

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ANÁLISE DOS ACIDENTES RADIOLÓGICOS NO CONTEXTO
ORGANIZACIONAL DAS EMPRESAS DE RADIOGRAFIA
INDUSTRIAL**

ÁLVARO MARQUES RAMIRES

Porto Alegre, 2000.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ANÁLISE DOS ACIDENTES RADIOLÓGICOS DENTRO DO
CONTEXTO DAS EMPRESAS DE RADIOGRAFIA INDUSTRIAL**

ÁLVARO MARQUES RAMIRES

Orientador: Professora Dra. Lia Buarque Guimarães

Banca Examinadora

Prof. Dra. Annamaria de Moraes, PUC

Prof. Dr. Volnei Borges, UFRGS

Prof. PhD Flávio Fogliato, UFRGS

Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia apresentado ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia – modalidade profissionalizante

Porto Alegre, 2000.

Esta dissertação foi analisada e julgada adequada para a obtenção do título de mestre em ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo orientador e pelo coordenador do Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Professora Lia Buarque Guimarães
Orientadora

Professora Helena Beatriz Cybis
Coordenadora do Mestrado Profissionalizante
em Engenharia

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Annamaria de Moraes

Prof. Dr. Volnei Borges

Prof. PhD Flávio Fogliato

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos vão para a Prof. Dra. Lia Buarque Guimarães, do PPGEP/UFRGS, pela paciência e incansável dedicação em orientar o presente estudo; ao Prof. António Nunes, da Faculdade de Física da PUCRS, pelo apoio e incentivo durante a realização do Curso de Mestrado em Engenharia , e em especial, aos meus familiares.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	HIPÓTESE E OBJETIVO.....	4
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	5
2	UM PANORAMA GERAL SOBRE RADIOGRAFIA INDUSTRIAL.....	8
2.1	TÉCNICA RADIOGRÁFICA.....	8
2.2	TAREFAS EXECUTADAS PELOS PROFISSIONAIS DA ÁREA.....	10
2.3	PROGRAMAÇÃO DOS SERVIÇOS A SEREM EXECUTADOS.....	12
2.4	HORÁRIOS E CARGA DE TRABALHO	13
2.5	PERFIL DOS PROFISSIONAIS DE ATUAM NA ATIVIDADE.....	14
2.6	LOCAIS PARA REALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE RADIOGRAFIA INDUSTRIAL.....	16
2.7	RADIAÇÃO IONIZANTE	23
2.8	EQUIPAMENTOS GERADORES DE RADIAÇÃO IONIZANTE.....	32
2.9	MEDIDAS DA RADIAÇÃO.....	36
2.10	IRREGULARIDADES EM RADIOGRAFIA INDUSTRIAL.....	44
3	PROTEÇÃO RADIOLÓGICA.	25
3.1	PRINCÍPIOS DA PROTEÇÃO RADIOLÓGICA	25
3.2	PRINCIPAIS RECOMENDAÇÕES INTERNACIONAIS DE SEGURANÇA RADIOLÓGICA	28
3.3	REGULAMENTOS NACIONAIS DE SEGURANÇA.....	31
3.4	NORMAS DA COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR.....	34
3.5	ACIDENTES RADIOLÓGICOS EM RADIOGRAFIA INDUSTRIAL	41
4	LEVANTAMENTO DAS CONDIÇÕES DO SERVIÇO DE RADIOGRAFIA INDUSTRIAL.....	62
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
5.1	RESULTADO DAS ENTREVISTAS	68
5.2	QUESTIONÁRIOS	82
5.3	ANÁLISE DOS ASPECTOS DE AFETAM OS PADRÕES DE SEGURANÇA, NA OPINIÃO DOS TRABALHADORES... ..	92
5.4	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO	113
6	CONCLUSÕES.....	128
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	130

8	APÊNDICE.....	133
8.1	QUESTIONÁRIO UTILIZADO NA COLETA DE DADOS	133
8.2	QUADRO DE ACIDENTES NO MUNDO (DÉCADAS DE 60 A 80).....	138

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- LOCALIZAÇÃO DAS OBRAS E EMPRESAS DE RADIOGRAFIA INDUSTRIAL EM 1998.....	2
FIGURA 2 – PRINCÍPIO FÍSICO PARA IMPRESSIONAR FILMES RADIOGRÁFICOS.....	8
FIGURA 3 – CONTROLE DE QUALIDADE EM AERONAVES	9
FIGURA 4 – FOTOGRAFIA DE UMA INSTALAÇÃO FECHADA.	18
FIGURA 5 – FOTOGRAFIA DE UMA INSTALAÇÃO FECHADA.	20
FIGURA 6 – LINHAS DE PRODUTOS QUÍMICOS SEMI-ACABADOS	21
FIGURA 7 – FOTOGRAFIA DE UMA ÁREA CLASSIFICADA COMO INSTALAÇÃO ABERTAS (VIA PÚBLICA) – MUNICÍPIO DE TRAMANDAÍ, RS	22
FIGURA 8 – FOTOGRAFIA DE UMA ÁREA CLASSIFICADA COMO INSTALAÇÃO ABERTA (VIA PÚBLICA) – MUNICÍPIO DE TRAMANDAÍ, RS.....	22
FIGURA 9 – PORTA - FONTES.....	47
FIGURA 10 - ASPECTOS POSITIVOS EM RADIOGRAFIA (CRESCIMENTO PROFISSIONAL).....	71
FIGURA 11- ASPECTOS POSITIVOS EM RADIOGRAFIA (SERVIÇO É BOM DE FAZER)	72
FIGURA 12 - ASPECTOS POSITIVOS EM RADIOGRAFIA (POSSIBILITA LIBERDADE)	74
FIGURA 13 - ASPECTOS POSITIVOS (SALÁRIO É BOM).....	74
FIGURA 14 - ASPECTOS POSITIVOS DE RADIOGRAFIA (AMIZADE NA EMPRESA)	75
FIGURA 15 - ASPECTOS POSITIVOS DE RADIOGRAFIA (TRABALHO EM EQUIPE).....	77
FIGURA 16 - ASPECTOS POSITIVOS DE RADIOGRAFIA (CONHECIMENTOS TÉCNICOS)	77
FIGURA 17 - ASPECTOS POSITIVOS DE RADIOGRAFIA (MERCADO É BOM)	78
FIGURA 18 - ASPECTOS POSITIVOS DE RADIOGRAFIA (NÃO PROPICIA ROTINAS)	79
FIGURA 19 - ASPECTOS POSITIVOS DA RADIOGRAFIA (CONHECIMENTO DE OBRAS).....	80
FIGURA 20 - ITENS DE DEMANDA (ATRASO DE SALÁRIOS)	92
FIGURA 21 - ITENS DE DEMANDA ERGONÔMICA - COOPERAÇÃO DE COLEGAS	94
FIGURA 22 - ITENS DE DEMANDA (TURNO DE TRABALHO)	95
FIGURA 23 - ITEM DE DEMANDA (BAIXA PRODUTIVIDADE).....	97
FIGURA 24 - ITENS DE DEMANDA (FALTA DE TREINAMENTO DE PESSOAL)	98
FIGURA 25 - ITENS DE DEMANDA (EQUIPAMENTOS OBSOLETOS)	99
FIGURA 26 - ITENS DE DEMANDA (FALTA COMPETÊNCIA ADMINISTRATIVA / PROFISSIONAL).....	100
FIGURA 27 - ITENS DE DEMANDA (RISCO DA RADIAÇÃO À SAÚDE)	101
FIGURA 28 - ITENS DE DEMANDA (FALTA QUALIFICAÇÃO DOS PROFISSIONAIS)	102
FIGURA 29 - ITENS DE DEMANDA (FALTA ORIENTAÇÃO DAS CHEFIAS).....	103
FIGURA 30 ITENS DE DEMANDA (ESTRUTURA DEPARTAMENTALIZADA DA EMPRESA).....	104
FIGURA 31 - ITENS DE DEMANDA (BUROCRACIA PARA LIBERAÇÃO DE ÁREAS)	105

