. Produção do radioisótopo primário, por exemplo, o Cobre-64, utilizado em tomografias por emissão de pósitrons (PET);
2. Desenvolvimento de geradores, um exemplo é o gerador de Gálio-68 a partir de Germânio-68 e;
3. Pesquisa em marcações de moléculas com emissores de pósitrons e o desenvolvimento de novas moléculas para serem marcadas com Tecnécio-99m e utilizadas em diagnósticos. Existe também a marcação de moléculas para terapia, no tratamento de tumores e o desenvolvimento de micro-esferas contendo Hólmio-166 ou Ítrio-99, para o tratamento de câncer de fígado [58].

A jornada de trabalho equivale a 40 horas semanais, porém a frequência e o tempo de duração das atividades de pesquisa desenvolvidas, não podem ser quantificadas, pois a necessidade de tempo para sua execução são influenciadas pelo encaminhamento do experimento.

Os trabalhadores que executam esse processo manipulam diversos radionuclídeos, entre eles estão: Molibdênio-99/Tecnécio-99m, Tálio-201, Samário-153, Índio-111, Iodo-123, Iodo-131, Lutécio-177, Ítrio-90, Gálio-67, Gálio-68, Flúor-18, Potássio-32,

Hólmio-166, Rênio-188 e Cobre-64. Esses radionuclídeos encontram-se nas formas líquidas e sólidas e emitem partículas betas, pósitrons e raios gama.

O uso de determinadas substâncias químicas também estão presentes na rotina desses trabalhadores, por exemplo: acetato de amônio, sódio e etila, acetona, ácido acético, clorídrico e sulfúrico, cloreto de amônio e de sódio, clorofórmio, etanol, fosfato de sódio, hidróxido de amônio e de sódio, metanol, metil etil cetona, monóxido de carbono, n-hexano, xileno e o chumbo para confecção das blindagens.

Devido à pesquisa e desenvolvimento de novos radiofármacos, são realizados estudos de distribuição biológica em animais, resultando na possibilidade de contato com objetos contaminados por secreções (sangue).

Durante a execução dessas pesquisas há produção de resíduos radioativos que são segregados, sendo os sólidos, recolhidos e destinados à Equipe de Radioproteção, ERP e os líquidos descartados em pias próprias e específicas.

4.4.5 Infraestrutura e Apoio

Este grupo de trabalhadores realizam atividades de apoio às pesquisas e à produção de radioisótopos e radiofármacos, fornecendo infraestrutura básica ao funcionamento do CR, como: manutenção, suprimentos, equipamentos, serviço de atendimento ao consumidor (SAC) e tecnologia da informação (TI), além de também se responsabilizar pelos serviços administrativos e de secretária [53].

A jornada de trabalho desses trabalhadores equivale a 30 horas semanais, com média diária de 6 horas.

Suas atividades são executadas no interior da instalação por intermédio do uso de computadores, impressoras e telefones, consequentemente, não há o manuseio de radionuclídeos ou substâncias químicas.

4.4.6 Equipe de Radioproteção, ERP

Cabe a ERP manter sob controle:

- As fontes de radiação;
- Os rejeitos e efluentes radioativos;
- As doses dos indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE), do público, do meio ambiente, do local de trabalho (áreas supervisionadas e controladas) e;

- Os equipamentos de radioproteção para o monitoramento da radiação ionizante [53, 59].

Para controle das fontes, rejeitos e doses utilizam-se diversos tipos de detectores de radiação, entre eles: detector fixo, sonda, portátil e individual (dosímetros termoluminescentes ou eletrônicos) [53].

A jornada de trabalho equivale a 30 horas semanais com uma média de 6 horas diárias, sendo realizada em turnos (diurno e noturno).

A Equipe de Radioproteção também fornece apoio aos processos relacionados às pesquisas e à produção de radioisótopos e radiofármacos, logo, os trabalhadores responsáveis pela execução dos processos relacionados com a radioproteção, poderão estar expostos a todos os radionuclídeos manipulados nas pesquisas e produções.

4.5 Disposição dos grupos de trabalho, GT

Os seis Grupos de trabalho descritos acima, realizam suas atividades em laboratórios e salas, conforme ilustrados em cores na FIG. 4.12. Destaca-se a presença de laboratórios de pesquisa em nas instalações 1 e 2. As salas na área administrativa da instalação 2 são destinadas à documentação e arquivamento de documentos provenientes das atividades relacionadas pela Garantia da qualidade.

A produção de reagentes liofilizados é executada na instalação 2, porém na instalação 1, encontram-se salas designadas para a recepção e armazenamento de reagentes sólidos, líquidos e produtos perigosos, para posterior estocagem nas salas do almoxarifado da Diretoria de Produtos e Serviços (DPS).

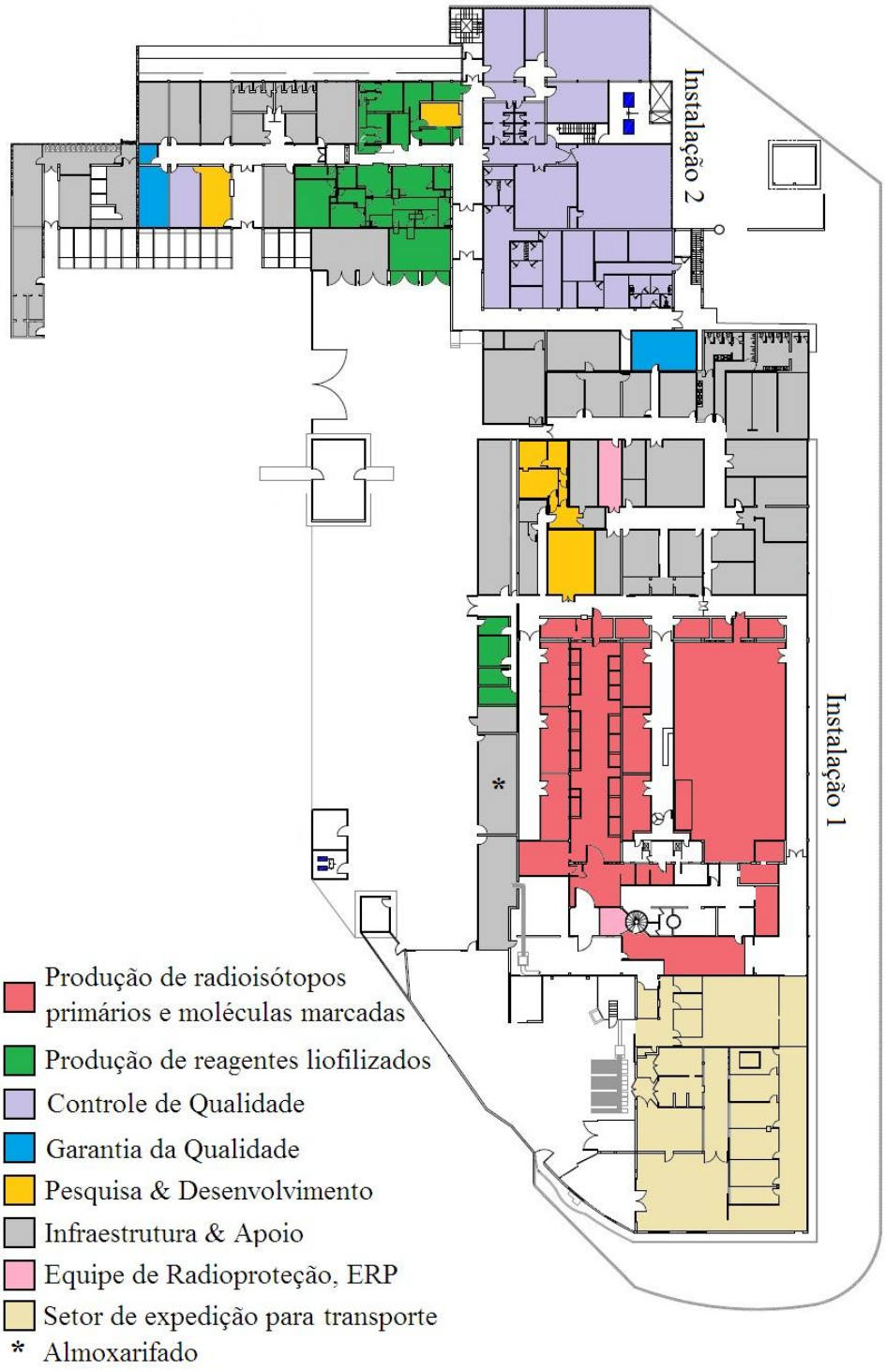


FIGURA 4.12 – Disposição dos Grupos de trabalho, conforme a estrutura física do CR

4.6 Identificação dos riscos ocupacionais

Após análise dos processos executados e das condições ambientais gerais do CR, identificou-se a presença dos agentes de risco ocupacional, de acordo com sua natureza. A

FIG. 4.13 apresenta a distribuição (frequência) dos riscos ocupacionais presentes no ambiente de trabalho do CR.

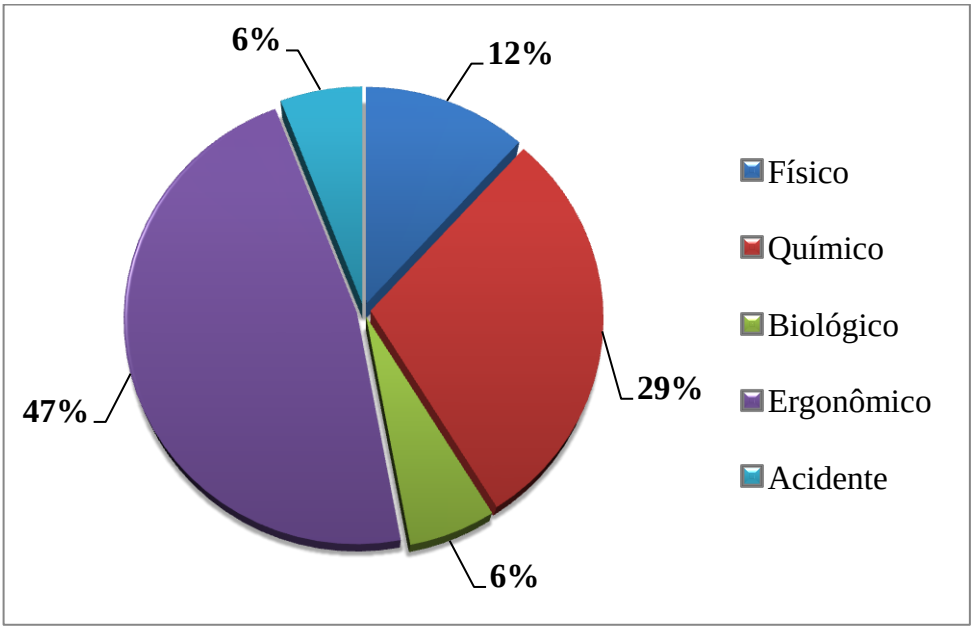


FIGURA 4.13 – Distribuição dos riscos ocupacionais presentes no ambiente de trabalho do CR

Observa-se que a presença do risco ergonômico prevaleceu entre os demais, durante a execução dos processos de trabalho, apresentando a maior frequência (47%).

4.6.1 Caracterização dos agentes de risco

A TAB. 4.4 identifica de acordo com os GT e processos de trabalho, os agentes de risco potencialmente presentes no ambiente laboral do CR.

TABELA 4.4 – Identificação dos agentes de risco ocupacional por GT e processos

GT		Processos	Agentes Ocupacionais
1*	1	Produção de radioisótopos primários	Radiação ionizante, ruído[1], produtos químicos em geral, solventes, vapores[2], substâncias inflamáveis, levantamento de peso[3], postura inadequada, movimentos repetitivos, estresse e responsabilidade
	2	Produção de moléculas marcadas	Radiação ionizante, ruído, produtos químicos em geral, solventes, vapores, substâncias inflamáveis, levantamento de peso, postura inadequada, movimentos repetitivos, estresse e responsabilidade
	3	Produção de reagentes liofilizados	Radiação ionizante, ruído, produtos químicos em geral, solventes, vapores, postura inadequada e movimentos repetitivos
2	4	Controle de qualidade	Radiação ionizante, ruído, produtos químicos, solventes, vapores, substâncias inflamáveis, objetos contaminados, levantamento de peso, movimentos repetitivos, estresse e probabilidade de incêndios e explosões
3	5	Garantia da qualidade	Radiação ionizante, postura inadequada, jornada prolongada, movimentos repetitivos, estresse, responsabilidade e treinamento inadequado
4	6	P&D e Inovação	Radiação ionizante, produtos químicos em geral, solventes, vapores, substâncias inflamáveis, objetos contaminados, postura inadequada e probabilidade de incêndios e explosões
5	7	Infraestrutura e Apoio	Radiação ionizante, postura inadequada, estresse, probabilidade incêndios e explosões e treinamento inadequado
6	8	Equipe de Radioproteção (ERP)	Radiação ionizante, vapores, aerodispersóides[4], levantamento de peso, estresse e trabalho em turno

* O grupo de trabalho (GT) produção de radiofármacos engloba os processos: radioisótopos primários, moléculas marcadas e reagentes liofilizados.

A FIG. 4.14 mostra os dezessete agentes de risco ocupacional presentes na rotina diária do trabalhador de cada processo de trabalho realizado no CR.

[1] O agente ‘ruído’ é oriundo das capelas com exaustão utilizadas para eliminação de vapores tóxicos e odores procedentes da manipulação de produtos químicos em laboratórios.

[2] No caso do agente ‘vapores’ sua presença no ambiente de trabalho está relacionada à volatilidade de solventes orgânicos, como por exemplo: óxidos de telúrio e iodo, que apresenta altas taxas de volatilidade ao atingir temperaturas elevadas.

[3] O agente ‘levantamento de peso’ se torna evidente devido o peso proporcionado pelas blindagens de chumbo dos geradores de tecnécio e dos castelos de chumbo. Há também o arraste de volumes para medida na esteira de produção (verificação da quantidade de material radioativo contido na embalagem).

[4] A origem do agente ‘aerodispersoídes’ é proveniente de um cenário de odores resultantes de determinadas autoclaves em funcionamento no fim do seu ciclo, segundo relatos do respondente.

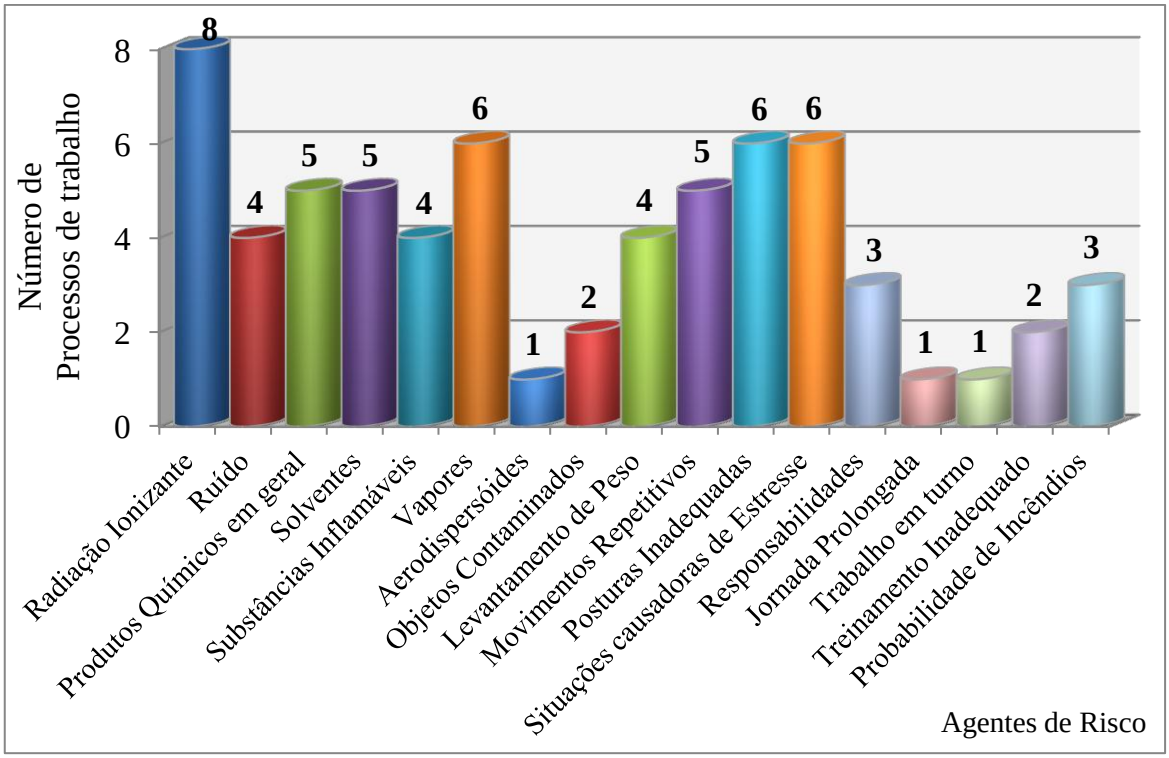


FIGURA 4.14 – Identificação dos agentes de risco, segundo os processos de trabalho

Por se tratar de uma instalação radiativa, a possibilidade de exposição às radiações ionizantes é inevitável, devido à influência dos campos de radiação decorrentes da produção de radioisótopos e radiofármacos.