FIGURA 32 - ITENS DE DEMANDA (CONTRATOS COMERCIAIS COM PROBLEMAS).....	106
FIGURA 33 - ITENS DE DEMANDA (FALTA RESPEITO AO TRABALHO DE CAMPO)	107
FIGURA 34 - ITENS DE DEMANDA (INFRA-ESTRUTURA PARA OPERAÇÕES DE CAMPO).....	108
FIGURA 35 - ITENS DE DEMANDA (FALTA RESPONSABILIDADE DOS PROFISSIONAIS).....	109
FIGURA 36 - ITENS DE DEMANDA (SOBRECARGA DE TRABALHO).....	110
FIGURA 37 - ITEM DE DEMANDA (FALTA DE QUALIDADE NAS TAREFAS DE CAMPO)	111
FIGURA 38 - ITEM DE DEMANDA (FALTA MANUTENÇÃO EM EQUIPAMENTOS).....	112
FIGURA 39 - MODELOS ORGANIZACIONAIS : MODELO 1	115
FIGURA 40 - MODELOS ORGANIZACIONAIS - MODELO 2	116
FIGURA 41 - MODELOS ORGANIZACIONAIS MODELO 4.....	117
FIGURA 42 - MODELO ORGANIZACIONAL MODELO 5	118
FIGURA 43 - MODELOS ORGANIZACIONAIS MODELO 6.....	119
FIGURA 44- QUADRO DE ACIDENTES EM RADIOGRAFIA OCORRIDOS NO MUNDO	138

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - PRODUÇÃO DE RAIOS X	31
TABELA 2 – COMPILAÇÃO DE DADOS RELATIVOS AO QUADRO GERAL DE ACIDENTES OCORRIDOS NO MUNDO	43
TABELA 3 – TIPOS DE IRREGULARIDADES EM RADIOGRAFIA POR CATEGORIAS.....	53
TABELA 4 - TABELA DE PONTOS DAS IRREGULARIDADES EM RADIOGRAFIA INDUSTRIAL	54
TABELA 5 - LIMITE DE DOSES DE RADIAÇÃO	61
TABELA 6 - ESTRATOS DE TRABALHADORES – FASE DAS ENTREVISTAS	64
TABELA 7 - ESTRATOS DE TRABALHADORES (APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIOS)	64
TABELA 8 - ORDEM DE MENÇÃO (ASPECTOS POSITIVOS DA ATIVIDADE).....	69
TABELA 9 – FATORES ORDEM DE MENÇÃO(ASPECTOS POSITIVOS DA ATIVIDADE).....	70
TABELA 10 INFLUÊNCIA DOS CRITÉRIOS FAIXA ETÁRIA E TEMPO DE EXPERIÊNCIA SOBRE OS ASPECTOS POSITIVOS APONTADOS PELOS TRABALHADORES.....	81
TABELA 11 - ORDEM DE MENÇÃO (ASPECTOS QUE AFETAM A SEGURANÇA EM RADIOGRAFIA INDUSTRIAL).....	83
TABELA 12 - FATORES DE ORDEM DE MENÇÃO (ASPECTOS QUE AFETAM OS PADRÕES DE SEGURANÇA EM RADIOGRAFIA).....	85
TABELA 13 DISTÂNCIA, EM MM, ENTRE A ÂNCORA ESQUERDA E A MARCAÇÃO	87
TABELA 14 - GRAU DE INSATISFAÇÃO DOS TRABALHADORES (ASPECTOS DE AFETAM OS PADRÕES DE SEGURANÇA EM RADIOGRAFIA INDUSTRIAL).....	89
TABELA 15 – RANKING DOS ASPECTOS QUE AFETAM OS PADRÕES DE SEGURANÇA EM RADIOGRAFIA INDUSTRIAL, NA OPINIÃO DOS TRABALHADORES	91

RESUMO

A expectativa deste trabalho é discutir a questão da segurança em radiografia industrial, sob o contexto geral da atividade, procurando contribuir para a busca de melhores padrões de segurança para os profissionais que atuam em operações com fontes de radiação. Tomou-se como ponto de partida os dados divulgados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), no encontro sobre Segurança Radiológica em Radiografia Industrial (Rio de Janeiro, 1998) e contrapôs-se a opinião dos profissionais de radiografia industrial na região metropolitana de Porto Alegre, sobre os aspectos que afetam os padrões de segurança na atividade. Estes dados foram coletados com base na técnica do *Design Macroergonômico* proposto por Fogliatto e Guimarães (1999). Além dos problemas diretamente relacionados à segurança radiológica, ficou evidente a importância das questões de natureza gerencial e organizacional, que não são consideradas nos atuais padrões de segurança das empresas brasileiras de radiografia industrial.

ABSTRACT

The expectation of this work is to argue the safety's subject in industrial x-ray, under the general context of the activity, trying to contribute for the search of best patterns of safety for the professionals that act in operations with radiation sources. Data published by the Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), in the encounter on Safety Radiological in Industrial X-ray (Rio de Janeiro, 1998) were taken as starting point of the literature review. A qualitative analysis of the activity was done based on opinion metropolitan area of Porto Alegre professionals of industrial x-ray's. These data were collected according to in Magroergonomic Design technique proposed by Fogliatto and Guimarães (1999). Besides the problems directly related to the safety radiological, it was evident the importance of managerial and organizational problems, that are not considered in the current patterns of safety of the Brazilian companies.

1 Introdução

Esta dissertação trata da questão da segurança na atividade de radiografia industrial, centrando o enfoque na análise das causas dos acidentes radiológicos envolvendo profissionais da área, expostos ocupacionalmente à radiação. Neste estudo, a causa dos acidentes radiológicos são percebidas, dentro do contexto das empresas de radiografia industrial, procurando mostrar de que forma problemas de natureza gerencial, organizacional e sistêmicos, podem afetar os padrões de segurança durante o manuseio com fontes de radiação.

A radiografia industrial é uma das inúmeras aplicações da radiação ionizante em nossa sociedade. Vale-se da radiação ionizante para controlar a qualidade de muitos equipamentos industriais, seja em processos de fabricação, montagem ou mesmo manutenção.

O fato de envolver um tipo de energia que promove alto risco à saúde de profissionais e pessoas do público merece um destaque especial, quando a discussão envolve a segurança do homem e do meio ambiente. Ao longo dos anos, a “radiação ionizante” vem sendo tema para muitas discussões por parte de organizações nacionais e internacionais, sejam elas governamentais ou não. Possivelmente, tal preocupação seja reflexo das conseqüências dos últimos acidentes radiológicos ocorridos em usinas nucleares e empresas que trabalham com material radioativo, principalmente nas décadas de 80 e 90. O acervo de documentos e relatórios técnicos da “International Agency Energy Atomic”, com sede em Viena - Áustria, discorre sobre este tema, recomendando algumas práticas necessárias para minimizar os riscos de acidentes com radiação ionizante.

No Brasil, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), órgão que regulamenta as atividades com radiação ionizante no país, vem atuando com o propósito de melhorar as condições de trabalho e de promover um ambiente mais adequado e seguro para os profissionais que se expõem ocupacionalmente à radiação ionizante.