Observa-se entre os processos executados (FIG. 4.14) que a radiação ionizante é o agente de risco mais frequente, seguido dos agentes vapores, posturas inadequadas e situações causadoras de estresse.

A ocorrência das situações causadoras de estresse está diretamente relacionada à pressão psicológica diária, exercida pela expedição eficiente e ágil dos radiofármacos de meia-vida curta.

4.7 Grupos homogêneos de exposição (GHEs)

Para determinação dos grupos homogêneos de exposição (GHEs) realizou-se um levantamento segundo uma avaliação sistemática de informações subjetivas coletadas por meio da caracterização básica, para verificação de quais processos de trabalhos apresentam o mesmo perfil de exposição. A TAB. 4.5 apresenta a descrição dos perfis de exposição de cada processo de trabalho.

TABELA 4.5 – Descrição sucinta dos perfis de exposição de cada processo de trabalho

	Processos de trabalho	**Frequência de execução dos processos**	**Materiais utilizados**	**Local de execução dos processos**	**Exposição aos riscos ocupacionais**
1	Produção de radioisótopos primários	Diária	Radioativos e substâncias químicas	Salas de produção e fracionamento em celas de processamento (ala quente)	Físico, químico e ergonômico
2	Produção de moléculas marcadas	Diária	Radioativos e substâncias químicas	Salas de produção e fracionamento em celas de processamento (ala quente)	Físico, químico e ergonômico
3	Produção de reagentes liofilizados	Diária	Substâncias químicas	Sala limpa (laboratório estéril) de produção de reagentes liofilizados	Físico, químico e ergonômico
4	Controle de qualidade	Diária	Radioativos e substâncias químicas	Laboratórios equipados com capelas com exaustão e fluxo laminar	Físico, químico, biológico, ergonômico e de acidente
5	Garantia da qualidade	Diária	Nenhum	Sala da gerência de Garantia da qualidade	Físico e ergonômico
6	P&D e Inovação	Dependente do experimento	Radioativos e substâncias químicas	Laboratórios equipados com capelas com exaustão e bancadas de manipulação	Físico, químico, biológico, ergonômico e de acidente
7	Infraestrutura e Apoio	Diária	Nenhum	Áreas administrativas localizadas nas instalações 1 e 2	Físico e ergonômico
8	Equipe de Radioproteção (ERP)	Diária	Dependente das necessidades de instalação	Em toda a instalação e na sala destinada à ERP, localizada na área administrativa.	Físico, químico e ergonômico

Como já mencionado, as instalações contam com a execução de oito processos de trabalho, porém nota-se que o processo produção de radioisótopos primários e a produção de moléculas marcadas, apresentam exposição aos mesmos riscos ocupacionais, a uma frequência semelhante, realizando conjuntamente seus processos no ambiente de trabalho e fazendo uso dos mesmos materiais.

Deste modo foram considerados que sete processos de trabalho recebem exposições semelhantes a uma gama específica de agentes de risco ocupacional, logo, os grupos homogêneos de exposição, GHEs são: produção, reagentes, controle de qualidade, garantia da qualidade, pesquisa, infraestrutura e radioproteção.

4.8 Avaliação qualitativa dos riscos ocupacionais

Com base nas informações relacionadas ao ambiente de trabalho e aos processos de trabalho realizados (respostas do questionário), tornou-se possível identificar os GHEs mais expostos aos agentes ocupacionais e com maior probabilidade aos agravos à saúde do trabalhador. A FIG. 4.15 mostra a distribuição dos riscos ocupacionais presentes em cada GHEs.

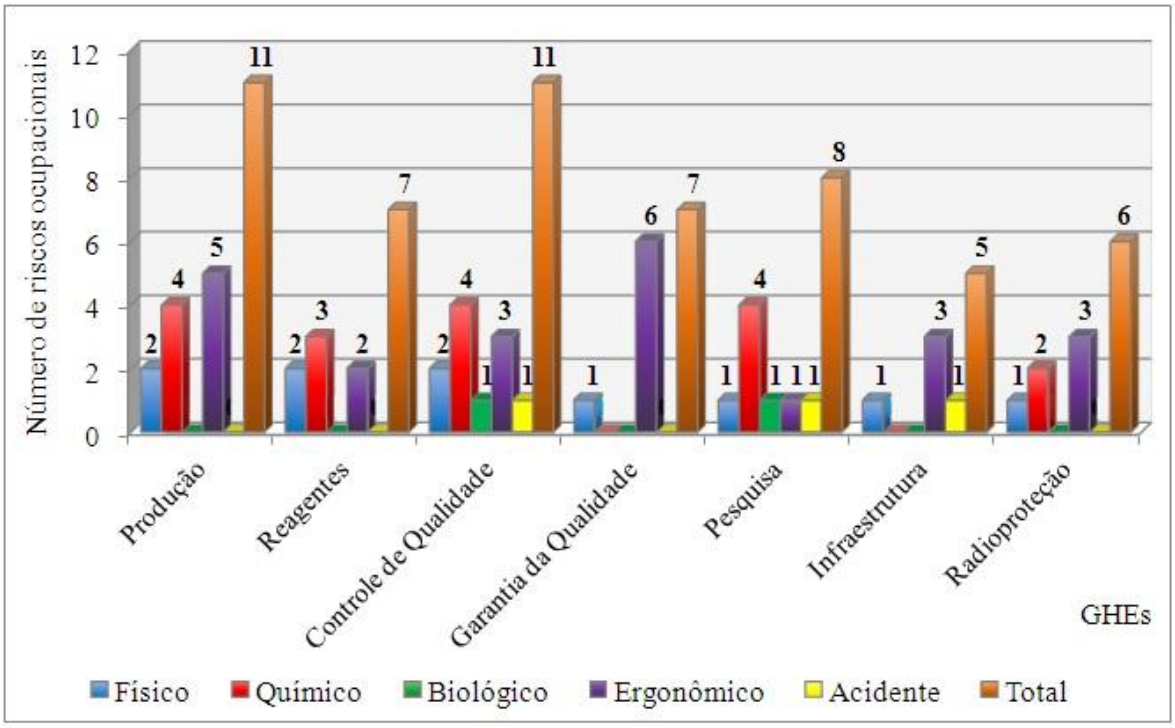


FIGURA 4.15 – Distribuição dos riscos ocupacionais entre os GHEs

Na FIG. 4.15 observa-se que os grupos da produção e controle de qualidade são os GHEs mais vulneráveis e com maior probabilidade aos agravos à saúde. Ao todo foram identificados onze agentes de risco.

O GHE infraestrutura é o grupo onde se encontra o menor número de riscos ocupacionais (cinco agentes de risco), logo, conclui-se que este seja o grupo menos vulnerável e com menor possibilidade de exposição aos riscos ocupacionais identificados.

Os grupos expostos aos cinco tipos de risco ocupacional são os GHEs controle de qualidade e pesquisa, porém para o grupo de pesquisa, suas exposições não serão consideradas prejudiciais, pois as atividades relacionadas a esses trabalhadores não apresentam uma frequência rotineira.

Os GHEs produção, reagentes, controle de qualidade e pesquisa, manipulam durante a execução de seus processos aproximadamente vinte e seis substâncias químicas, sendo na sua maioria solventes orgânicos.

Já o grupo radioproteção, sua exposição aos agentes de risco químico é decorrente de outros processos e não necessariamente da manipulação, uma vez que a ERP executa atividades de apoio aos trabalhadores do CR.

4.8.1 Locais com maior probabilidade de exposição ocupacional

Nas instalações 1 e 2, existem locais com maior probabilidade de exposição externa à radiação ionizante e de contaminação interna (incorporação) causada pelo manuseio de materiais radioativos [53].

As vias prováveis de contaminação do trabalhador são: inalação, ingestão e contato com a pele / olhos das substâncias químicas manipuladas durante a síntese, o fracionamento e a marcação dos radioisótopos e radiofármacos, nos testes para o controle de qualidade e durante os experimentos de pesquisa.

Foram identificados três locais com maior probabilidade de exposição externa e interna às radiações ionizantes. A TAB. 4.6 apresenta os locais de exposição potencial, descrição das atividades relacionadas aos processos, os GHEs, os tipos de exposição e os EPIs / EPCs de uso obrigatório do trabalhador.

TABELA 4.6 – Identificação dos locais com maior probabilidade de exposição às radiações ionizantes

Locais	**Descrição das atividades relacionada aos processos**	**GHEs**	**Tipos de exposição**	**EPIs EPCs**
1	Manuseio de altas atividades de radiofármacos e radioisótopos primários, na forma líquida, realizados dentro de caixas com luvas (*ala-quente*). Instalação 1	Produção de radioisótopos primários e moléculas marcadas	Exposição externa e interna	Dosímetro, touca, bota, luvas, máscaras com filtros e óculos de proteção
2	Manuseio de altas atividades de radiofármacos e radioisótopos primários, na forma líquida, porém contidos dentro das celas de processamento ou no setor de expedição para o transporte. Instalação 1	Produção de radioisótopos primários e moléculas marcadas	Exposição externa	Dosímetro, avental, luvas e pinças de manipulação
3	Manuseio de pequenos volumes e baixas atividades de radiofármacos e radioisótopos primários, na forma líquida em bancadas e capelas com fluxo laminar e de exaustão. Instalação 1 e 2	Controle de qualidade e P&D e Inovação	Exposição externa e interna	Dosímetro, avental e luvas

A FIG. 4.16 ilustra, em cores, a localização física dos locais mencionados acima, nas instalações 1 e 2 do CR.

FIGURA 4.16 – Locais do CR com maior probabilidade de exposição externa e interna às radiações ionizantes

4.9 Equipamentos de proteção do trabalhador (EPI e EPC)

Os trabalhadores do CR, durante a execução de suas atividades utilizam EPIs, tais como, capuz, óculos, protetor facial, respirador de ar não motorizado, avental, luvas descartáveis e estéreis, sapatilha, bota, calça, macacão e vestimenta de corpo inteiro.

Também se faz uso de EPCs, como por exemplo: celas de processamento, caixas com luvas, capelas, pinças de manipulação, pipetas, chuveiro de segurança/lava-olhos, sinalização para EPIs e laboratorial e extintores de incêndios. Como meio de contenção utiliza-se vidro plumbífero e paredes de chumbo.

Destaca-se a importância do emprego de EPIs como óculos máscaras e roupas apropriadas, pois algumas substâncias químicas, já mencionadas, são consideradas: não radioativas, corrosivas, irritantes, tóxicas, inflamáveis e/ou voláteis, além de apresentarem potencial risco cancerígeno [15, 28, 60].

4.10 Avaliação quantitativa dos riscos ocupacionais

4.10.1 Medidas de controle e monitoramento

A Equipe de Radioproteção, ERP, rotineiramente, desempenha suas atividades por meio da aplicação de técnicas de monitoramento em caráter preventivo e confirmatório, bem como a análise dos dados de exposição, de acordo com as normas nacionais [38].

O controle radiológico realizado pela ERP engloba tanto o monitoramento de área como o individual.

O monitoramento do local de trabalho é operacional, realizado por intermédio do uso de detectores para contaminação de pés e mãos, do tipo fixo e móvel. Também são monitoradas as descargas atmosféricas.

Para o controle individual da radiação externa, os trabalhadores utilizam dosímetros do tipo termoluminescente (TLD), portado no tórax e avaliado mensalmente. No caso de contaminação interna são avaliados com medidas de corpo inteiro, com frequência de medida variada.

O SEST em conformidade como os procedimentos estabelecidos nas normas regulamentadoras na área de Saúde e Segurança do Trabalho realizam medidas de controle e quando necessário introduzem novos mecanismos para a mitigação do risco ocupacional, visando o bem estar do trabalhador.

Medições pontuais de ruído, operações de riscos de explosão, medição de pressão de água dos hidrantes e medição do nível de iluminação são exemplos de monitoramentos realizados pelo SEST da Instituição IPEN-CNEN/SP. Após essas medições é emitido um laudo de conclusão e são tomadas as medidas cabíveis.

Esses monitoramentos são solicitados quando em algum levantamento radiométrico das condições de trabalho é verificado algum tipo de agente de risco que possa ser prejudicial ao trabalhador ou por solicitação de alguma área do CR.

No caso dos agentes ergonômicos, quando identificado, procura-se adaptar as condições de trabalho às características do ser humano, buscando o ajuste confortável e produtivo entre o indivíduo e seu ambiente de trabalho.

4.10.2 Limites de exposição ocupacional (LEOs)

Apenas os agentes de risco físicos, químicos e biológicos apresentam LEOs. Os LEOs de alguns agentes encontram-se definidos na NR 15 – Atividades e Operações Insalubres do MTE [39].

Nas atividades ou operações onde os trabalhadores possam estar expostos às radiações ionizantes, os limites de tolerância, os princípios, as obrigações e controles básicos para a proteção do homem e do seu meio ambiente contra possíveis efeitos deletérios causados pela radiação ionizante são os constantes da Norma CNEN-NN-3.01: Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica, aprovada pela Resolução CNEN 164/14 de março de 2014 [38, 39].

As exposições ocupacionais dos trabalhadores não devem exceder o limite de dose especificado na TAB. 4.7 [38].

TABELA 4.7 – Limites de dose anuais [a]

Grandeza	Órgão	Indivíduo ocupacionalmente exposto
Dose efetiva	Corpo inteiro	20 mSv [b]
Dose Equivalente	Cristalino	20 mSv [b]*
	Pele [c]	500 mSv
	Mão e pés	500 mSv

[a] Para fins de controle administrativo efetuado pela CNEN, o termo dose anual deve ser considerado como dose no ano calendário, isto é, no período decorrente de janeiro a dezembro de cada ano.

[b] Média aritmética em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano.

** Alterado pela Resolução CNEN 114/2011*

[c] Valor médio em 1 cm^2 de área, na região mais irradiada.

Os tempos de exposição aos níveis de ruído não devem exceder os LEOs fixados no anexo N.º 1 – Limites de tolerância para ruído estabelecido na NR 15.

Nas atividades ou operações nas quais os trabalhadores apresentam probabilidade de exposição aos agentes químicos, os LEOs não devem ultrapassar o estabelecido no anexo N.º 11 da NR 15 - Agentes químicos cuja insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho. Entretanto nem todos os LEOs dos agentes químicos podem ser encontrados na NR 15. Para complementar dos dados, pode-se consultar o NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards [28, 39].

Ainda na NR 15, o anexo N.° 14 – Agentes biológicos apresenta uma relação das atividades que envolvem agentes biológicos, caracterizadas pela avaliação qualitativa.

4.10.3 Agente de risco físico - radiação ionizante

O único agente de risco passível de quantificação foi o agente de risco físico radiação ionizante. O monitoramento individual dos GHEs é realizado conforme já descrito em 4.10.1.

Com a finalidade de garantir um nível adequado de proteção individual para cada IOE, deve ser estabelecido, como condição limitante do processo de otimização da proteção radiológica, **níveis de referência ocupacionais**:

- **Nível de registro** para monitoração individual mensal de IOE é de 0,20 mSv para dose efetiva. Todas as doses maiores ou iguais a 0,20 mSv devem ser registradas, embora possa ser feito também o registro das doses abaixo desse nível.

- **Nível de investigação** para monitoração individual de IOE deve ser, para dose efetiva, 6 mSv por ano ou 1 mSv em qualquer mês [61].

O resultado das doses efetivas é obtido por meio do somatório da exposição externa e da contaminação interna (incorporação de radionuclídeos). A TAB. 4.8 apresenta a análise descritiva completa para a dose efetiva obtida no período de 2013 a 2014.

TABELA 4.8 – Análise descritiva completa para a dose efetiva

Análise descritiva	**2013**	**2014**
Dose Média (mSv/a)	4,06	3,41
Mediana (mSv/a)	2,47	2,41
Desvio Padrão	3,37	2,25
Coeficiente de Variação (CV)	83%	66%
1º Quartil (Q1)	2,40	2,20
3º Quartil (Q3)	4,59	3,62
Mínimo (mSv)	1,18	0,40
Máximo (mSv)	21,12	11,88
Número de trabalhadores	102	102
Intervalo de Confiança (IC)	0,66	0,44
Dose Coletiva (mSv.pessoa)	414,41	347,61
Número de trabalhadores acima da Dose Média	28	27
Número de trabalhadores abaixo do Nível de registro (2,4 mSv/a)	49	51
Número de trabalhadores acima do Nível de investigação (6 mSv/a)	16	12

Na análise descritiva completa para a dose efetiva verifica-se que a dose efetiva média, no ano de 2013, foi de (4,06 ± 0,66) mSv. No ano de 2014 a dose efetiva média foi de (3,41 ± 0,44) mSv. Observa-se uma diminuição de 16% na dose efetiva anual dos trabalhadores no ano de 2014 em relação ao ano de 2013.

Ainda na TAB. 4.8 observa-se também uma redução de 16% da dose coletiva para o ano de 2014 em relação ao ano de 2013. Em 2013 a dose coletiva foi de 414,41 mSv.pessoa e no ano de 2014 a dose coletiva foi de 347,61 mSv.pessoa.

Os procedimentos de monitoração realizados pela Equipe de Radioproteção, ERP, do CR e a adoção de medidas administrativas para a prevenção do controle de doses e de contaminações, contribuíram para redução de 16% na dose efetiva anual e na dose coletiva dos trabalhadores, no ano de 2014 em comparação ao ano de 2013.

A variabilidade (desvio padrão) em relação à média é alta e os coeficientes de variação referente ao ano de 2013 e 2014 equivalem respectivamente a 83% e 66%, ou seja, maior que 50%. Isto demonstra a heterogeneidade dos dados.

Essa heterogeneidade pode estar relacionada ao número de trabalhadores (N) que compõe a amostra estudada. Com um número de trabalhadores (N) inferior a dez indivíduos a probabilidade de obtenção de um coeficiente de variação maior que 83% seria muito grande, neste caso optou-se por analisar as doses em conjunto e não de acordo com os GHEs estabelecidos pela estratégia de avaliação da exposição adotada neste trabalho.

Conforme mostra a FIG. 4.17 foi estabelecido um IC de 95% para a dose efetiva média na qual o valor adquirido poderá variar entre 3,41 mSv (valor mínimo) a 4,72 mSv (valor máximo) para 2013 e 2,97 mSv (valor mínimo) a 3,85 mSv (valor máximo) em 2014.

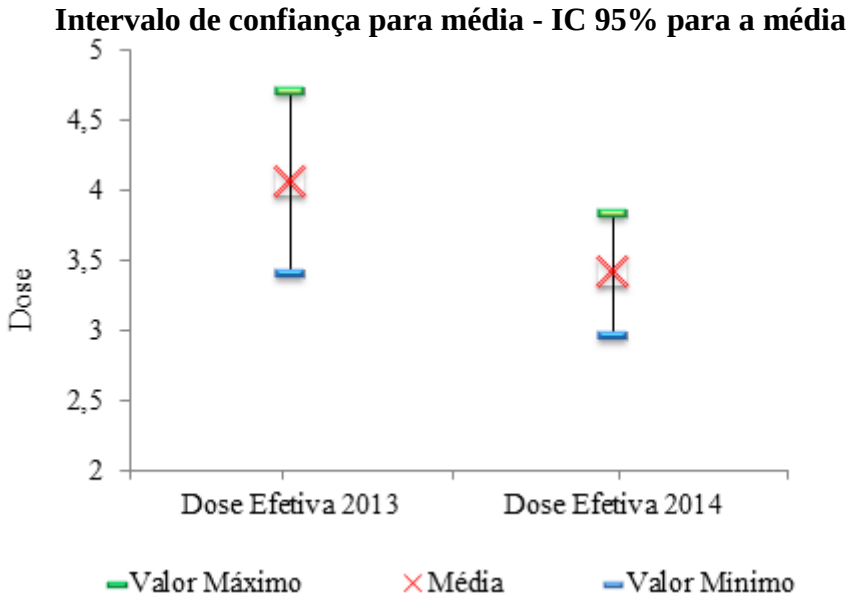


FIGURA 4.17 – Intervalo de confiança para dose efetiva média referente aos anos de 2013 e 2014

As FIG. 4.18 e 4.19 apresentam a distribuição das doses efetivas (mSv), em intervalos de dose, recebidas pelos trabalhadores de cada GHEs, nos anos de 2013 e 2014.

Os dados de monitoramento individual foram obtidos por meio da consulta aos históricos de dose individual.

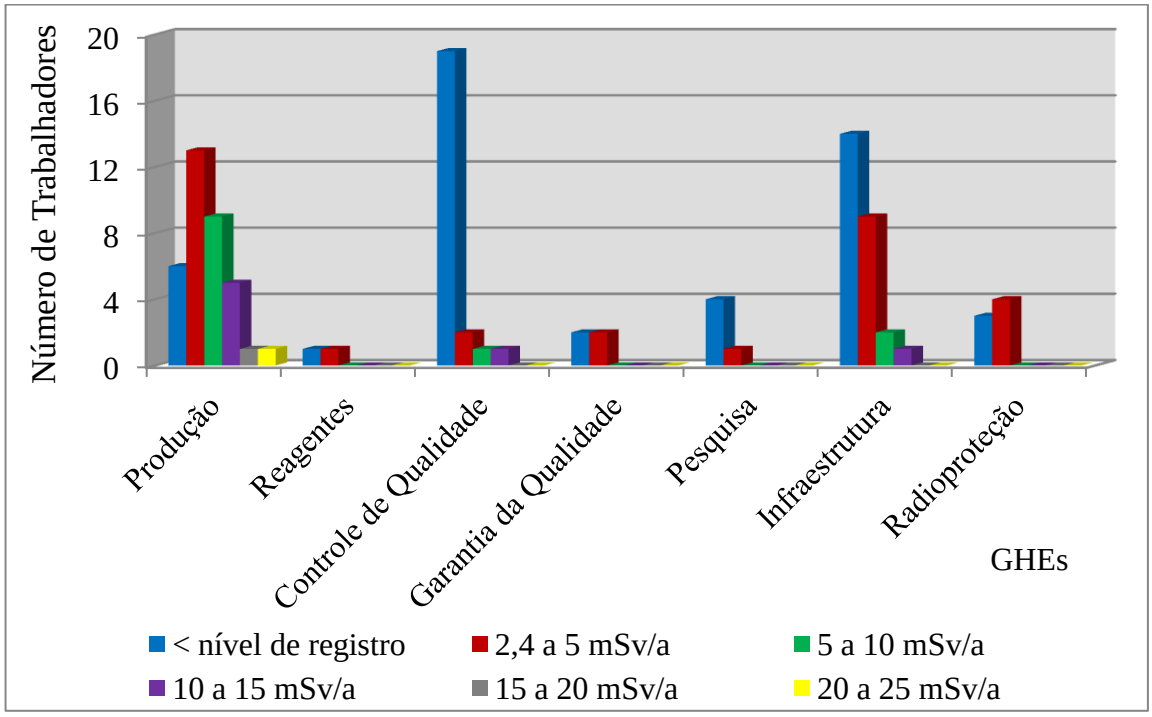


FIGURA 4.18 – Distribuição das doses efetivas dos trabalhadores de cada GHEs, por intervalo de dose, no ano de 2013

No ano de 2013, de um total de 102 trabalhadores da amostra analisada, apenas um trabalhador do GHE produção, excedeu o limite de 20 mSv/a. Dos 35 trabalhadores deste mesmo grupo, 13 receberam doses maiores de 2,4 mSv/a, isto é, acima do nível de registro, conforme estabelecido em norma nacional [38].

Ainda na FIG. 4.18 observa-se que os trabalhadores pertencentes ao GHE controle de qualidade, em sua maioria, encontram-se com doses abaixo do nível de registro.

Já no ano de 2014, não foram encontradas doses acima do limite estabelecido em norma (20 mSv/a). O GHE produção recebeu as maiores doses, sendo que 17 trabalhadores receberam doses acima do nível de registro (2,4 mSv/a), índice superior à análise de doses do ano de 2013.

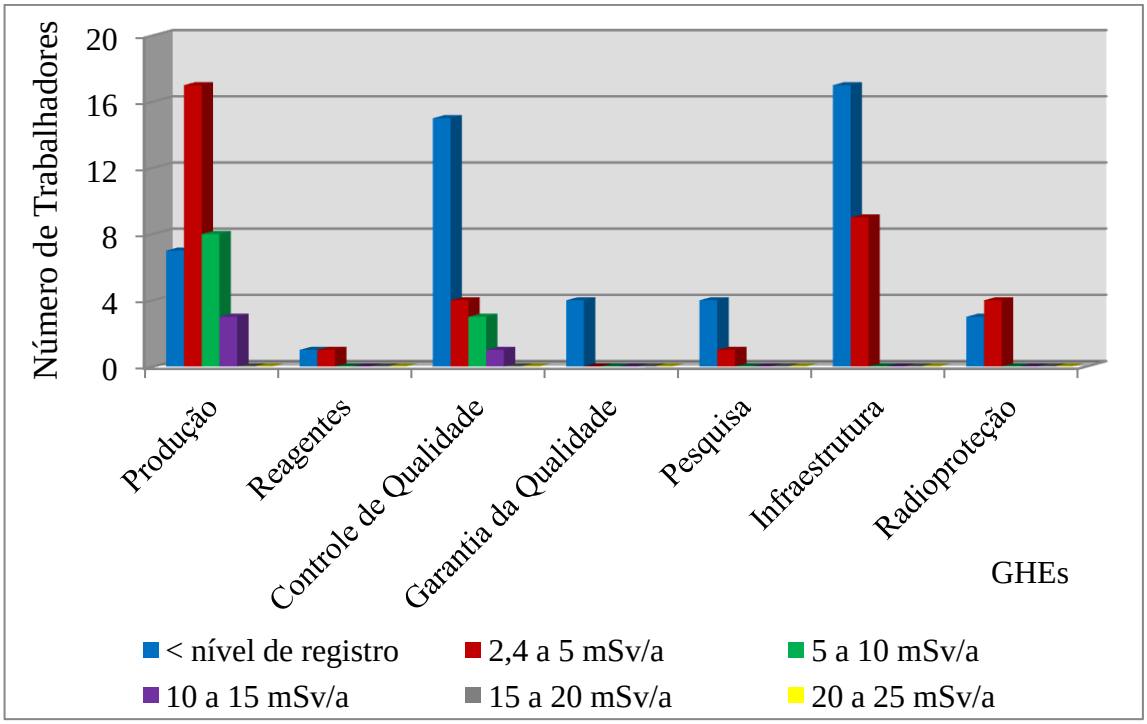


FIGURA 4.19 – Distribuição das doses efetivas dos trabalhadores de cada GHEs, por intervalo de dose, no ano de 2014

4.11 Análise estatística - avaliação quanti-qualitativa dos riscos ocupacionais

Nesse estudo, o único agente de risco passível de quantificação foi a radiação ionizante, portanto uma análise estatística foi realizada com o intuito de estimar quais agentes de risco identificados estariam associados à ocorrência dos riscos ocupacionais nos GHEs estabelecidos.

Primeiramente foram analisadas e caracterizadas as distribuições das frequências relativas (percentuais) por meio do teste estatístico não paramétrico Igualdade de Duas Proporções.

Desse modo a variável qualitativa dependente, risco ocupacional, foi caracterizada de acordo com sua frequência relativa em cada GHEs.

Por intermédio da análise das frequências dos riscos ocupacionais identificados, segundo sua natureza (risco físico, químico, biológico, ergonômico e de acidente), tornou-se possível o agrupamento dos trabalhadores em três Grupos de Risco: Grupo de Risco 1, 2 e 3. Esses grupos de trabalhadores estão expostos aos riscos de natureza similar.

A TAB. 4.9 apresenta a análise das frequências realizada por meio do teste Igualdade de Duas Proporções e a FIG. 4.20 ilustra essa distribuição.

TABELA 4.9 – Distribuição da frequência relativa da variável risco ocupacional entre os Grupos de Risco

Grupos de Risco	Risco Ocupacional	Número de trabalhadores	Frequência (%)	p-valor
Risco 1	Físico, Ergonômico e de Acidente	29	28,4	0,020
Risco 2	Físico, Químico e Ergonômico	45	44,1	Ref.
Risco 3	Físico, Químico, Biológico, Ergonômico e de Acidente	28	27,5	0,013

Nota: p-valor considerado estatisticamente significativo perante o nível de significância adotado ($p < 0,05$).
Ref. considerado o nível de resposta prevalente, ou seja, que apresenta a maior frequência e consequentemente o maior percentual. Existem apenas quando a variável em estudo apresentar três ou mais níveis de resposta.

O Grupo de Risco 2 constituiu-se com o maior percentual (44,1%) e é composto pelos GHEs produção, reagentes e radioproteção (FIG. 4.20). Já o Grupo de Risco 1 formou-se por meio dos trabalhadores pertencentes aos GHEs garantia da qualidade e infraestrutura, apresentando um percentual semelhante ao Grupo de Risco 3, constituído pelos GHEs controle de qualidade e pesquisa.

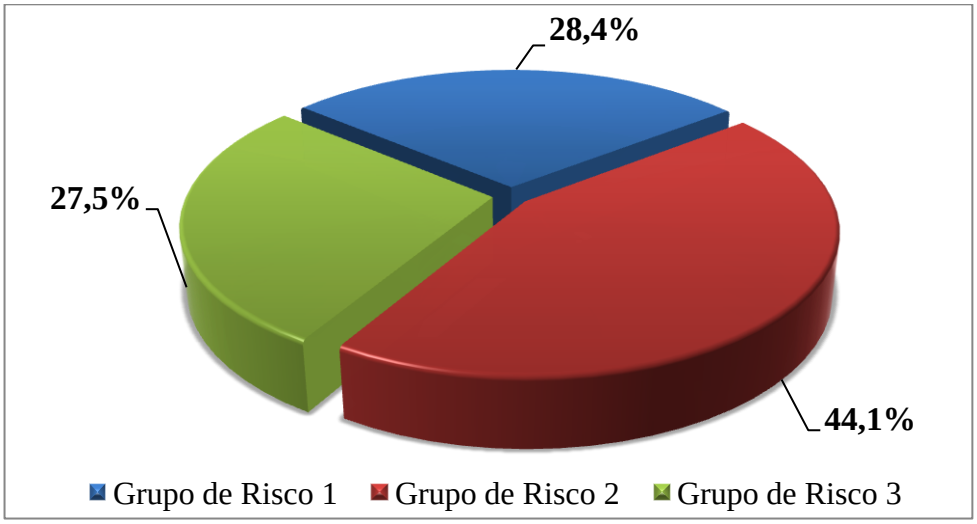


FIGURA 4.20 - Distribuição da frequência relativa da variável risco ocupacional entre os Grupos de Risco

4.11.1 Distribuição da frequência relativa dos agentes e fatores de risco

Por intermédio do questionário aplicado foram analisadas dezesseis variáveis qualitativas (agentes e fatores de risco) relacionadas com os materiais manipulados durante a execução dos processos e as com condições ambientais do local de trabalho, tais como:

- Radionuclídeos manipulados na produção de radioisótopos e radiofármacos;
- Tipo de emissão dos radionuclídeos (forma de decaimento radioativo);
- Forma física dos radionuclídeos;
- Substâncias químicas manuseadas;
- Temperaturas extremas no ambiente de trabalho;
- Presença de ruído no ambiente de trabalho;
- Presença e possibilidade de contato com as radiações;
- Manuseio e armazenamento de produtos químicos perigosos;
- Contaminantes químicos dispersos no ar;
- Manuseio de material biológico durante a execução das atividades;
- Contaminantes biológicos dispersos no ar;
- Probabilidade de incêndios ou explosões;
- Iluminação inadequada do ambiente de trabalho;
- Presença de carga física (levantamento manual de peso, posturas inadequadas, movimentos repetitivos, jornada de trabalho prolongada, etc.);
- Presença de carga mental (exigências excessivas) e;
- Situações causadoras de estresse.

Com o objetivo de caracterizar a distribuição da frequência relativa (percentuais) das variáveis qualitativas citadas acima, aplicou-se o teste Igualdade de Duas Proporções nas questões do questionário referentes: aos materiais utilizados para execução das atividades e às condições ambientais do local de trabalho.

As TAB. 4.10 a 4.25 apresentam a distribuição das frequências relativas das variáveis estudadas e no **Apêndice B** são ilustradas graficamente.