Entre as áreas de aplicação, a radiografia industrial destaca-se pelo alto risco e a ocorrência de acidentes radiológicos, que contribuem significativamente para o aumento de doses de radiação e conseqüentes danos causados à saúde do trabalhador.

Para trazer à tona o problema da segurança radiológica, tomou-se como ponto de partida, o encontro sobre segurança radiológica ocorrido em 1998, na cidade do Rio de Janeiro. Este

evento mereceu destaque, principalmente porque tinha o propósito de discutir e apresentar dados relativos a performance das empresas de radiografia industrial na década de 90. O encontro foi promovido pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e realizado no Instituto de Radioproteção e Dosimetria – uma das unidades da CNEN. Contou com a participação de representantes da CNEN, empresários do ramo e técnicos de segurança das principais empresas de radiografia industrial do país.

Segundo dados apresentados, existiam, no Brasil, aproximadamente 283 obras na área industrial, utilizando fontes radioativas para controle de qualidade industrial. Os serviços de radiografia nessas obras eram executadas pelas 16 empresas existentes até então. O mapa da figura 1, apresentado pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, mostra a distribuição geográfica das empresas de radiografia no Brasil, no ano de 1998.



Considerando o número de obras em andamento naquele ano e o total de empresas de radiografia operando na atividade, tem-se, então, uma média de 17,68 obras por empresa. O número de fontes radioativas possivelmente é superior a 283, visto que em uma mesma obra poderá existir mais de uma fonte radioativa em operação. A região sul do país concentra a maior parte das obras por empresa, com uma média de 20,66. Em seguida, a região sudeste com 15,75 obras por empresa. O nordeste está em terceiro lugar com 14,00 obras por empresa. Na região norte não existem prestadoras regionais atuando. Presume-se, assim, que as obras que existiam nesta região eram feitas por empresas de outras regiões do país.

O cerne do encontro foi o aumento progressivo das doses de radiação recebidas por profissionais que atuam em radiografia industrial e os efeitos biológicos decorrentes, principalmente os acidentes radiológicos. Foram apresentadas, também, as principais irregularidades encontradas nas empresas, quando das últimas inspeções regulatórias dos fiscais da CNEN. Os relatos sobre acidentes ocorridos no Brasil, nos últimos anos, mostram doses equivalentes recebidas por trabalhadores de até 165 vezes superior ao limite de dose equivalente anual estabelecido pelas autoridades de segurança. Mesmo com intensos esforços da Comissão Nacional de Energia Nuclear em promover padrões de segurança adequados para trabalhadores, com vistas a minimizar o risco de acidentes radiológicos em empresas brasileiras de radiografia industrial, as melhorias parecem se desenrolar em ritmo e com resultados pouco satisfatórios. Ao longo do tempo, acidentes com trabalhadores vêm ocorrendo com frequência, trazendo sérios danos à saúde desses profissionais.

As principais conclusões do encontro foram que os resultados das ações de melhorias na área de radiografia industrial parecem parciais, e vem se desenrolando em ritmo lento ao longo dos anos. Além disso, concluiu-se, também, que ações mais eficazes devem ser discutidas, com a maior brevidade possível, para que o atual quadro de doses elevadas e ocorrência de acidentes possa ser minimizado. Partindo dessas conclusões, procurou-se questionar o motivo que estaria dificultando a efetiva implementação de boas práticas na atividade. Esse questionamento, juntamente com a experiência de 12 anos na atividade, atuando como supervisor de radioproteção industrial, levou à suspeita de que a ocorrência de acidentes radiológicos, envolvendo profissionais da área, e os conseqüentes danos à saúde desses trabalhadores,

poderiam estar relacionados a problemas de natureza organizacional, gerencial e sistêmica nas empresas de radiografia. Isso porque a área de segurança radiológica das empresas assume atribuições bastante específicas, dirigidas à segurança durante o uso, manuseio e transporte de fontes de radiação. Contudo, o sucesso em estabelecer e implementar melhorias na área de segurança, dentro de uma organização, não dependem única e exclusivamente da área responsável em conduzir a implementação. Os processos organizacionais possuem interfaces com outros setores e áreas, que devem possibilitar e facilitar a implementação das medidas necessárias para um trabalho seguro e produtivo.

Observa-se, também, que a literatura existente trata a questão da segurança radiológica focando-a mais para aspectos técnicos de segurança. Com isso, concluiu-se que seria oportuno tratar o problema da segurança nessa atividade, no contexto organizacional e, quem sabe, fornecer contribuições para futuras discussões na busca de melhorias mais efetivas.

1.1 Hipótese e Objetivo

A hipótese formada, então, é que a causa de muitos acidentes radiológicos, envolvendo trabalhadores de radiografia expostos ocupacionalmente, possa estar relacionada a problemas de natureza organizacional, gerencial e sistêmica. Com base na hipótese, centrou-se o presente estudo na análise da segurança e saúde do trabalhador de radiografia industrial, procurando verificar de que forma esses problemas poderiam estar influenciando os padrões de segurança na atividade e contribuindo para a ocorrência de acidentes radiológicos.

1.2 Objetivos Específicos

- Apresentar o estado da arte na atividade de radiografia industrial, no que se refere às características operacionais e aos atuais padrões de segurança;
- Coletar dados sobre a opinião dos trabalhadores expostos ocupacionalmente à radiação, sobre aspectos que possam vir a afetar significativamente os padrões de segurança na atividade, aplicando-se, para isso, a técnica do Design Macroergonômico, desenvolvida por Fogliatto e Guimarães (1999);
- fazer uma análise da atividade em si utilizando, como base, o estado da arte apresentado, os dados coletados junto aos trabalhadores e a experiência de doze anos na atividade.

1.3 Estrutura do trabalho

Esta dissertação está estruturada em 6 capítulos, sendo o primeiro, esta introdução. No capítulo 2, é apresentado um panorama sobre radiografia industrial, descrevendo as principais características da atividade, tais como a técnica de radiografia industrial, as programações de serviço, o perfil básico dos profissionais que atuam na área, e as características dos locais físicos onde os serviços ocorrem. Além disso, é feita uma breve apresentação sobre a geração e detecção da radiação ionizante. O capítulo 2 traz ainda, as principais irregularidades cometidas pelas empresas brasileiras de radiografia industrial, segundo dados divulgados no encontro sobre segurança radiológica, ocorrido em 1998, na cidade do Rio de Janeiro, RJ. Estes dados são utilizados para dar início às discussões feitas nesse estudo.

Na seqüência, o capítulo 3 apresenta uma revisão sobre os principais acidentes radiológicos ocorridos no mundo, entre as décadas de 60 e 80, a fim de elucidar os danos da radiação causados à saúde do trabalhador. São apresentados, também, dois casos de acidentes radiológicos ocorridos com empresas brasileiras de radiografia industrial, em 1998, na cidade de São Paulo, como forma de mostrar as conseqüências gerais de um acidente e as medidas normalmente tomadas por empresas e autoridade competente no assunto. Ainda nesse capítulo, tem-se uma revisão da literatura relacionada aos princípios e regulamentos nacionais e internacionais, aplicados à radiografia industrial. Durante a passagem dessa seção, observa-se que o enfoque dado à questão da segurança dos trabalhadores em radiografia industrial, relaciona-se basicamente aos controles e requisitos recomendados e exigidos por autoridades no assunto, a serem praticadas pelas áreas de segurança radiológica das empresas de radiografia industrial. Contudo, o enfoque proposto neste trabalho não é abordado, pois a grande maioria da literatura pesquisada é dirigida para a forma de controle e estabelecimento de procedimentos técnicos de segurança, aplicados a esta atividade. O enfoque proposto nesta dissertação foi observado muito superficialmente em poucos documentos, que faziam referência à questão da segurança nas atividades, sem desenvolver análises mais dirigidas sobre a segurança de trabalhadores.