TABELA 4.10 – Distribuição da frequência da variável radionuclídeos manipulados

Radionuclídeos	Número de trabalhadores	Frequência (%)	p-valor
^{18}F, ^{153}Sm, ^{111}In, ^{123}I, ^{177}Lu, ^{90}Y, ^{68}Ga, ^{51}Cr e ^{32}P	8	7,8	< 0,001
^{99m}Tc / ^{99}Mo, ^{201}Tl e ^{67}Ga	27	26,5	0,535
^{99m}Tc / ^{99}Mo, ^{201}Tl, ^{153}Sm, ^{111}In, ^{131}I, ^{123}I, ^{177}Lu, ^{90}Y, ^{67}Ga, ^{68}Ga, ^{51}Cr e ^{18}F	23	22,5	0,204
^{99m}Tc / ^{99}Mo, ^{201}Tl, ^{153}Sm, ^{111}In, ^{131}I, ^{123}I, ^{177}Lu, ^{90}Y, ^{67}Ga, ^{68}Ga, ^{51}Cr, ^{18}F, ^{32}P, ^{130}T, e ^{125}I	7	7,8	< 0,001
^{99m}Tc / ^{99}Mo, ^{201}Tl, ^{153}Sm, ^{111}In, ^{131}I, ^{123}I, ^{177}Lu, ^{90}Y, ^{67}Ga, ^{68}Ga, ^{51}Cr, ^{18}F, ^{32}P, ^{166}Ho, ^{188}Re e ^{64}Cu	5	4,9	< 0,001
NA	32	30,4	Ref.
Total	102	99,9	

Nota: NA = não se aplica, isto é, não manipulam radionuclídeos durante a execução de suas atividades.

Na TAB. 4.10 observa-se p-valores > 0,05 (nível de significância adotado p < 0,05), neste caso, há duas maneiras de interpretação desses p-valores:

1. Pela análise das proporções, no qual p = 0,535 e p = 0,204 (p-valores maiores que 0,05) demonstram que existe uma diferença entre as proporções analisadas. Essa diferença também pode ser observada no percentual total de 99,9%.

2. De acordo com o nível de significância adotado (erro estatístico), ou seja, com p = 0,535 e p = 0,204 admite-se um erro, respectivamente, de ± 53% e ± 20% ao aceitar com exatidão os valores obtidos.

Porém as análises de distribuição da frequência relativa das variáveis qualitativas, é apenas a primeira etapa de todo o estudo estatístico realizado, assim se aceita os erros de ± 53% e ± 20% estabelecidos pelos p-valores e as diferenças de proporções, para continuidade da estatística aplicada.

Essas interpretações também se aplicam aos resultados da estatística p-valor na TAB. 4.11.

TABELA 4.11 – Distribuição da frequência da variável tipo de emissão dos radionuclídeos

Emissão	**Número de trabalhadores**	**Frequência (%)**	**p-valor**
Beta e Gama	27	26,4	0,293
Beta e Pósitron	8	7,8	< 0,001
Beta, Gama e Pósitron	35	34,3	Ref.
NA	32	31,4	0,293
Total	102	99,9	

TABELA 4.12 – Distribuição da frequência da variável forma física dos radionuclídeos

Forma Física	**Número de trabalhadores**	**Frequência %**	**p-valor**
Líquido	58	56,9	Ref.
Líquido e sólido	15	14,7	< 0,001
NA	29	28,4	< 0,001
Total	102	100	

A TAB. 4.12 mostra que a maior parte dos radionuclídeos manipulados na instalação encontra-se na forma física líquida (56,9%). Todos os p-valores são estatisticamente significativos ($p < 0,05$).

TABELA 4.13 – Distribuição da frequência da variável substâncias químicas manuseadas

Substancias Químicas	Número de trabalhadores	Frequência (%)	p-valor
Acetato de amônio, acetato de sódio, acetona, ácido clorídrico, etanol, fosfato de sódio, hidróxido de amônio, hidróxido de sódio, metanol e peróxido de hidrogênio	35	34,3	0,131
Acetato de amônio, acetato de sódio, acetato de etila, acetona, ácido acético, ácido clorídrico, ácido sulfúrico, cloreto de amônio, cloreto de sódio, clorofórmio, chumbo, etanol, fosfato de sódio, hidróxido de amônio, hidróxido de sódio, metanol, metil etil cetona, monóxido de carbono, n-Hexano e xileno	5	4,9	< 0,001
Acetato de amônio, acetona, acetonitrila, ácido clorídrico, cloreto de sódio, hidróxido de amônio, fosfato de sódio e metanol	23	22,5	0,031
Ácido clorídrico, ácido sulfúrico, citrato de sódio, cloreto estanoso, fluoreto de sódio e hidróxido de sódio	2	2,0	< 0,001
NA	37	36,3	Ref.
Total	102	100	

No caso de um p-valor = 0,131 (TAB. 4.13) encontra-se um limite de "instabilidade", ou seja, relativamente próximo do limite de aceitação, logo se pode dizer que existe uma tendência à significância. Por essa razão a diferença entre a proporção não é tão explícita.

Segundo a distribuição da frequência das substâncias químicas manuseadas, nota-se que a maior parte dos trabalhadores (36,3%), não manipula nenhum tipo de substâncias.

TABELA 4.14 – Distribuição da frequência da variável temperatura extrema no ambiente de trabalho

Temperaturas Extremas	Número de trabalhadores	Frequência (%)	p-valor
Não	102	100	< 0,001
Sim	0	0	

Observa-se na TAB. 4.14 a ausência de frequência nesta variável, ou seja, ao responder o questionário, a opção sim, que indicaria a presença de temperaturas extremas no local de trabalho, não foi selecionada por nenhum respondente.

TABELA 4.15 – Distribuição da frequência da variável presença de ruído no ambiente de trabalho

Presença de Ruído	**Número de trabalhadores**	**Frequência (%)**	**p-valor**
Não	42	41,2	0,012
Sim	60	58,8	

A TAB. 4.15 mostra a predominância da presença do ruído nas atividades executas na instalação estudada (58,8%).

TABELA 4.16 – Distribuição da frequência da variável presença e / ou possibilidade de contato com as radiações

Presença e / ou contato com a radiação	**Número de trabalhadores**	**Frequência (%)**	**p-valor**
Radiação Ionizante	37	36,3	0,001
Radiação Ionizante e Micro-ondas	5	4,9	< 0,001
Radiação Ionizante e Ultravioleta	60	58,8	Ref.

Nota-se nas TAB. 4.16 que os trabalhadores também estão expostos às radiações não ionizantes, entre elas destaca-se a radiação ultravioleta, que em conjunto com as radiações ionizantes apresentam o maior percentual (58,8%).

TABELA 4.17 – Distribuição da frequência da variável manuseio e armazenamento de produtos químicos perigosos

Manuseio Químico	**Número de trabalhadores**	**Frequência (%)**	**p-valor**
Não	37	36,3	< 0,001
Sim	65	63,7	

A TAB. 4.17 mostra que a maior parte dos produtos manipulados e utilizados na produção de radioisótopos e radiofármacos são considerados perigosos (63,7%).

TABELA 4.18 – Distribuição da frequência da variável contaminantes químicos dispersos no ar

Contaminantes Químicos	Número de trabalhadores	Frequência (%)	p-valor
Não	77	75,5	< 0,001
Sim	25	24,5	

Observa-se na TAB. 4.18 que apenas uma pequena parcela do total dos trabalhadores (24,5%), identificou a presença de contaminantes químicos dispersos no ar, como por exemplos: vapores e os aerodispersóides.

TABELA 4.19 – Distribuição da frequência da variável manuseio de material biológico

Material Biológico	Número de trabalhadores	Frequência (%)	p-valor
Não	74	72,5	< 0,001
Sim	28	27,5	

O manuseio de material biológico também apresentou um pequeno percentual (27,5%), conforme ilustrado na TAB. 4.19.

TABELA 4.20 – Distribuição da frequência da variável contaminantes biológicos dispersos no ar

Contaminantes Biológicos	Número de trabalhadores	Frequência %	p-valor
Não	102	100	< 0,001
Sim	0	0	

Novamente nota-se a ausência de frequência nesta variável, ou seja, ao responder o questionário, essa opção não foi selecionada pelos respondentes (TAB. 4.20).

TABELA 4.21 – Distribuição da frequência da variável probabilidade de incêndios e explosões

Probabilidade de Incêndio	Número de trabalhadores	Frequência %	p-valor
Não	49	48	0,575
Sim	53	52	

A TAB. 4.21 demonstra que aproximadamente metade da amostra (52%) encontra-se sobre o risco da ocorrência de incêndios e explosões. Essa variável apresenta um $p > 0,05$ ($p = 0,575$), entretanto se aceita o erro estatístico de ± 57% para prosseguimento do estudo.

TABELA 4.22 – Distribuição da frequência da variável iluminação inadequada no ambiente de trabalho

Iluminação Inadequada	Número de trabalhadores	Frequência (%)	p-valor
Não	102	100	< 0,001
Sim	0	0	

A TAB. 4.22 apresenta mais uma variável com ausência de frequência.

TABELA 4.23 – Distribuição da frequência da variável presença de carga física

Carga Física	Número de trabalhadores	Frequência (%)	p-valor
Não	30	29,4	< 0,001
Sim	72	70,6	

Em relação a variável carga física, demonstrada na TAB. 4.23, observa-se que a maioria dos trabalhadores (70,6%) encontram-se expostos às cargas físicas exercidas, por exemplo, pelo levantamento manual de peso e jornada prolongada de trabalho.

TABELA 4.24 – Distribuição da frequência da variável presença de carga mental

Carga Mental	Número de trabalhadores	Frequência (%)	p-valor
Não	58	56,9	0,050
Sim	44	43,1	

A TAB. 4.24 demonstra que 43,1% dos trabalhadores encontram-se sobre a presença de carga mental, como consequência das exigências excessivas e responsabilidades exercidas pela complexidade das atividades desenvolvidas na instalação.

TABELA 4.25 – Distribuição da frequência da variável situações causadoras de estresse

Estresse	Número de trabalhadores	Frequência (%)	p-valor
Não	2	2	< 0,001
Sim	100	98	

Na TAB. 4.25 observa-se que quase a totalidade dos trabalhadores estão expostos as situação causadoras de estresse, decorrente da produção e expedição dos radiofármacos de meia vida curta.

Após a análise das frequências relativas das dezesseis variáveis qualitativas, apenas três variáveis: temperaturas extremas, contaminantes biológico dispersos no ar e iluminação inadequada, não apresentaram frequências relativas, pois ao responder o questionário, essas variáveis não foram selecionadas pelos respondentes.

Posteriormente para estimar quais agentes ou fatores de risco identificados no ambiente de trabalho estariam relacionados à ocorrência dos riscos ocupacionais, tornou-se necessário verificar a existência do grau de associação estatística entre o risco ocupacional (variável dependente) e seus possíveis agentes e fatores (demais variáveis qualitativas).

4.11.2 Análise estatística do grau de associação entre os Grupos de Risco com as demais variáveis qualitativas

A obtenção do grau de associação estatística entre os Grupos de Risco e as demais variáveis foi realizada por intermédio da aplicação dos testes não paramétricos

Qui-Quadrado e Correção de Yates. Destaca-se que a variável risco ocupacional é representada pelos Grupos de Risco (TAB. 4.9).

Vale ressaltar que a Correção de Yates só foi utilizada quando o número de observações (respostas) em cada casela da tabela for menor ou igual a cinco indivíduos (N) e a frequência esperada também for menor ou igual a 5%.

As TAB. 4.26 e 4.27 apresenta a distribuição conjunta dos resultados das associações estatísticas (grau de dependência) com valores absolutos e percentuais.

Para verificar a existência de associação estatística, analisam-se os valores percentuais. Assim comparando-se a distribuição da coluna total com as demais colunas (intermediárias).

As prováveis associações e/ou dependências estatísticas são observadas quando existir algum valor (por linha) que seja diferente do valor existente na coluna total.

TABELA 4.26 – Grau de associação entre os Grupos de Risco e as demais variáveis relacionadas aos materiais utilizados nas atividades

Variáveis Qualitativas		Risco 1		Risco 2		Risco 3		Total		p-valor
		N	%	N	%	N	%	N	%	
Radionuclídeo	^{18}F, ^{153}Sm, ^{111}In, ^{123}I, ^{177}Lu, ^{90}Y, ^{68}Ga, ^{51}Cr e ^{32}P	0	0	8	19	0	0	8	11	< 0,001
	^{99m}Tc / ^{99}Mo, ^{201}Tl e ^{67}Ga	0	0	27	**63**	0	0	27	39	
	^{99m}Tc / ^{99}Mo, ^{201}Tl, ^{153}Sm, ^{111}In, ^{131}I, ^{123}I, ^{177}Lu, ^{90}Y, ^{67}Ga, ^{68}Ga, ^{51}Cr e ^{18}F	0	0	0	0	22	**81**	22	31	
	^{99m}Tc / ^{99}Mo, ^{201}Tl, ^{153}Sm, ^{111}In, ^{131}I, ^{123}I, ^{177}Lu, ^{90}Y, ^{67}Ga, ^{68}Ga, ^{51}Cr, ^{18}F, ^{32}P, ^{130}T, e ^{125}I	0	0	8	19	0	0	8	11	
	^{99m}Tc / ^{99}Mo, ^{201}Tl, ^{153}Sm, ^{111}In, ^{123}I, ^{131}I, ^{177}Lu, ^{90}Y, ^{67}Ga, ^{68}Ga, ^{18}F, ^{32}P, ^{166}Ho, ^{188}Re e ^{64}Cu	0	0	0	0	5	19	5	7	
Tipo de emissão	Beta e Gama	0	0	29	**64**	0	0	29	40	< 0,001
	Beta e Pósitron	0	0	8	18	0	0	8	11	
	Beta, Gama e Pósitron	0	0	8	18	28	**100**	36	49	
Forma física	Líquido	0	0	35	81	23	82	58	82	**0,937**
	Líquido, gasoso e pó	0	0	8	19	5	18	13	18	
Substância química	Acetato de amônio, Acetato de sódio, Acetona, Ácido clorídrico, Etanol, Fosfato de sódio, Hidróxido de amônio, Hidróxido de sódio, Metanol e Peróxido de hidrogênio	0	0	27	**77**	0	0	27	43	< 0,001
	Acetato de amônio, Acetato de sódio, Acetato de etila, Acetona, Ácido acético, Ácido clorídrico, Ácido sulfúrico, Cloreto de amônio, Cloreto de sódio, Clorofórmio, Chumbo, Etanol, Fosfato de sódio, Hidróxido de amônio, Hidróxido de Sódio, Metanol, Metil etil cetona, Monóxido de carbono, n-Hexano e Xileno	0	0	0	0	5	18	5	8	
	Acetato de amônio, Acetona, Acetonitrila, Ácido clorídrico, Cloreto de sódio, Hidróxido de amônio, Fosfato de sódio e Metanol	0	0	0	0	23	**82**	23	37	
	Ácido Clorídrico, Ácido sulfúrico, Citrato de sódio, Cloreto estanoso, Fluoreto de sódio e Hidróxido de sódio	0	0	8	50	0	0	8	18	

Nota: As respostas "NA" e os níveis de repostas com prevalência inferior a 3 casos, não foram consideradas para a análise de associação (conforme respostas do questionário - **Apêndice A**); N = número de trabalhadores.

TABELA 4.27 – Grau de associação entre os Grupos de Risco e as demais variáveis relacionadas às condições ambientais do local de trabalho

Variáveis Qualitativas		**Risco 1**		**Risco 2**		**Risco 3**		**Total**		**p-valor**
		N	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**	
Presença de radiação	RI	29	**100**	8	18	0	0	37	36	< 0,001
	Radiação Ionizante e Micro-ondas	0	0	0	0	5	18	5	5	
	RUV	0	0	37	**82**	23	**82**	60	59	
Ruído	Não	29	**100**	8	18	5	18	42	41	< 0,001
	Sim	0	0	37	**82**	23	**82**	60	59	
Manuseio químico perigoso	Não	29	**100**	8	18	0	0	37	36	< 0,001
	Sim	0	0	37	**82**	28	**100**	65	64	
Contaminantes químicos no ar	Não	29	**100**	43	**96**	5	18	77	75	< 0,001
	Sim	0	0	2	4	23	**82**	25	25	
Manuseio biológico	Não	29	**100**	45	**100**	0	0	74	73	< 0,001
	Sim	0	0	0	0	28	**100**	28	27	
Incêndio e explosões	Não	4	14	45	**100**	0	0	49	48	< 0,001
	Sim	25	**86**	0	0	28	**100**	53	52	
Carga física	Não	25	**86**	0	0	5	18	30	29	< 0,001
	Sim	4	14	45	**100**	23	**82**	72	71	
Carga mental	Não	25	**86**	10	22	23	**82**	58	57	< 0,001
	Sim	4	14	35	**78**	5	18	44	43	
Situação de estresse	Não	0	0	2	4	0	0	2	2	**0,275**
	Sim	29	100	43	96	28	100	100	98	

Nota: RI – Radiação Ionizante; RUV – Radiação Ultravioleta; N = número de trabalhadores.

Observa-se que os Grupos de Risco apresentam associação estatisticamente significativa com quase todas as demais variáveis. Assim para facilitar, destaca-se em amarelo as associações. Exemplificam-se essas associações entre os Grupos de Risco e a probabilidade de incêndios e explosões (TAB. 4.27). Nota-se que entre o Grupo de Risco 1, 86% dos trabalhadores consideram a probabilidade de incêndios e explosões. Já o Grupo de Risco 2 não considera essa probabilidade e o Grupo de Risco 3 encontra-se 100% de probabilidade de incêndios e explosões.