No capítulo 4, são apresentados os resultados do levantamento das condições do serviço de radiografia industrial, em uma empresa tradicional de radiografia industrial, que atuava no estado do Rio Grande do Sul, quando do desenvolvimento do presente trabalho. Procurou-se

manter em sigilo o nome e características dessa empresa, por uma questão de preservação da imagem, pois informações sobre o município onde estava atuando, ou localização de obras seria de fácil reconhecimento. Como o propósito desse trabalho é discutir a questão dos acidentes, envolvendo questões internas, a apresentação das características da empresa poderia comprometer sua imagem no mercado.

No capítulo 5, é apresentada uma discussão sobre os aspectos que possam afetar os padrões de segurança em radiografia industrial, procurando relacionar as principais irregularidades identificadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, questões organizacionais das empresas de radiografia e a opinião dos profissionais da área, sobre os padrões de segurança. Utilizou-se como base para relacionar estes aspectos, uma experiência de doze anos na atividade, atuando como supervisor de radioproteção e gerente da qualidade.

No capítulo 6, são apresentadas as conclusões finais sobre a discussão proposta.

2 Um Panorama Geral sobre Radiografia Industrial

2.1 Técnica Radiográfica

A radiografia industrial é uma técnica de ensaio não destrutivo para controle da qualidade em soldas e materiais fundidos. Permite diagnosticar condições de peças, componentes e/ou equipamentos industriais, verificando a existência de possíveis falhas internas ou discontinuidades oriundas do processo de fabricação ou desgaste natural sem, com isso, destruir o item que está sendo investigado. A técnica consiste no uso de uma fonte de radiação ionizante (normalmente raio x ou radiação gama) que atravessa um material de aço inox ou aço carbono, impressionando uma chapa radiográfica. A figura 2 mostra o princípio físico utilizado para impressionar um filme radiográfico.

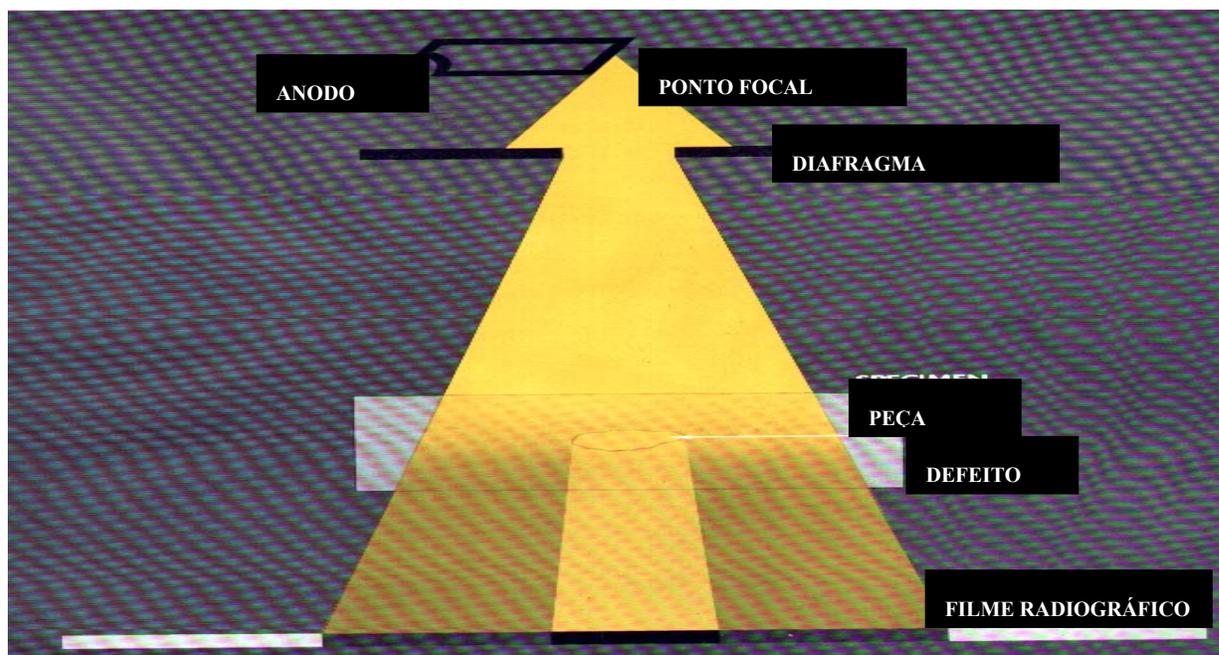


Figura 2 – Princípio Físico para impressionar filmes radiográficos

Fonte: Eastam,1989,p.06.

As aplicações da técnica de radiografia industrial são inúmeras, sendo muito utilizada em pólos industriais e refinarias de petróleo. Pode-se radiografar desde pequenos tubos ou chapas,

chamados vulgarmente de “corpos de prova”, até estruturas de grande porte tais como caldeiras e fornos industriais, tanques de armazenamento de combustível, plataformas continentais, entre outros. Tudo dependerá dos objetivos da aplicação da técnica.

A figura 3 mostra a técnica radiográfica sendo aplicada para controle de qualidade na estrutura de uma aeronave. A operação, apesar de simples, requer um aparato todo de segurança, visto o risco de altos níveis de radiação que trabalhadores ou, até mesmo, pessoas do público poderão ficar sujeitos.



Figura 3 – Controle de Qualidade em Aeronaves

Fonte: Eastman, 1989, p. 76.

A atividade de radiografia industrial pode ser realizada por uma empresa especializada em técnicas de ensaios não destrutivos ou, ainda, por empresas de outros ramos, que possuem um setor de controle da qualidade e aplicam esta técnica para efeito de controle de processos

A diferença entre empresas especializadas, chamadas de prestadoras de serviço, e as empresas que possuem um setor que trabalha com radiografia merece destaque pois as características operacionais e os requisitos de segurança entre os dois tipos de empresa possuem grau de complexidade diferenciado.

No caso de empresas que possuem um setor de radiografia, o “produto radiografia” não é o negócio da organização. Além disso, realizam as operações com fontes de radiação em salas ou prédios projetados e aprovados junto à Comissão Nacional de Energia Nuclear. Esta característica, na maioria das situações, dispensa grande parte do aparato e procedimentos de segurança exigidos para a operação segura com as fontes de radiação. Já para as empresas especializadas, o grau de exigência aumenta, pois podem operar com fontes de radiação em locais projetados e aprovados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, ou mesmo, prestar serviços em vias públicas. Os serviços realizados pelas empresas especializadas são feitos, normalmente, em áreas físicas abertas de plantas industriais, pólos petroquímicos etc. No caso de empresas que possuem um setor de controle da qualidade, as exposições de fontes de radiação são feitas somente em locais devidamente projetados para esta finalidade. Dessa forma, a proteção do pessoas de público (pessoas não expostas ocupacionalmente) e do próprio meio ambiente tende a aumentar.

Os serviços prestados por empresas especializadas, em vias públicas, por exemplo, muitas vezes são necessários, pois muitos equipamentos industriais são de grande porte, como por exemplo, uma caldeira ou um forno industrial, e não podem ser deslocados para locais específicos.

2.2 Tarefas executadas pelos Profissionais da Área

Pode-se considerar as tarefas e responsabilidades assumidas pelo profissional de radiografia em duas categorias: as atribuições básicas, estabelecidas pela Norma CNEN NN 6.04 – Funcionamento de Serviços de Radiografia Industrial, que são dirigidas mais especificamente à segurança durante as operações com fontes de radiação; e as tarefas técnicas, tais como preparação de filmes, montagem da infra-estrutura para o trabalho de campo e revelação de clientes, nas obras, e controle de despesas geradas durante o período em que realizam trabalhos numa certa obra.

Estas tarefas são realizadas ao longo da jornada de trabalho, salientando-se que, em muitas situações, dependendo das características do serviço, os profissionais podem trabalhar mais de

8 horas. Tudo dependerá do grau de complexidade do serviço e da distância da localização da obra com relação aos escritórios das empresas de radiografia.

A execução do serviço em sí, inicia-se com a preparação dos equipamentos e materiais para o trabalho. A equipe monta os filmes radiográficos em uma sala com ausência de iluminação, denominada “câmara escura”, onde também são revelados os filmes depois de expostos à radiação. Enquanto um dos integrantes da equipe realiza esta tarefa, outras providências devem ser tomadas pelos demais integrantes da equipe. Tarefas como verificação das condições de funcionamento dos equipamentos, acondicionamento da fonte radioativa no veículo e preparação dos documentos legais relacionados à segurança, devem ser providenciados. Checado os equipamentos, a equipe desloca-se para o local determinado para a realização do serviço, e preparam o local para ser irradiado. O transporte de fontes radioativas, por exemplo, apesar de ser uma das atribuições básicas desses profissionais, gera cansaço em muitos trabalhadores, pois a equipe deve conduzir o veículo que transporta o material radioativo, pois o cliente, muitas vezes, não autoriza a estocagem de material radioativo em suas dependências e, na negociação comercial, a definição de um local para estocagem do material não é acordada adequadamente. Com isso, os trabalhadores devem se submeter a transportar diariamente a fonte de radiação, da obra para o escritório regional e vice – versa.

Após ter sido estimada a área de irradiação ela é limitada pela montagem do balizamento, com cordas ou faixas de sinalização. Verificado que a área encontra-se totalmente evacuada, a equipe dá início às operações de exposição da fonte de radiação. Concluído o número de exposições previstas, a equipe guarda os equipamentos e remove o balizamento da área, retornando ao escritório regional ou à base, para processar a revelação dos filmes e emitir laudos radiográficos. Essas operações são típicas de empresas prestadoras de serviço, atuando projetadas para o uso de fontes de radiação. Nesses casos, o risco de acidentes com trabalhadores e pessoas de público tende a diminuir significativamente.

Nas empresas prestadoras de serviços de radiografia industrial existem, ainda, tarefas de última hora, principalmente aquelas relacionadas à manutenção de equipamentos ou fontes de radiação. Em muitas situações, profissionais têm que consertar irradiadores ou aparelhos de raio X, minutos antes de iniciarem as operações. As tarefas de última hora podem ser

provocadas, também, por problemas decorrentes de falhas na administração das chefias. As tarefas desenvolvidas pelos profissionais, durante os serviços de radiografia, não são bem especificadas pelas empresas prestadoras de serviço. Assim, em algumas empresas, tarefas que não compõem o conjunto de atribuições de um dado profissional, podem ser igualmente cobradas pelas chefias gerando, no trabalhador que precisa do emprego, um grande descontentamento. Muitos profissionais têm consciência de que serão cobrados, independentemente de uma dada tarefa estar claramente especificada como de sua responsabilidade. Assim, procuram realizá-la, mesmo que isso aumente significativamente o número de horas à disposição da empresa, ou horas efetivamente trabalhadas. Contudo, observa-se que a tolerância do trabalhador, com relação a este aspecto, diminui à medida em que o tempo de experiência aumenta. A sobrecarga no trabalho parece afetar psicologicamente os profissionais dessa área. Em obras muito distantes dos escritórios das empresas, os problemas parecem ser ainda maiores, visto que o apoio para ações corretivas imediatas pode demorar a se concretizar ou simplesmente não ocorrerem.

2.3 Programação dos Serviços a serem Executados

A programação dos serviços é feita pelo gerente de produção ou pessoa por ele designada. A área de produção tem a função de manter o padrão de qualidade técnica exigido por normas de fabricação e montagem de equipamentos industriais. Normalmente a área de produção fica ao encargo de um engenheiro responsável.

Quando as obras são de longa duração e afastadas dos escritórios das empresas, tal atribuição é repassada a um dos trabalhadores (normalmente o mais antigo). Assim, este trabalhador deverá não somente planejar e executar o serviço, como realizar as negociações cabíveis junto ao cliente. Nas negociações, o aspecto chave, em termos de segurança, está relacionado à montagem da infra-estrutura para as operações de campo. Dificuldades como a falta de iluminação no local, andaimes inseguros, etc poderão aumentar significativamente o risco de acidentes radiológicos com trabalhadores. Nessas obras, não há muita rotatividade de profissionais. A substituição normalmente ocorre quando o profissional não desempenha suas atribuições à contento, ou ainda, quando este profissional é requisitado para uma obra de mais significância para a empresa de radiografia.

Nos escritórios regionais, por sua vez, a substituição dos integrantes em uma mesma equipe é constante, pois, na maioria das vezes, os serviços são de curta duração. Com isso, muitas equipes operacionalizadas a partir dos escritórios regionais podem até mesmo realizar serviços em dois ou mais clientes, em uma mesma jornada de trabalho.

O estabelecimento da programação pode ser considerado um dois aspectos chave na atividade. O programador deve ter um bom conhecimento, não somente das técnicas radiográficas em sí, mas também, de quais os requisitos de segurança deverão ser contemplados. A segurança dos profissionais recebe influência direta da forma com que os serviços são planejados, visto que a adoção de um certo procedimento técnico poderá conflitar com algum procedimento de segurança, pondo, assim, em risco, a saúde de trabalhadores, ou mesmo, das pessoas do público presentes nas vizinhanças.

A vivência de 12 anos na área de radiografia industrial permite comentar que, na prática, o setor de produção tende a considerar mais os aspectos ligados à produtividade, em detrimento daqueles ligados à segurança durante as operações com fontes de radiação. Quando há situações que requerem mais cuidado, a área de segurança é consultada.

2.4 Horários e Carga de Trabalho

Os horários de trabalho em radiografia industrial normalmente são estabelecidos fora do horário comercial. O manuseio com fontes de radiação deve ser o mais afastado possível de pessoas do público devido ao risco em potencial que as fontes impõem à saúde. Em alguns casos, onde as espessuras do item analisado é relativamente grande (na faixa de 50 mm de espessura), há necessidade de operar com fontes de maior atividade ou maior quilovoltagem (grandezas físicas que representam a potência para fontes de radiação e aparelhos de raio x, respectivamente) o que aumenta, ainda mais, os riscos. Porém, isso não é regra geral. Existem situações em que, mesmo com este risco, as exposições devem ser realizadas durante o horário comercial. Nesses casos (como por exemplo, em paradas gerais em plantas industriais), a área de segurança radiológica deve atuar mais intensamente, estabelecendo planos de segurança para o local e, se possível, acompanhar as operações. O cliente é quem normalmente define dia e horário que as equipes deverão comparecer no local destinado às exposições.