Verifica-se nos resultados que das treze variáveis analisadas, apenas duas não apresentaram um grau de associação estatisticamente significativo, por possuírem valores percentuais muito semelhantes ao da coluna total. Essas variáveis foram: forma física dos radionuclídeos e situações causadoras de estresse.

As onze variáveis restantes: radionuclídeos manipulados e tipo de emissão, substância química utilizada, presença de radiação, ruído, manuseio de material químico perigoso, contaminantes químicos no ar, manuseio de material biológico, probabilidade de incêndios e explosões, carga física e carga mental apresentaram um grau de associação estatisticamente significativo com os Grupos de Risco, com percentuais acima de 60%.

Assim, o **Grupo de Risco 1** apresenta associação estatisticamente significativa apenas com duas variáveis: presença e possibilidade de contato com a radiação ionizante (100%) e probabilidade de incêndios e explosões (86%).

O **Grupo de Risco 2** demonstrou associação com oito variáveis (radionuclídeo, tipo de emissão, substância química, presença de radiação, ruído, manuseio químico, carga física e carga mental), sendo a maior associação de 100% com a carga física.

O **Grupo de Risco 3** apresentou associação estatisticamente significativa, com todas as variáveis (percentuais acima de 80%), exceto com a variável carga mental.

A única variável que apresentou associação significativa com os três Grupos de Risco foi presença e/ou possibilidade de contato com as radiações.

Na análise estatística dos p-valores, conclui-se que somente duas variáveis apresentaram um nível de significância p-valor > 0,05. Essas variáveis são: forma física (p = **0,937**) e situação de estresse (p = **0,275**). Logo essas duas variáveis não estão estatisticamente associadas à ocorrência dos riscos ocupacionais identificados no ambiente laboral.

Assim a análise estatística realizada estimou onze agentes de risco associados à ocorrência dos riscos ocupacionais nos GHEs.

4.11.3 Análise estatística descritiva das variáveis sociodemográficas relacionadas com o risco ocupacional

O teste paramétrico ANOVA foi utilizado para comparação da idade média entre os três Grupos de Risco (Grupo de Risco 1, 2 e 3). A TAB. 4.28 mostra a análise descritiva de comparação entre a variável sociodemográfica idade com os Grupos de Risco.

TABELA 4.28 – Comparação entre idade e os Grupos de Risco

Análise Descritiva	**Grupos de Risco**		
	Risco 1	**Risco 2**	**Risco 3**
Média	53,8	51,9	49,4
Mediana	56	52	49
Desvio Padrão	9,3	6,9	10,0
Coeficiente de Variação (CV)	17%	13%	20%
Mínimo	24	30	27
Máximo	69	67	65
Número da Amostra	29	45	28
Intervalo de Confiança (IC)	3,4	2,0	3,7

Conclui-se que não existe diferença na média das idades entre os Grupos de Risco, apesar do Grupo de Risco 1 (trabalhadores expostos ao risco físico, químico e ergonômico) possuir a maior média de 53,8 anos.

Na FIG. 4.21 apresenta-se um IC de 95% para as médias das idades adquiridas pela análise. Segundo as propriedades da probabilidade estatística, as médias variaram de 50,4 a 57,2 anos para o Grupo de Risco 1, de 49,9 a 53,9 anos para o Grupo de Risco 2 e de 45,7 a 53,1 anos para o Grupo de Risco 3.

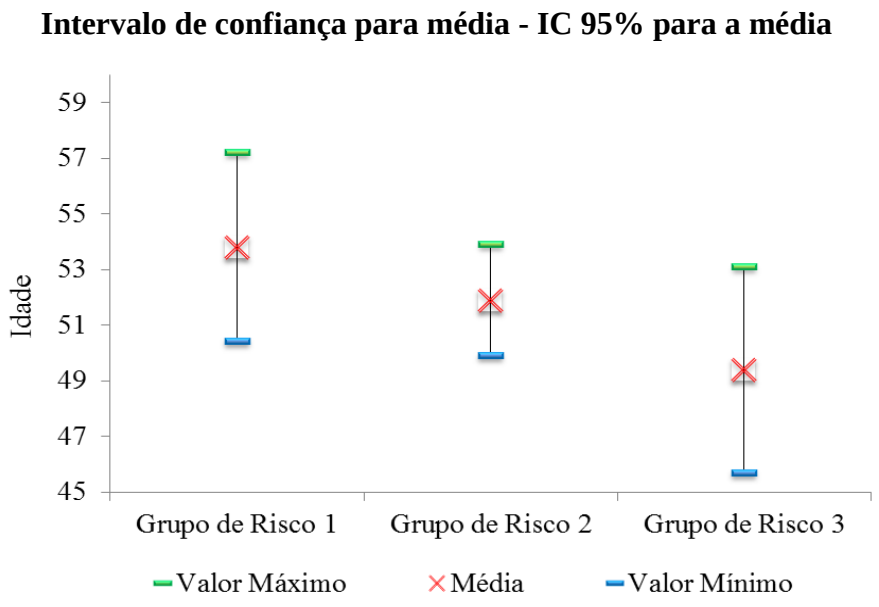


FIGURA 4.21 – Intervalo de confiança para a média das idades entre os Grupos de Risco

Para análise das variáveis gênero e nível educacional foi aplicado o teste Qui-Quadrado. A TAB. 4.29 apresenta o grau de associação estatística existente entre o gênero e o nível educacional com os Grupos de Risco.

TABELA 4.29 – Associação das variáveis gênero e nível educacional com os Grupos de Risco

Variáveis		**Risco 1**		**Risco 2**		**Risco 3**		**Total**		**p-valor**
		N	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**	
Gênero	Feminino	6	21	9	20	11	39	26	25	**0,144**
	Masculino	23	79	36	80	17	61	76	75	
Nível Educacional	Nível Técnico	21	72	34	76	17	61	72	71	**0,387**
	Nível Superior	8	28	11	24	11	39	30	29	

Nota: N = número de trabalhadores.

Observou-se na TAB. 4.29 que o gênero e o nível educacional não apresentam associação estatisticamente significativa com os Grupos de Risco por possuírem p-valor > 0,05 e por demonstrarem percentuais semelhantes.

4.12 Interpretação e tomada de decisões

Neste estudo, pelo fato de se tratar de uma instalação radiativa, a avaliação da exposição foi basicamente referente ao agente de risco físico, radiação ionizante.

Para os demais agentes (químico, biológico e ergonômico), foi efetuada uma avaliação subjetiva baseada apenas nos dados obtidos do questionário e das informações coletadas por meio das entrevistas e observações.

Uma vez detectado o risco é providenciado para que empresas especializadas realizem as medições convencionais necessárias (não radioativas), conforme informações obtidas pelo SEST.

4.13 Avaliação dos agentes de risco segundo a publicação AIHA

A estratégia de avaliação da exposição ocupacional da publicação AIHA utilizada neste estudo, permitiu avaliar os agentes de risco, segundo os critérios de aceitação, como mostra a TAB. 4.30 [35].

TABELA 4.30 – Agentes de risco identificados e critérios de aceitação

Risco	Agente de risco	Limite de Exposição	Critérios de Aceitação
Físico	Radiação Ionizante	20 mSv/a	Aceitável
	Ruído	85 dB/8h	Aceitável
Químico	Produtos químicos em geral	-	Incerto
	Solventes	-	Incerto
	Substâncias inflamáveis	-	Incerto
	Vapores	-	Incerto
	Aerodispersóides	-	Incerto
Biológico	Objetos contaminados	-	Incerto
Ergonômico	Levantamento de peso	-	Aceitável
	Movimentos repetitivos	-	Aceitável
	Postura inadequada	-	Aceitável
	Situações causadoras de estresse	-	Aceitável
	Responsabilidades	-	Aceitável
	Jornada prolongada	-	Aceitável
	Trabalho em turno	-	Aceitável
	Treinamento inadequado	-	Aceitável
Acidente	Probabilidade de incêndio e explosões	-	Aceitável

Nota: Máxima exposição diária permissível para os níveis de ruído (medidos em decibéis, dB), segundo a NR 15.

Os agentes de risco físico encontram-se em conformidade com os limites estabelecido em normas nacionais e sob controle da ERP e do SEST. Consequentemente, os agentes radiações ionizantes e ruído foram classificados como aceitáveis e continuaram a serem monitorados para validação do julgamento (TAB. 4.30) [38, 39].

Algumas substâncias químicas não apresentam LEO e as informações utilizadas para definir os limites existentes são muitas vezes incompletas. A cada dia, novas informações toxicológicas e epidemiológicas são coletadas [35].

Para uma avaliação completa dos agentes de risco químico, apenas empresas que coletem e possuam laboratórios para análise de medição em PPM (partes por milhão), poderá medir e quantificar as substâncias utilizadas no decorrer da execução das atividades, a fim de verificar a obediência aos limites de exposição.

Logo um julgamento concreto das substâncias químicas identificadas necessita de informações adicionais e de dados mais abrangentes.

Diante das dificuldades envolvidas no processo de avaliação dos agentes de risco biológico, pode-se citar uma série de critérios, dos quais destacamos: modo de transmissão, estabilidade, concentração e volume, origem do agente, tipo de experimento, entre outros [62].

Devido à complexidade da avaliação, o risco biológico foi classificado como incerto, por falta de informações necessárias. Entretanto o risco biológico pode ser evitado ou reduzido por meio da utilização de medidas preventivas, com o uso de EPIs como luvas, óculos, avental e máscara, o descarte adequado de material perfurocortantes imediatamente após o uso e às preocupações referentes à legislação sobre o uso de animais de laboratório e aos padrões sanitários [63, 64].

A fim de evitar que determinadas condições interfiram nas características psicofisiológicas do trabalhador, comprometendo suas atividades e saúde, sempre que possível há um ajuste entre as condições de trabalho e o homem, sob os aspectos de praticidade, conforto físico e psíquico. Assim, os agentes de risco ergonômicos foram considerados aceitáveis.

A probabilidade de incêndios e explosões está diretamente relacionada à infraestrutura disponibilizada (equipamento, ambiente de trabalho, sinalização e outros que podem levar a acidentes).

É evidente, a preocupação dos gerentes referente à infraestrutura oferecida aos trabalhadores, por isso todo fator que possa resultar em incêndios e explosões é mantido sobre controle e dentro dos padrões estabelecidos, assim o risco de acidente foi considerado aceitável.

Um fato a ser destacado e que também ressalta a preocupação dos gerentes, refere-se a algumas observações levantadas pelo próprio gerente respondente, sobre a

eficiência de exaustão das capelas em evitar a dispersão de contaminantes químicos no ar e a ausência de chuveiro/lava-olhos no laboratório de pesquisa.

4.14 Recomendações

Apesar das instalações do CR possuírem controles de engenharia, medidas de controle, equipamentos de proteção eficientes e a obediência aos limites de exposição ocupacional, foram sugeridas oportunidades de melhorias com base nas respostas obtidas por meio do questionário, das entrevistas, das observações e em função das necessidades de avaliações quantitativas dos riscos. Assim recomenda-se:

- ✓ A aquisição de equipamentos pelo SEST para possíveis medições de determinados agentes de risco, por exemplo: avaliação das concentrações dos agentes químicos por meio de métodos de amostragem instantânea, de leitura direta ou não;
- ✓ Disponibilização de mais profissionais especializados na área de saúde e segurança do trabalho.
- ✓ Verificação do cumprimento dos treinamentos que contemple as BPF, manuseio seguro de materiais radioativos e reciclagem nos procedimentos de proteção radiológica, na qual segundo relatos, acontece mediante ingresso de novos trabalhadores e a cada dois anos, de acordo com: RDC-63, normas da CNEN e a ISO 9000 [54, 38, 65, 66].
- ✓ Instalação de EPI nos laboratórios de pesquisa, como por exemplo: mais chuveiro/lava-olhos.
- ✓ Verificação da eficiência das capelas de exaustão para evitar a dispersão de contaminantes químicos e radioativos no ar.
- ✓ Melhoria das condições dos equipamentos utilizados pela ERP, avaliados em estado regular.

Por fim, recomenda-se que as combinações dos grupos homogêneos de exposição (GHEs) e agentes de risco devam ser analisadas periodicamente podendo ser modificadas quando necessário, lembrando que a reavaliação da exposição aos agentes de risco no local de trabalho deve ser realizada a partir da fase de caracterização básica.

5 CONCLUSÕES

A estratégia de avaliação da exposição ocupacional proposta neste estudo, iniciando-se com a caracterização básica, possibilitou a identificação e avaliação dos agentes de risco, em potencial, presentes no ambiente laboral de uma instalação radiativa do IPEN-CNEN/SP, o Centro de Radiofarmácia (CR).

Ao todo, foram identificados dezessete agentes de risco ocupacional na rotina dos trabalhadores, na qual a radiação ionizante encontrou-se presente nos oito processos de trabalho, tornando-se o principal fator de risco observado na instalação estudada. Isto se deve às propriedades físicas da matéria-prima utilizada na produção dos radioisótopos e radiofármacos e ao acesso que os trabalhadores possuem aos locais com maior possibilidade de exposição externa da radiação ionizante.

A abordagem quanti-qualitativa realizada por meio do uso de análises estatísticas e de informações obtidas dos respondentes possibilitou conhecer as condições existentes no local de trabalho com respeito às variáveis estudadas. Observou-se, que a única variável que apresentou associação estatisticamente significativa ($p < 0,05$) com os três Grupos de Risco foi à presença e / ou possibilidade de contato com a radiação ionizante.

Dos sete grupos homogêneos de exposição (GHEs) estudados, os grupos produção e controle de qualidade foram considerados os mais vulneráveis à exposição aos riscos ocupacionais, pois se encontram expostos a onze agentes de risco.

Não foi objeto de estudo avaliar os efeitos/agravos à saúde resultantes do potencial às exposições. As informações sobre os efeitos adversos dos agentes de risco identificados foram baseadas na literatura. Provavelmente se faz necessário o auxílio do serviço médico da Instituição a fim de obter dados mais confiáveis (anamnese ocupacional).

Todos os agravos á saúde podem ser evitados ou prevenidos, considerando que se trata de riscos e como tais representam probabilidades e não certezas.

APÊNDICE A – Questionário para avaliação da exposição aos riscos ocupacionais

1 Processo/atividade

Descrição da atividade executada: _____

_____

Jornada de Trabalho semanal: _____

Trabalho em turno: ( ) Sim ( ) Não

Frequência e duração da atividade: _____

Condições de execução da atividade: ( ) Rotineira ( ) Não rotineira

Equipamento utilizado para execução da atividade:

_____

_____

Condições do equipamento: ( ) Boas ( ) Regular ( ) Ruins

Monitoramento realizado: _____

Frequência do monitoramento: _____

Resíduos e seu destino: _____

Aplicação de treinamentos: ( ) Mensal ( ) Semestral ( ) Anual

2 Materiais utilizados para execução das atividades

Radionuclídeos:

☐ ^{99m}Tc / ^{99}Mo	☐ ^{131}I	☐ ^{67}Ga
☐ ^{201}Tl	☐ ^{123}I	☐ ^{68}Ga
☐ ^{153}Sm	☐ ^{177}Lu	☐ ^{18}F
☐ ^{111}In	☐ ^{90}Y	☐ ^{32}P
☐ ^{51}Cr	☐ ^{130}Te	☐ ^{125}I
☐ ^{188}Re	☐ ^{166}Ho	☐ ^{64}Cu
Outros:		

Fonte emissora ( ) beta ( ) gama ( ) pósitron

Forma física ( ) líquido ( ) gasoso ( ) pó

Substâncias Químicas:

☐ Acetato de Amônio	☐ Ácido Sulfúrico	☐ Hidróxido de Sódio
☐ Acetato de Etila	☐ Chumbo	☐ Metanol
☐ Acetato de Sódio	☐ Cloreto de Sódio	☐ Metil etil cetona
☐ Acetona	☐ Clorofórmio	☐ Monóxido de Carbono
☐ Acetonitrila	☐ Etanol	☐ N-butanol
☐ Ácido Acético	☐ Fosfato de Sódio	☐ N-Hexano
☐ Ácido Clorídrico	☐ Hidróxido de Amônio	☐ Xileno
Outros:		

3 Condições ambientais do local de trabalho

1- Há temperaturas extremas no local de trabalho?

Calor ( ) Frio ( ) Não ( )

2- Há ruídos ou vibrações? Sim ( ) Não ( )

3- Presença e possibilidade de contato:

( ) Radiação Ionizante ( ) Radiação Não Ionizante

( ) Raios lasers ( ) Fontes de campos magnéticos

4- Manuseio e armazenamento de produtos químicos perigosos (corrosivos, inflamáveis, explosivos, oxidantes, instáveis, etc.)?

Sim ( ) Não ( ) Quais? _____

5- Contaminantes químicos no ar gerados pelas atividades de trabalho: gases e vapores, poeiras, fumos, névoa e odores desagradáveis?

Sim ( ) Não ( ) Quais? _____

6- Manuseio de material biológico com possibilidade de contato direto com materiais infectados (sangues ou secreções)?

Sim ( ) Não ( ) Quais? _____

7- Contaminantes biológicos dispersos no ar (ex. atividades que formam névoa de material potencialmente infectado)?

Sim ( ) Não ( ) Quais? _____

8- Perigo de incêndio ou explosão (fontes de ignição próximas a materiais inflamáveis ou combustíveis, formação de atmosferas explosivas, material explosivo, etc.).

Sim ( ) Não ( ) Quais? _____

9- Iluminação inadequada resultando em ofuscamento, reflexos, incômodos, sombras e contrastes excessivos? Sim ( ) Não ( )

10- Carga física: esforço físico intenso, levantamento manual de peso, posturas inadequadas, movimentos repetitivos, jornada de trabalho prolongada, etc.?

Sim ( ) Não ( ) Quais? _____

11- Carga de trabalho mental (exigências excessivas)? Sim ( ) Não ( )

12- Fatores de organização de trabalho causadores de estresse físico ou psicológico?

Sim ( ) Não ( )

4 Barreiras de contenção: _____

_____

4.1 Uso de Equipamento de Proteção Coletiva

☐ Capela de uso normal	☐ Capela com filtros	☐ Glove-boxes
☐ Celas	☐ Pinças	☐ Dispositivo de pipetagem (micropipetas)
☐ Caixa descartável de perfurocortantes	☐ Sinalização para EPIs e laboratorial	☐ Vidro plumbífero
☐ Armazenamento de produtos químicos	☐ Controle de resíduos	☐ Paredes de chumbo
☐ Extintores de incêndios	☐ Cabine de segurança biológica ou química	☐ Chuveiro de segurança/lava-olhos
Outros:		

4.2 Uso de Equipamento de Proteção Individual

☐ Capuz	☐ Dosímetro	☐ Sapatilha
☐ Óculos	☐ Avental/Jaleco	☐ Meia
☐ Protetor facial	☐ Vestimenta de corpo inteiro	☐ Perneira
☐ Respirador purificador de ar não motorizado (máscara)	☐ Macacão	☐ Calça
☐ Luva descartável	☐ Luva estéril	
Outros:		

5 Prováveis agentes de riscos envolvidos durante a execução das atividades:

( ) Físico ( ) Químico ( ) Biológico ( ) Ergonômico ( ) de Acidente

RISCOS OCUPACIONAIS				
Agentes Físicos	***Agentes Químicos***	***Agentes Biológicos***	***Agentes Ergonômicos***	***Agentes De Acidente***
☐ Ruído	☐ Poeira	☐ Vírus	☐ Esforço físico intenso	☐ Probabilidade de Incêndios ou explosões
☐ Vibrações	☐ Névoas	☐ Bactérias	☐ Posturas inadequadas	☐ Armazenamento inadequado
☐ Radiação Ionizante	☐ Gases asfixiantes (H, He, N e CO2)	☐ Protozoários	☐ Situações causadoras de estresse físico ou psíquico	☐ Eletricidade
☐ Radiação não ionizante	☐ Vapores	☐ Fungos	☐ Jornadas prolongadas de trabalho	☐ Iluminação deficiente
☐ Pressões Anormais	☐ Substâncias, compostos ou produtos químicos em geral	☐ Bacilos	☐ Trabalho em turno e noturno	☐ Equipamentos ou ferramentas inadequados ou defeituosos
☐ Calor	☐ Gases	☐ Parasitas	☐ Responsabilidade e conflitos emocionais	☐ Arranjo físico deficiente
☐ Frio	☐ Neblina	☐ Insetos	☐ Repetitividade e/ou Monotonia	☐ Máquinas sem proteção
☐ Umidade	☐ Solventes	☐ Objetos contaminados	☐ Levantamento e transporte manual de peso	☐ Matéria-prima fora de especificação
☐ Aerodispersóides no ambiente	☐ Fumos Metálicos	☐ Esgoto, sujeira, dejetos	☐ Treinamento Inadequado	

APÊNDICE B – Estudo da distribuição da frequência relativa dos agentes e fatores de risco (gráficos)

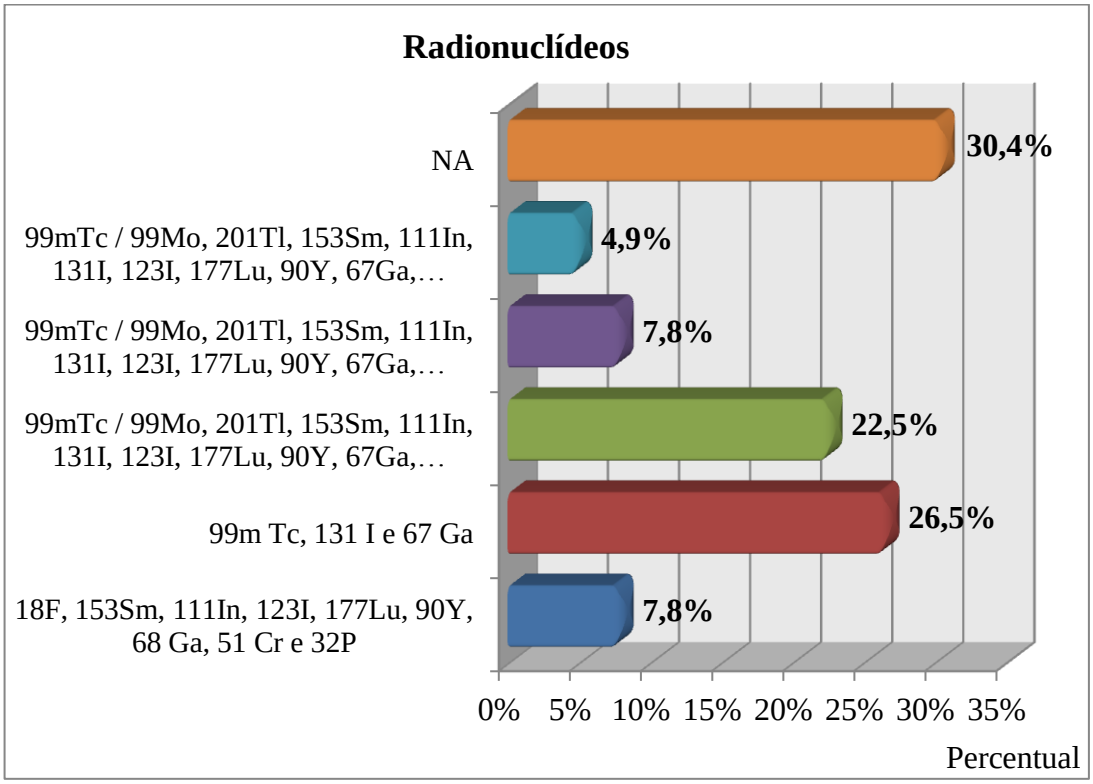


FIGURA 4.10 – Distribuição da frequência da variável radionuclídeos manipulados

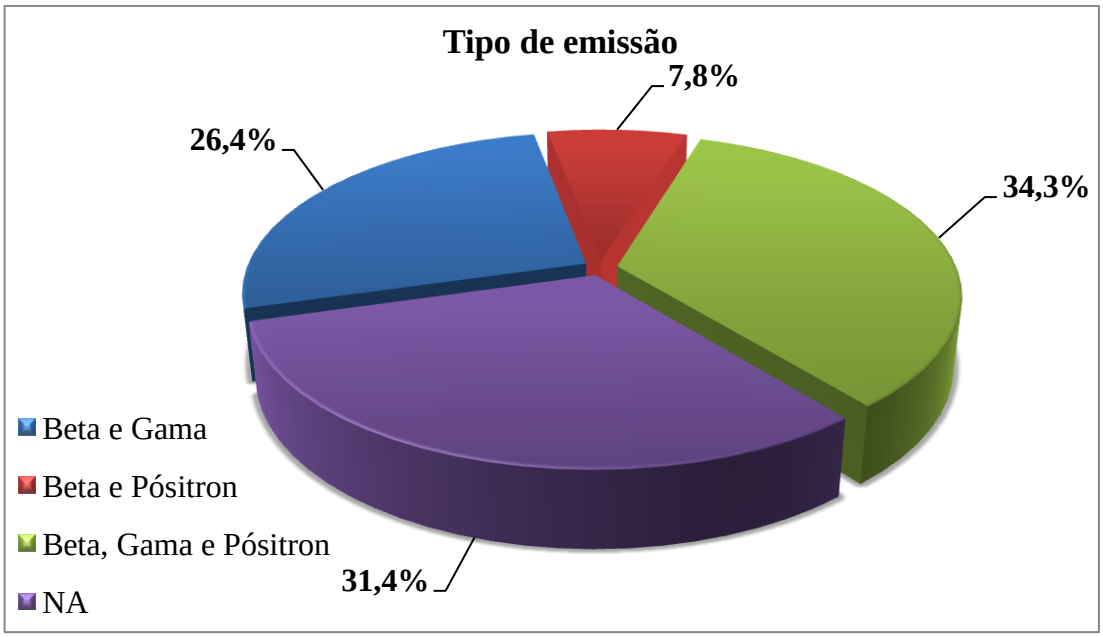


FIGURA 4.11 – Distribuição da frequência da variável tipo de emissão dos radionuclídeos

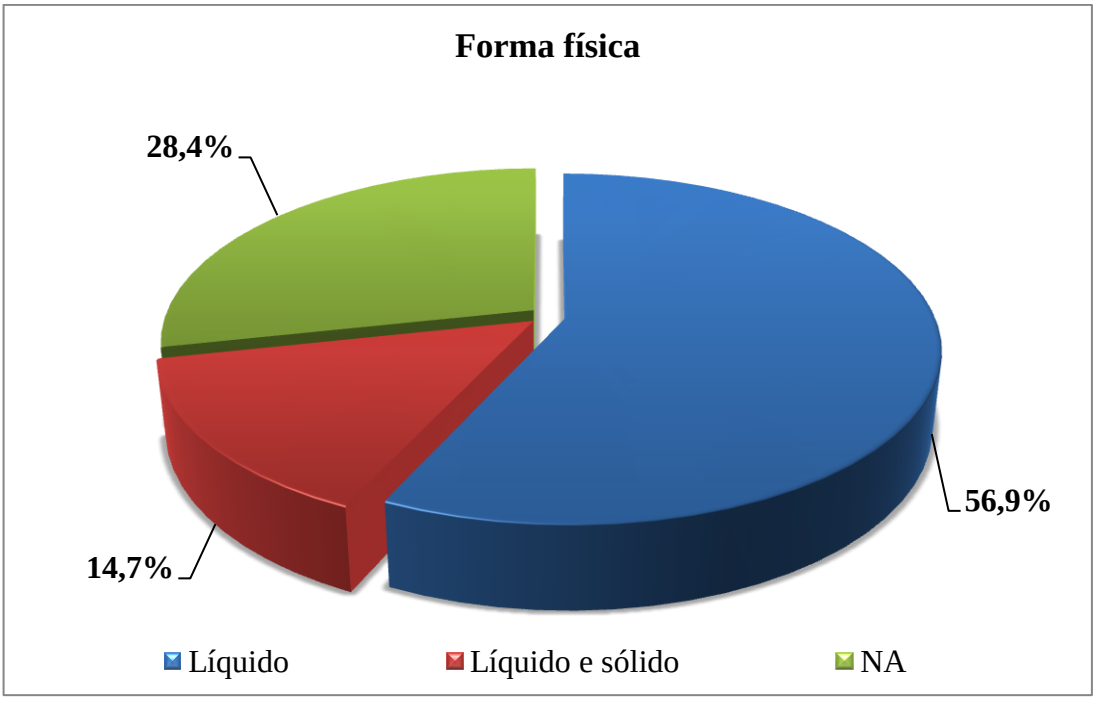


FIGURA 4.12 – Distribuição da frequência da variável forma física dos radionuclídeos

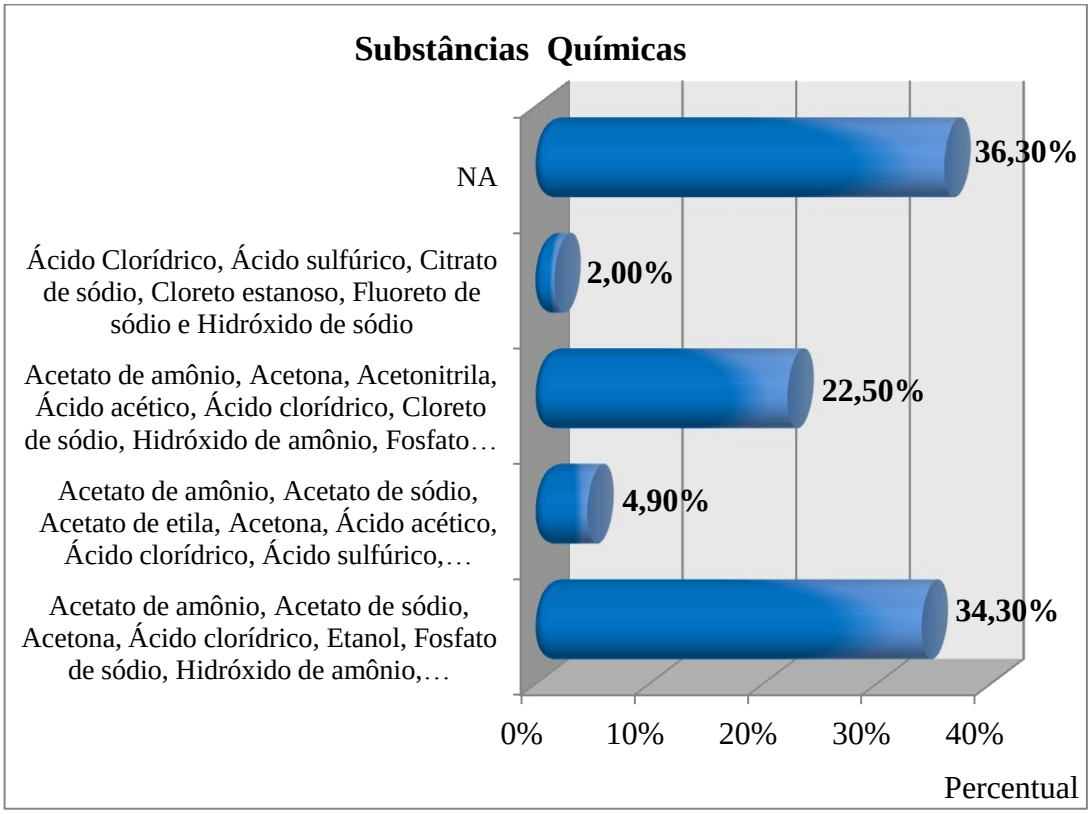


FIGURA 4.13 – Distribuição da frequência da variável substâncias químicas manuseadas

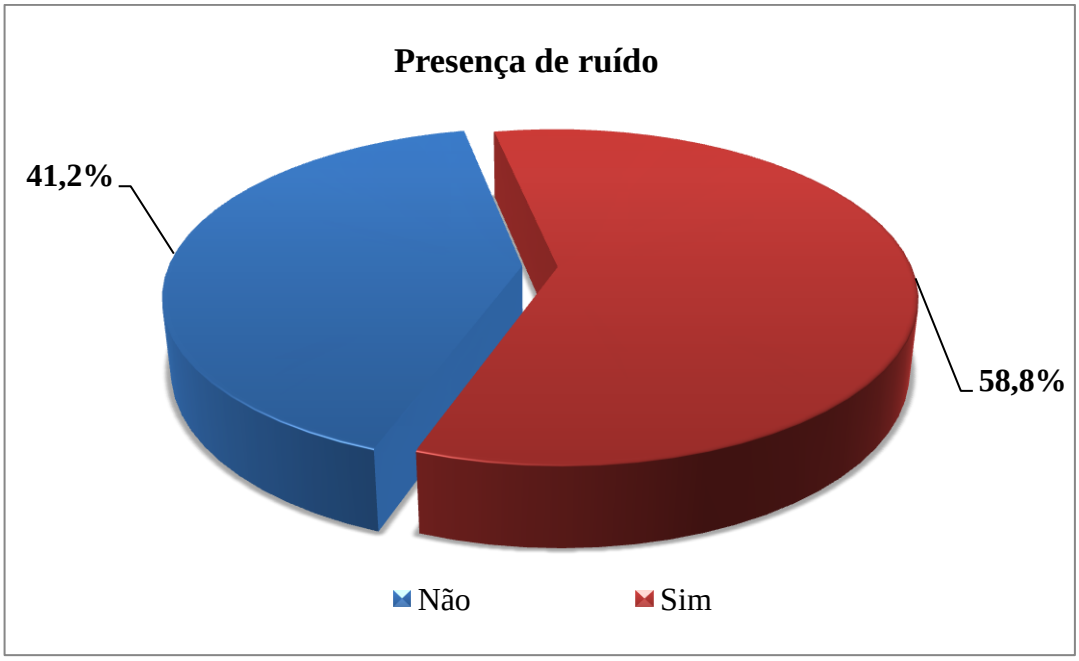


FIGURA 4.15 – Distribuição da frequência da variável presença de ruído no ambiente de trabalho