Apesar dos horários de trabalho serem de conhecimento dos profissionais de radiografia, percebe-se um certo grau de insatisfação desses profissionais com relação aos horários que são estabelecidos. Isso porque não havendo um horário fixo para o trabalho, muitos profissionais não podem agendar compromissos pessoais, pois sabem que a qualquer momento podem ser chamados para o trabalho. Como forma de minimizar o problema, as empresas de radiografia procuram negociar os horários de trabalho.

A jornada normal de trabalho em radiografia compreende quatro horas, conforme estabelece o Conselho de Radiologistas. Acima disso, as horas passam a ser contabilizadas como adicionais. Assim, o profissional de radiografia, mesmo atuando como operador estagiário (função assumida por profissionais no início de carreira), poderá ter um ganho satisfatório no final do mês, pois dificilmente a equipe opera menos de quatro horas por jornada.

Como forma de controle de exposições à radiação em excesso, a Comissão Nacional de Energia Nuclear orienta as empresas de radiografia a não operarem com fontes de radiação mais do que 8 horas por jornada, em um mesmo local físico. Isso porque trabalhadores ou pessoas do público não podem ficar exposto à radiação mais de 8 horas por jornada. Considerando-se que, para a Comissão Nacional de Energia Nuclear, o tempo de exposição semanal seria de no máximo 40 horas, para qualquer uma das categorias citadas anteriormente, caso uma fonte ficasse exposta mais de 8 horas, considerando-se 5 dias úteis, a dose acumulada anual excederia os limites anuais de 50 mSv (50 milisiervet) para trabalhadores e 1 mSv (1 milisiervet) para pessoas do público.

2.5 Perfil dos Profissionais de Atuam na Atividade

A radiografia industrial é um tipo de atividade que apresenta características muito peculiares. Dessa forma, profissionais que não possuam perfil adequado para a atividade tendem a permanecer pouco tempo na radiografia.

O perfil exigido para um profissional operar em radiografia industrial é bem definido. A atividade de radiografia requer dos profissionais muita resistência física, devendo esse profissional gozar de um bom quadro clínico. Além disso, o profissional deve ser uma pessoa com muita iniciativa e versatilidade, pois muitas situações devem ser resolvidas quase que de

imediate, para que o serviço possa ter continuidade, ou mesmo, para que a segurança dos próprios profissionais e pessoas do público nas proximidades, não venham acser afetadas por problemas de acidentes com fontes de radiação.

Os profissionais que atuam nesta área devem possuir o primeiro grau para a função de operador ou operador em treinamento, e de segundo grau para responsável por instalação aberta.

Normalmente, são treinados pelas próprias empresas, para atuarem em serviços de radiografia industrial. O treinamento de 80 horas em radioproteção inclui conhecimentos nas áreas técnica e de segurança radiológica. Somente após serem submetidos a uma prova de qualificação junto à Comissão Nacional de Energia Nuclear, é que estarão autorizados a operar com material radioativo. A exceção é dada apenas ao operador em fase de treinamento, que poderá operar as fontes de radiação em atividades práticas que venham a integrar o treinamento como operador. Neste caso, o profissional em treinamento somente poderá operar a fonte de radiação supervisionado pelo responsável por instalação aberta ou operador qualificado junto à CNEN.

Em função de características operacionais, dos locais físicos a serem radiografados e, principalmente, de aspectos legais, os trabalhadores de radiografia são, na sua totalidade, do sexo masculino. É possível constatar tal afirmação, consultando o cadastro geral da Comissão Nacional de Energia Nuclear (1998), que relaciona os profissionais autorizados a trabalhar em radiografia industrial. A atividade de radiografia requer força muscular para posicionamento de peças industriais, o que restringe o trabalho de profissionais do sexo feminino nesta atividade. Além disso, os requisitos normativos da norma CNEN NE 3.01 proíbem que profissionais do sexo feminino, com capacidade reprodutiva, operem em áreas controladas (áreas sujeitas a altos níveis de radiação).

Como decorrência das condicionantes citadas anteriormente, as empresas de radiografia acabam optando por contratar funcionários do sexo masculino.

A contratação desses profissionais se dá por indicação de um parente ou amigo que já opera em radiografia industrial. Ao serem contratados, devem ser constantemente monitorados, seja com relação às doses de radiação recebidas, seja com relação ao quadro clínico de saúde do profissional. Dessa forma, um dos principais requisitos para os profissionais que se candidatarem a operar com radiação é apresentar bom estado de saúde.

O convívio com os profissionais de área de radiografia permitiu identificar outras características bastante peculiares. Por exemplo: são geralmente casados, com idades variando entre 18 e 45 anos e possuindo de 2 a 4 filhos. Por ser uma atividade muito envolvente, os profissionais de radiografia possuem um círculo de amizade bastante restrito e definido. Geralmente são colegas de trabalho ou profissionais de áreas afins à radiografia. Percebe-se muito claramente que a maior convivência é com os colegas de trabalho. Como as operações de radiografia devem ser feitas em equipes constituídas por três pessoas, à medida que começam a desenvolver suas tarefas profissionais em uma mesma equipe, muitos trabalhadores passam a se identificar um com os outros. A amizade é, sem dúvida, um aspecto positivo da atividade. Porém, pode trazer problemas e dificuldades na programação desses profissionais para o trabalho, visto que a identificação pode ocorrer de tal forma, que passam a não querer mais trabalhar com outros colegas, que não sejam aqueles de sua equipe.

Outro aspecto importante que o profissional de radiografia deve contemplar, é a disponibilidade de viajar e de trabalhar em qualquer turno. Este aspecto é considerado principalmente no momento da contratação do profissional de radiografia porque, como já comentado anteriormente, os horários de trabalho variam bastante e a probabilidade de serviços em outros estados ou municípios é muito grande.

Muitas vezes a escolha do profissional para operar em uma obra se dá em função das características físicas do local, que varia significativamente. Talvez este aspecto contribua bastante para a dificuldade existente em manter padrões e rotinas de trabalho em patamares seguros durante as operações com fontes de radiação. A seguir, é apresentada uma classificação dos locais físicos, muito utilizada em radiografia industrial.

2.6 Locais para Realização dos Serviços de Radiografia Industrial

2.6.1 Áreas Industriais

Como exemplo de áreas industriais podem-se citar: pólos petroquímicos, refinarias de petróleo, fabricas de papel e celulose, plataformas continentais, estaleiros, entre outros. Os trabalhos nestas áreas são realizados em locais delimitados fisicamente, onde a fonte de radiação é exposta, com acesso controlado. Os serviços realizados em áreas industriais ocorrem,

normalmente, em plantas industriais, ou fábricas, em prédios ou salas projetadas para esta finalidade. Este tipo de serviço é denominado Instalação Fechada. Quando o serviço é realizado em áreas abertas, recebe o nome de Instalação Aberta.

Como já comentado anteriormente, a complexidade e o grau de exigência em termos de segurança é maior em áreas abertas. Este tipo de serviço é mais crítico, pois requer mais cuidados já que não há barreiras físicas que blindem a radiação.

Independente do tipo de serviço, as empresas de radiografia devem possuir um plano de radioproteção aprovado pela Comissão Nacional de Energia Nuclear. Este documento deve descrever todos os requisitos de segurança e a forma de operar com as fontes de radiação, seja em operações normais ou situações de emergência.

2.6.2 Instalações Fechadas

Os serviços em instalações fechadas são realizados por dois profissionais de radiografia, sendo um deles com qualificação na Comissão Nacional de Energia Nuclear. Este profissional é chamado de operador qualificado CNEN. O segundo integrante poderá ser um operador em fase de treinamento, chamado de operador estagiário.

O controle dos serviços, em termos de segurança, deve ser acompanhado pelo supervisor de radioproteção, indivíduo com nível superior, qualificado na Comissão Nacional de Energia Nuclear, para administrar todos os aspectos de segurança durante o uso, manuseio, estocagem e transporte de fontes de radiação. As características físicas desse tipo de serviços já foram comentadas anteriormente.

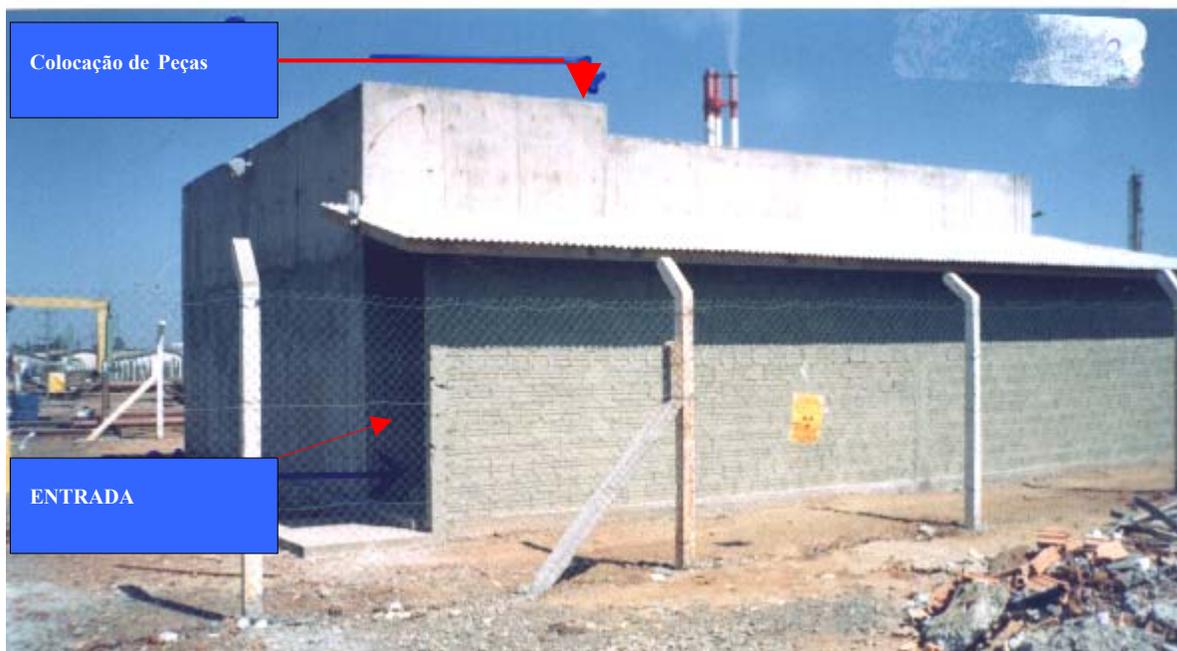


Figura 4 – Fotografia de uma Instalação Fechada.

2.6.3 Instalações Abertas

No caso específico das instalações abertas, a operação é realizada por três indivíduos, sendo dois deles qualificados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear. O responsável por instalação aberta (RIA) é um profissional com pelo menos o primeiro grau completo, que representa o supervisor de radioproteção na obra. Assim, deve acompanhar todas as operações de uso, manuseio e transporte envolvendo as fontes de radiação, devendo acatar as determinações do supervisor de radioproteção. Além do RIA, existe, ainda, um operador qualificado CNEN e um operador estagiário.

O tipo de serviço mais crítico em áreas abertas, é aquele feito em vias públicas. Nesse tipo de trabalho, além dos procedimentos e planos usuais de segurança, ainda devem ser estabelecidos, pela empresa de radiografia, o chamado PARAE – Plano de Área Restrita com Autorização Específica, que contempla procedimentos técnicos de segurança, aplicáveis especificamente a vias públicas e área habitadas pela população. Para serviços dessa natureza, uma série de condicionantes e restrições são estabelecidas, começando pela própria autorização para início

dos serviços. Esta liberação é fornecida pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, após a empresa de radiografia ter atendido todos os requisitos gerais e específicos de segurança.

Serviços em vias públicas requerem, dos profissionais de radiografia, atenção redobrada e muita dedicação, pois muitas dificuldades normalmente encontradas em área industriais, por exemplo, são encontradas nesse tipo de serviço. O agravante maior é que o apoio da segurança industrial, para controle de acesso de pessoas e de veículos nas proximidades do local de irradiação, nem sempre existe. Assim, os profissionais, além de se preocuparem com a qualidade do serviço e com os requisitos de segurança, deverão controlar a área para que pessoas não autorizadas não entrem no local de irradiação. Serviços mais complexos requerem ajuda, inclusive da defesa civil e da polícia para que possam ser realizados. Em vias públicas, qualquer erro poderá gerar acidentes de relativas proporções, atingindo, inclusive, pessoas do público ou o próprio meio – ambiente.

A figura 5 mostra um local classificado como instalação aberta, em uma área considerada industrial, localizada no III Polo Petroquímico de Triunfo, RS. Os itens a serem radiografados são as linhas que conduzem produtos químicos semi-acabados de uma petroquímica de grande porte para a refinaria Alberto Pascoalini, situada em Canoas, região metropolitana de Porto Alegre.

2.6.4 Instalações Fechadas

Os serviços em instalações fechadas são realizados por dois profissionais de radiografia, sendo um deles com qualificação na Comissão Nacional de Energia Nuclear. Este profissional é chamado de operador qualificado CNEN. O segundo integrante poderá ser um operador em fase de treinamento, chamado de operador estagiário.

O controle dos serviços, em termos de segurança, deve ser acompanhado pelo supervisor de radioproteção, indivíduo com nível superior, qualificado na Comissão Nacional de Energia Nuclear, para administrar todos os aspectos de segurança durante o uso, manuseio, estocagem e transporte de fontes de radiação. As características físicas desse tipo de serviços já foram comentadas anteriormente.