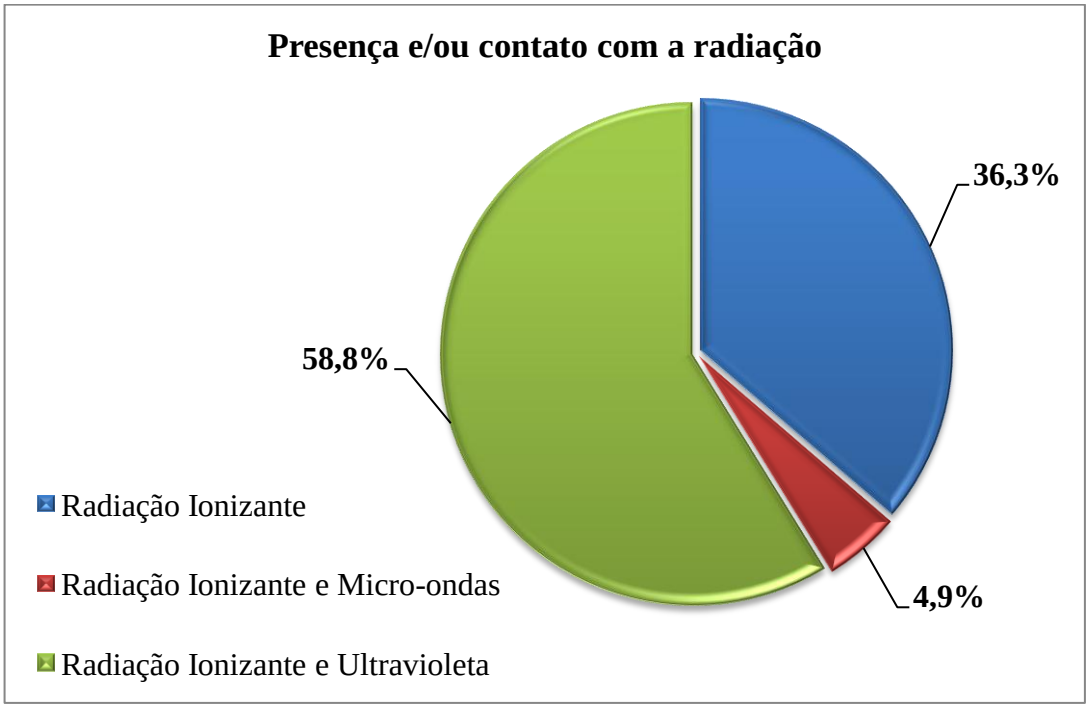


FIGURA 4.16 – Distribuição da frequência da variável presença e / ou possibilidade de contato com as radiações

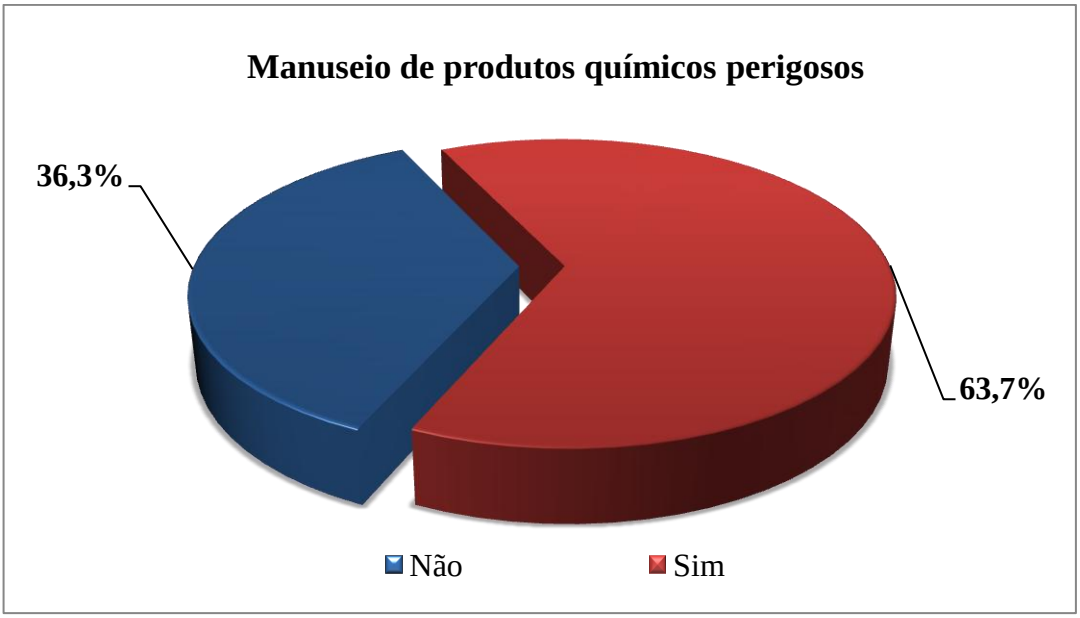


FIGURA 4.17 – Distribuição da frequência da variável manuseio e armazenamento de produtos químicos perigosos

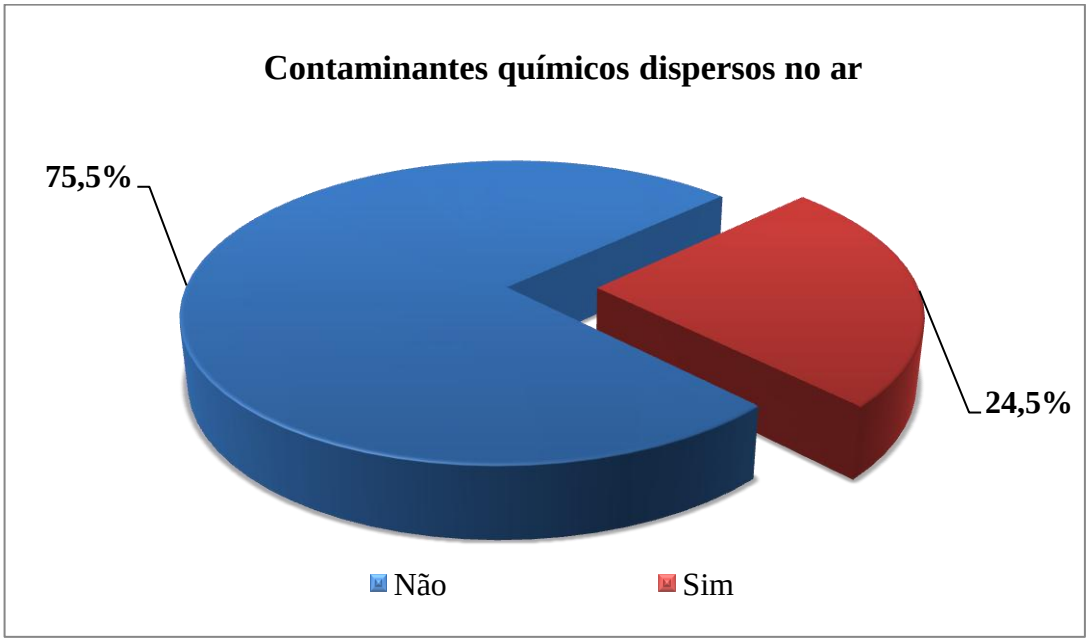


FIGURA 4.18 – Distribuição da frequência da variável contaminantes químicos dispersos no ar

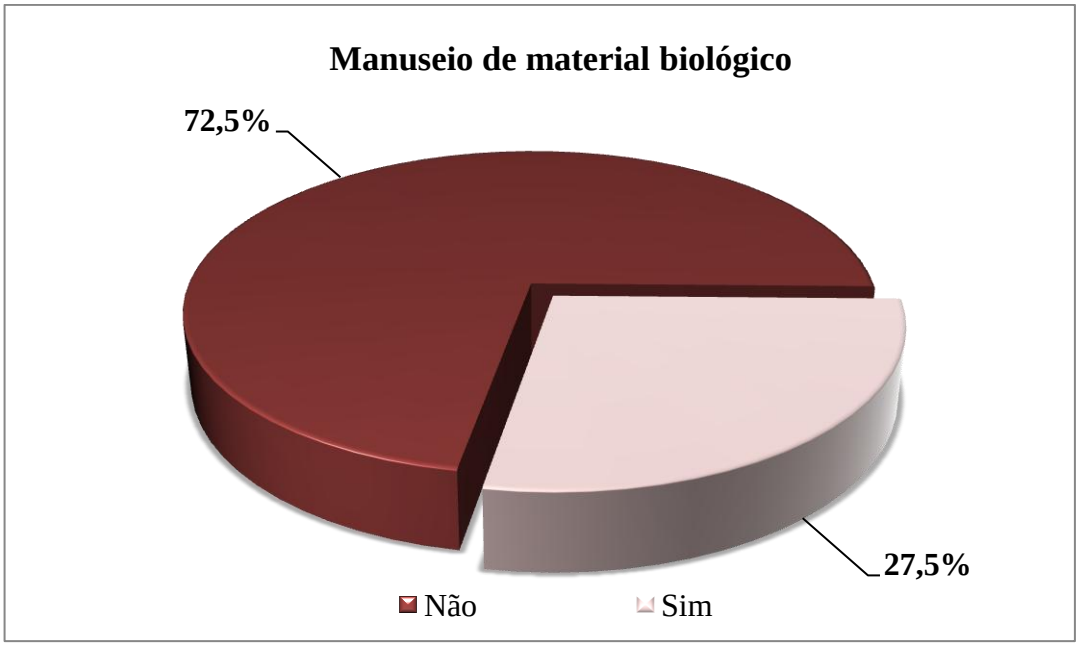


FIGURA 4.19 – Distribuição da frequência da variável manuseio de material biológico

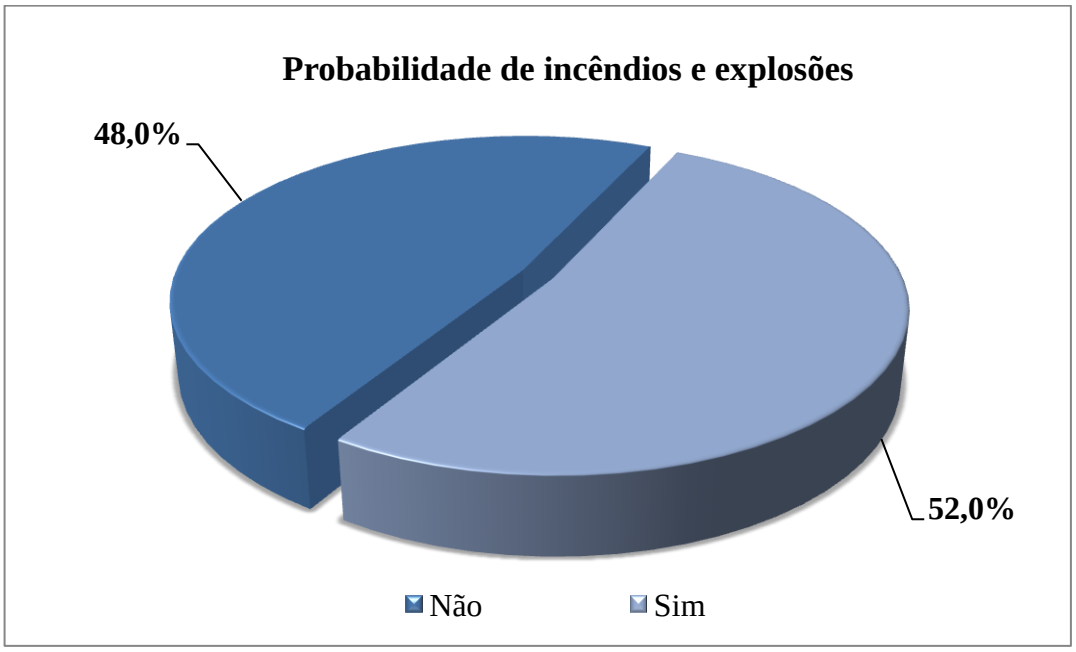


FIGURA 4.21 – Distribuição da frequência da variável probabilidade de incêndios e explosões

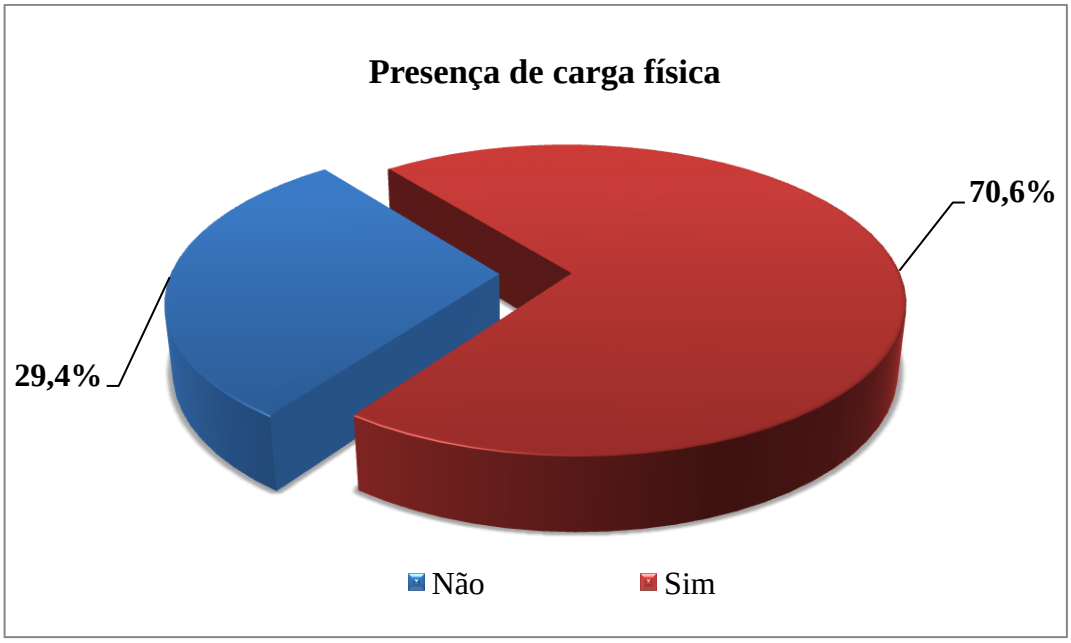


FIGURA 4.23 – Distribuição da frequência da variável presença de carga física

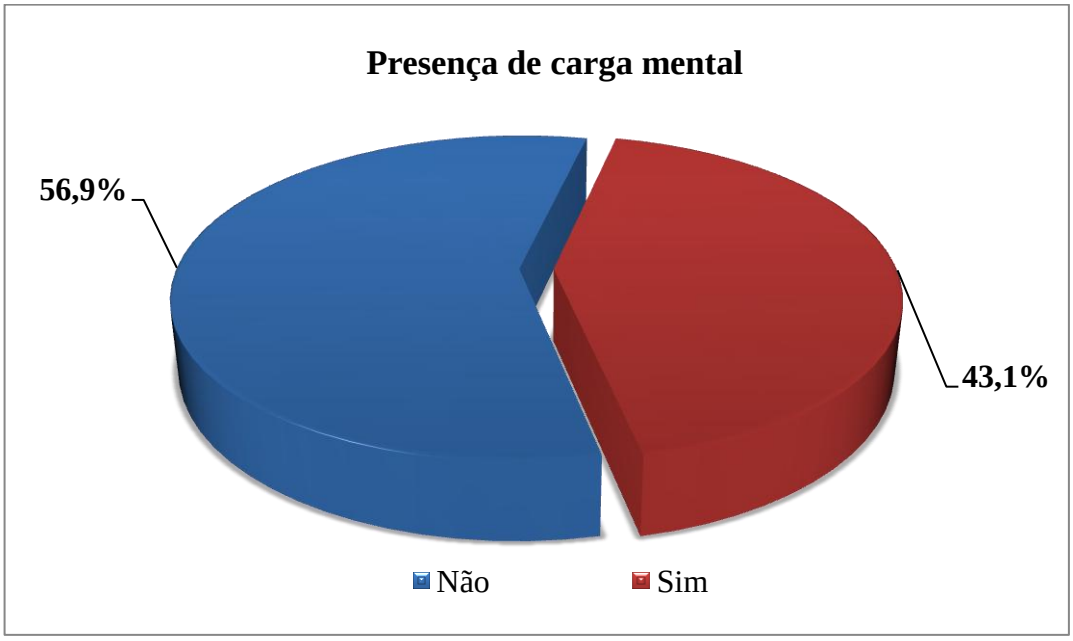


FIGURA 4.24 – Distribuição da frequência da variável presença de carga mental

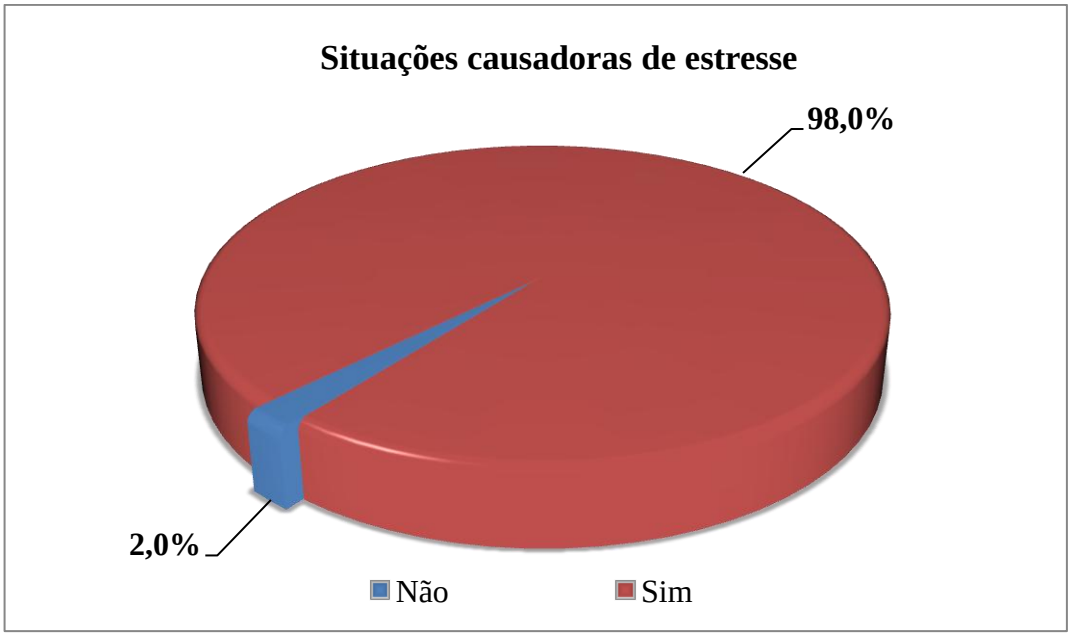


FIGURA 4.25 – Distribuição da frequência da variável situações causadoras de estresse

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 FREITAS, A.L.P.; SUETT, W.B. Modelo para avaliação de riscos em ambientes de trabalho: um enfoque em postos revendedores de combustíveis automotivos. In: XXVI ENEGEP - ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO, 9 a 11 de Outubro, 2006, Fortaleza - CE, Brasil. ***Proceedings...*** Fortaleza: ENEGEP, p. 1-9, 2006.

2 CARNEIRO, F.C.S. ***Avaliação de riscos: Aplicação a um processo de Construção***. 2011. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Aveiro - Departamento de Engenharia Civil, Portugal.

3 ARVIDSSON, R. ***Contributions to Emission, Exposure and Risk Assessment of Nanomaterials***. 2012. Tese (Doctored) - Chalmers University of Technology - Environmental Systems Analysis Energy and Environment, Sweden.

4 KANIA, A.; SPILKA, M.; CIESLINSKI, G. Occupational risk assessment at the work station in the selected enterprise. ***Journal of achievements in materials and manufacturing engineering***. v. 51, n. 2, p. 90-98, 2012.

5 INSTITUTION BRITISH STANDARDS. ***Guide to implementing a health & safety management system, BS OHSAS 18001***. United Kingdom: BSI, 2007.

6 INSTITUTION BRITISH STANDARDS. ***Occupational health and safety management systems – Guide, BS 8800:1996***. Committee HS/1. United Kingdom: BSI, 1996.

7 GARDINER, K.; HARRINGTON, J.M. ***Occupational Hygiene***. Third Edition. Blackwell Publishing. 2005. Massachusetts, USA.

8 PEREIRA, S.D. ***Conceitos e definições da saúde e epidemiologia usados na Vigilância Sanitária***. Centro de Vigilância Sanitária - Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, 2007.

9 ANJOS, A.M.; et al. ***Introdução à higiene ocupacional***. São Paulo: Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - FUNDACENTRO, 2004. cap. 2, Conceitos básicos. p. 43-65.

10 JAKOBI, H.R. ***Mapa de risco ocupacional no estado de Rondônia baseado em tecnologia de georeferenciamento***. 2008. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Rondônia (UNIR) - Fundação Universidade Federal de Rondônia Núcleo de Saúde, Rondônia.

11 FARIA, V.A.; BADARÓ, M.L.S.; RODRIGUES, E.; HODJA, R.; MENDES, M.E.; SUMITA, N.M. Perigos e riscos na medicina laboratorial: identificação e avaliação. ***Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial***, v. 47, n. 3, p. 241-247, 2011.

12 MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. ***Portaria N.º 3.214, 08 de junho de 1978*** - Secretária de Inspeção do Trabalho, São Paulo: MTE, 1978.

13 MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. ***Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho NR 1 - Disposições Gerais***. Portaria N.º 06, 09 de março de 1983: Secretária de Segurança e Medicina do Trabalho, São Paulo: MTE, 1983.

14 FREITAS, I.O.M.A.T.R. ***Desenvolvimento de diretrizes construtivas e de segurança para edificações produtoras de radiofármacos***. 2011. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Pernambuco – Escola Politécnica, Pernambuco.

15 UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION. UNSCEAR 2000 Report. ***Sources and Effects of Ionizing Radiation***. Vol II: Effects, Annex H: Combined effects of radiation an other agents, New York, 2001.

16 MENDES, R. ***Patologia do Trabalho***. 2º edição, São Paulo: Atheneu, 2007. cap. 6, Detecção de agravos à saúde relacionados com o trabalho e o uso gerencial da informação. p. 232-298.

17 MCDONALD, C. ***Epidemiology of Work Related Diseases***. Second Edition, London: BMJ Books, 2000. cap. 3 Ionizing radiation. p. 41-58.

18 MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. ***Norma Regulamentadora NR 9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais***. Portaria N.º 25, de 29 de dezembro de 1994: Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho, São Paulo: MTE, 1994.

19 MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. ***Norma Regulamentadora NR 17 – Ergonomia***. Portaria N.º 13, de 21 de junho de 2007: Secretária de Inspeção do Trabalho, São Paulo: MTE, 2007.

20 MINISTÉRIO DA SAÚDE. Organização Pan-Americana da Saúde no Brasil. ***Doenças relacionadas ao trabalho: manual de Procedimentos para os Serviços de Saúde***. Brasília: MS, 2001.

21 THOMPSON, A. L.; HYLKO, J. M. An Industrial Hygiene Sampling Strategy to Quantify Employee Exposure. In: EDUCATION & OPPORTUNITY IN WASTE MANAGEMENT SYMPOSIA 2003 - WM'03 Conference, February, 2003, Tucson, Arizona (AZ), United States.

22 RANTANEN, J. ***BOSH 5 Risk Assessment***. 1st edition, Finnish Institute of Occupational Health, Finland, FIN: Helsinki, October 2009.

23 UNITED STATE. National Park Service, U.S. Department of the Interior. ***Occupational Safety and Health Program - Reference Manual 50B***, 2012. Section 4: Occupational Health.

24 QUEIROZ, S. ***Tratado de Toxicologia Ocupacional***. 1º edição, São Paulo: Biblioteca 24 horas, 2010. cap. 7, Bases técnicas para o controle dos fatores de risco e para a melhoria dos ambientes e das condições de trabalho. p. 139-151.

25 MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. ***Norma Regulamentadora NR 5 – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes***. Portaria N.º 247, de 12 de julho de 2011: Secretaria de Inspeção do Trabalho, São Paulo: MTE, 2011.

26 SANTOS, J. ***Introdução à Engenharia de Segurança – Mapa de Risco***. Versão 1.0.8.8, Santo André, São Paulo: Centro Universitário Fundação Santo André – FSA-FAENG, 2008.

27 FLÔR, R.C; KIRCHHOF, A.L.C. Uma prática educativa de sensibilização quanto à exposição a radiação ionizante com profissionais de saúde. ***Revista Brasileira de Enfermagem***, v. 59, n. 3, p. 274-278, 2006.

28 UNITED STATE. ***NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards***. NIOSH Publications - Department of Health and Human Services - Centers for Disease Control and Prevention - National Institute for Occupational Safety and Health. EUA: Cincinnati, 2007.

29 POLITI, F.A.S.; MAJEROWICZ, J.; CARDOSO, T.A.O.; PIETRO, R.C.L.R.; SALGADO, H.R.N. Caracterização de biotérios, legislação e padrões de biossegurança. ***Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada***, v. 29, n. 1, p. 17-28, 2008.

30 ÁLVAREZ, G.M.A.; CARRILLO, S.A.V.; RENDÓN, C.M.T. Principales patologías osteomusculares relacionadas con el riesgo ergonómico derivado de las actividades laborales administrativas. ***Revista CES Salud Pública***; v. 2, p. 196-203, 2011.

31 RAMOS, J.V.C. LER/DORT: Um risco ocupacional para o médico dentista. 2012. Dissertação (Mestrado). Universidade Fernando Pessoa – Faculdade de Ciências da Saúde, Portugal.

32 CHOI, S.M.; PARK, Y.S.; YOO, J.H.; KIM, G.Y. Occupational stress and physical symptoms among family medicine residents. ***Korean J Fam Med***, v. 34, p. 49-57, 2013.

33 SOUSA, J.; SILVA, C.; PACHECO, E.; MOURA, M.; ARAÚJO, M.; FABELA, S. ***Acidentes de trabalho e doenças profissionais em Portugal: Risco profissional - Factores e Desafios***. CRPG – Centro de Reabilitação Profissional de Gaia. Portugal, 2005.

34 FILHO, A.S.; FANTAZZINI, M.L. Estratégia de amostragem: gestão das exposições na higiene ocupacional. ***Revista de Higiene Ocupacional***, v. 9, n. 20, p. 5-9, 2010.

35 IGNACIO, J.S.; BULLOCK, W.H. ***A Strategy for assessing and managing occupational exposures***. Third Edition. United States: American Industrial Hygiene Association - AIHA, 2006.

36 PULLEN, E.L. *Using a comprehensive exposure assessment strategy to assess workplace health risks*. In: APOSHO 26 (Asia Pacific Occupational Safety and Health Organization) & Australasian Safety Conference 2011 - Enhancing Safety Across Culture, 21 a 24 November, 2011, Perth - Western Australia. ***Proceedings…*** Perth: APOSHO 26 & Australasian Safety Conference, 2011.

37 SILVA, J.A.; AMARAL, L.S.; AMARAL, N.C. ***Apostila do curso sobre avaliação da exposição ocupacional dos trabalhadores no setor de fundição e medidas de controle***. Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - FUNDACENTRO, São Paulo, 2012.

38 COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Norma CNEN *NN-3.01 - Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica***. Resolução CNEN 164/14, Março de 2014.

39 MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. ***Norma Regulamentadora NR 15 – Atividade e operações insalubres***. Portaria N.º 203, de 28 de janeiro de 2011: Secretária de Inspeção do Trabalho, São Paulo: MTE, 2011.

40 GARDINER, K.; HARRINGTON, J.M. ***Occupational Hygiene***. Third Edition. Blackwell Publishing. 2005. Massachusetts, USA.

41 SCHENK, L.; HANSSON, S.O.; RUDÉN, C.; GILEK, M. Occupational exposure limits: A comparative study. ***Regulatory Toxicology and Pharmacology***, v. 50, p. 261-270, 2008.

42 GUIMARÃES, P.R.B. ***Métodos Quantitativos Estatísticos***. 1ª ed. Curitiba: IESDE Brasil S.A, 2008.

43 SPIEGEL, M.R. ***Estatística***, 3º ed. São Paulo: Makron Books - Coleção Schaum, 1993.

44 REIS, E. ***Estatística Descritiva***. Lisboa: Edições Silabo, 1991.

45 PEREIRA, M.G. ***Epidemiologia - Teoria e Prática***, 3º ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

46 NASCIMENTO, A.P.; CUNHA, A.; LOPES, C.T.; MONTEIRO, F.; PEREIRA, P. ALVES, S.; BENTO, V. ***Biomatemática e Bioestatística II – SPSS***. Escola Superior de Tecnologia de Saúde do Porto – Departamento de Produção e Sistemas. Portugal, 2005.

47 TRIOLA, M.F. ***Introdução à estatística***. 10 ª ed. Rio de Janeiro: LTC. 2008.

48 LANE, D.M.; SCOTT, D.; HEBL, M.; GUERRA, R.; OSHERSON, D.; ZIEMER, H. ***Introduction to Statistics***. Online Statistics Education: A Multimedia Course of Study. Rice University. Online Edition. States United. Disponível em: <http://onlinestatbook.com/Online_Statistics_Education.pdf> Acesso em: Novembro/2014.

49 INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES (IPEN). Manual de Gestão da Qualidade do Centro de Radiofarmácia, MGQ-CR Ver. 06, 2014.

50 MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. ***Lei N.º 5.161, de 21 de outubro de 1966***. Presidência da República – Casa Civil: Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília: República Federativa do Brasil, 1966.

51 IBM SPSS SOFTWARE. SPSS Statistics Base 17.0 User's Guide. Disponível em: http://www.jou.ufl.edu/archive/researchlab/SPSS-Statistcs-Base-Users-Guide-17.0.pdf. Acesso em: 05/09/2014.

52 MINITAB 16 Statistical Software. Disponível em: http://www.minitab.com/uploadedfiles/documents/readme/minitab_16_readme_en.pdfAcesso em: 05/09/2014.

53 GERULIS, E. ***Controle da dose de radiação ionizante para trabalhadores em uma instalação radiativa com fontes não-seladas***. 2006. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

54 MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. ***Dispõe sobre as Boas Práticas de Fabricação de Radiofármacos***. Brasília: MS, 2009. (Resolução - RDC N.º 63).

55 AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. ***Dispõe sobre o registro de radiofármacos***. Brasília: MS, 2009. (Resolução - RDC N.º 64).

56 ARAÚJO, E.B; LAVINAS, T; COLTURATI, M.T; MENGATTI, J. Quality assurance in radiopharmaceutical production. ***Rev. Bras. Cienc. Farm***., v. 44, n. 1, p. 1-12, 2008.

57 OLIVEIRA, R; SANTOS, D; FERREIRA, D; COELHO, P; VEIGA, F. Preparações radiofarmacêuticas e suas aplicações. ***Rev. Bras. Cienc. Farm***., v. 42, n. 2, p. 151-165, 2006.

58 FERREIRA, V.F. IPEN fornece produtos que auxiliam diagnóstico e terapia de doenças – Diretoria de Radiofármacos abastece 360 clínicas em todo o país. ***Agência Universitária de Notícias / USP - Ciências e Tecnologia***, v. 44, n. 51, 2011.

59 MARECHAL, M.H. ***Licenciamento e controle das Instalações radiativas no Brasil***. Coordenação geral de instalações médicas e industriais - Diretoria de radioproteção e segurança nuclear, 2012.

60 MATTOS, I.L; SHIRAISHI, K.A; BRAZ, A.D; FRENANDES, J.R. Peróxido de Hidrogênio: Importância e Determinação. ***Quim. Nova***, v. 26, n. 3, p. 373-380, 2003.

61 COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Norma CNEN *NN-3.01 - Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica***. Resolução CNEN 164/14, Março de 2014. Posição Regulatória 3.01 / 004:2011 – Restrição de dose, Níveis de referência ocupacionais e Classificação de áreas, 2011.

62 MINISTÉRIO DA SAÚDE. ***Classificação de risco dos agentes biológicos***. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos – Departamento de Ciência e Tecnologia. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2006. p. 36 - Série A. Normas e Manuais Técnicos.

63 MIRANDA, F.M.A.; JUNIOR, A.V.S.; SILVIA, P. et. al. Uma contribuição à saúde dos trabalhadores: um guia sobre exposição aos fluídos biológicos. ***Rev Esc Enferm USP***, v. 45(4), p. 1018-22, 2011.

64 POLITI, F.A.S.; MAJEROWICZ, J.; CARDOSO, T.A.O.; PIETRO, R.C.L.R.; SALGADO, H.R.N. Caracterização de biotérios, legislação e padrões de biossegurança. ***Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada***, v. 29, n. 1, p. 17-28, 2008.

65 COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Norma CNEN *NN-3.02 - Serviços de radioproteção***. Resolução CNEN 10/88, Agosto de 1988.

66 ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS. Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário. Segunda edição. Rio de Janeiro: ABNT, 2005 (ABNT NBR ISO 9000).