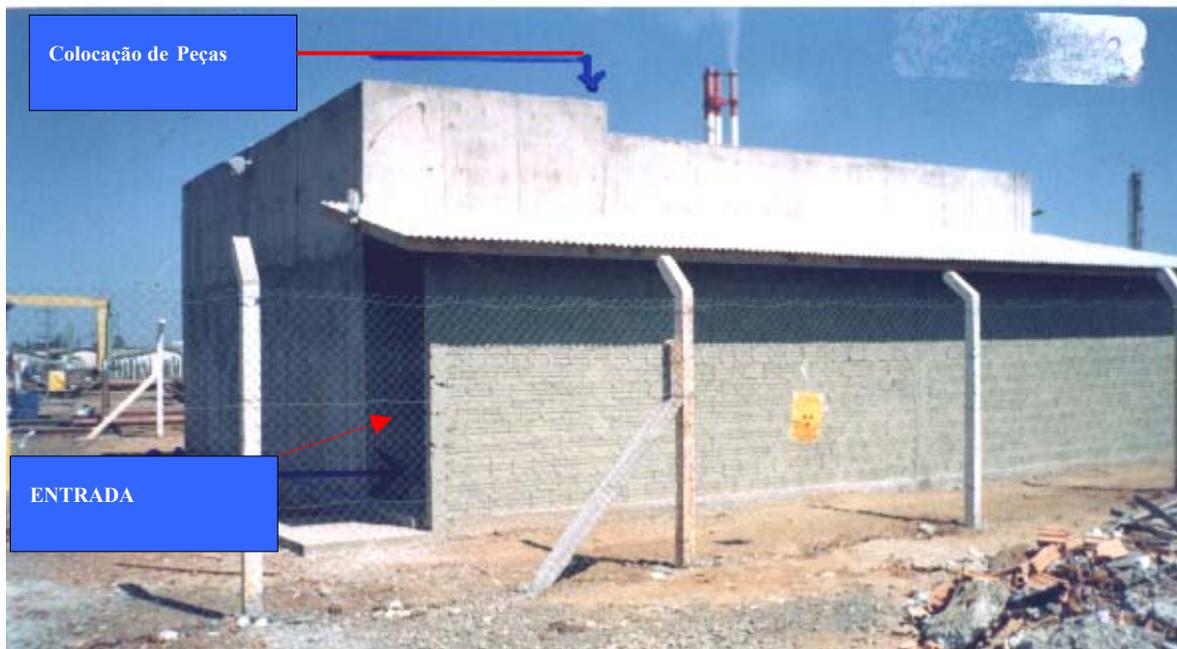


Figura 5 – Fotografia de uma Instalação Fechada.

2.6.5 Instalações Abertas

No caso específico das instalações abertas, a operação é realizada por três indivíduos, sendo dois deles qualificados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear. O responsável por instalação aberta (RIA) é um profissional com pelo menos o primeiro grau completo, que representa o supervisor de radioproteção na obra. Assim, deve acompanhar todas as operações de uso, manuseio e transporte envolvendo as fontes de radiação, devendo acatar as determinações do supervisor de radioproteção. Além do RIA, existe, ainda, um operador qualificado CNEN e um operador estagiário.

O tipo de serviço mais crítico em áreas abertas, é aquele feito em vias públicas. Nesse tipo de trabalho, além dos procedimentos e planos usuais de segurança, ainda devem ser estabelecidos, pela empresa de radiografia, o chamado PARAE – Plano de Área Restrita com Autorização Específica, que contempla procedimentos técnicos de segurança, aplicáveis especificamente a vias públicas e área habitadas pela população. Para serviços dessa natureza, uma série de condicionantes e restrições são estabelecidas, começando pela própria autorização para início dos serviços. Esta liberação é fornecida pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, após a empresa de radiografia ter atendido todos os requisitos gerais e específicos de segurança.

Serviços em vias públicas requerem, dos profissionais de radiografia, atenção redobrada e muita dedicação, pois muitas dificuldades normalmente encontradas em área industriais, por exemplo, são encontradas nesse tipo de serviço. O agravante maior é que o apoio da segurança industrial, para controle de acesso de pessoas e de veículos nas proximidades do local de irradiação, nem sempre existe. Assim, os profissionais, além de se preocuparem com a qualidade do serviço e com os requisitos de segurança, deverão controlar a área para que pessoas não autorizadas não entrem no local de irradiação. Serviços mais complexos requerem ajuda, inclusive da defesa civil e da polícia para que possam ser realizados. Em vias públicas, qualquer erro poderá gerar acidentes de relativas proporções, atingindo, inclusive, pessoas do público ou o próprio meio – ambiente.

A figura 5 mostra um local classificado como instalação aberta, em uma área considerada industrial, localizada no III Polo Petroquímico de Triunfo, RS. Os itens a serem radiografados são as linhas que conduzem produtos químicos semi-acabados de uma petroquímica de grande porte para a refinaria Alberto Pascoalini, situada em Canoas, região metropolitana de Porto Alegre.



Figura 6 – Linhas de produtos químicos semi-acabados

As figuras 6, 7, 8 e 9 mostram áreas abertas, situadas em vias públicas, em Canoas, RS. Estes pontos foram selecionados para mostrar características dos locais que serão irradiados, em função do projeto de interligação da Refinaria Alberto Pascoalini e o III Polo Petroquímico de Triunfo, RS. Na figura 6, observa-se uma pequena ruela e uma indústria de transformação do lado esquerdo. A linha do gasoduto prevista é subterrânea, passando entre a ruela e a indústria

de transformação. Na figura 7, tem-se a linha do metrô de superfície de Porto Alegre. O gasoduto passaria por baixo da linha do trem. A figura 8 mostra, ao fundo, a linha do trem metropolitano de Porto Alegre. As linhas tracejadas, nas figuras 6, 7 e 8, mostram a direção das linhas.

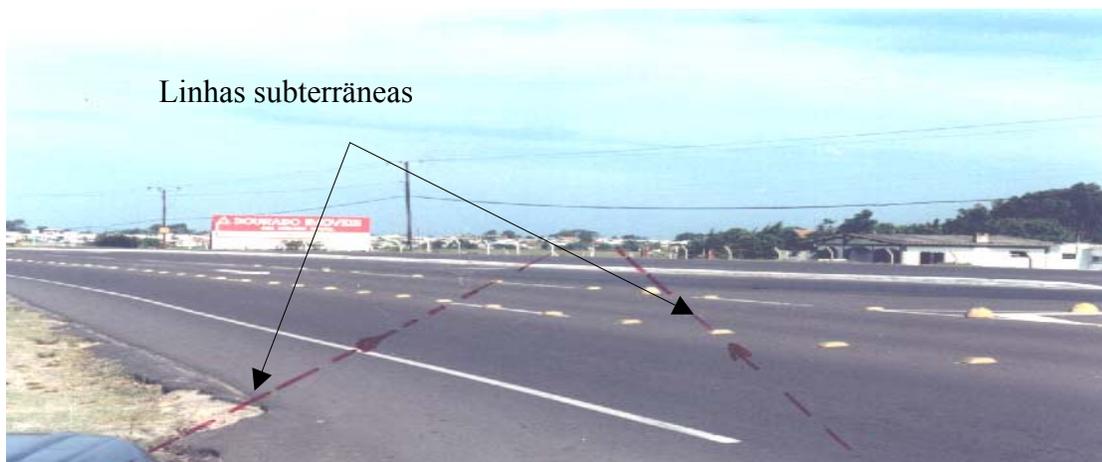


Figura 7 – Fotografia de uma área classificada como Instalação Abertas (via pública) – Município de Tramandaí, RS



Figura 8 – Fotografia de uma área classificada como Instalação Aberta (via pública) – Município de Tramandaí, RS

Independente de quem define a programação, os locais físicos de execução devem ser previamente preparados para o trabalho, devendo ser verificados todos os requisitos de segurança necessários para uso da fonte de radiação. A prática nas operações de radiografia demonstra uma série de dificuldades para que os trabalhadores possam estabelecer as condições ideais para o trabalho. Às vezes, por problema de descumprimento de cláusulas contratuais relacionadas à responsabilidade em fornecer a infra – estrutura mínima no local. Em outras situações, por problemas de motivação dos profissionais ou gerenciamento dos serviços de radiografia em si. Isso traz, como decorrência, sérios riscos à saúde dos trabalhadores de radiografia.

Todos os procedimentos de segurança e cuidados básicos durante as operações com fontes de radiação relacionam-se ao fato da radiografia industrial promover um risco significativo à saúde do trabalhador., visto que em doses elevadas poderá provocar uma série de doenças ao ser humano, tais como cânceres, cataratas, leucemia entre outros. Assim, reservou-se a próxima subseção para apresentar considerações gerais sobre a geração e a utilização desse tipo de energia em radiografia industrial.

2.7 Radiação Ionizante

Em março de 1896, ano seguinte àquele em que o físico alemão Wilhelm Conrad Röntger (1845 – 1923) descobriu os raios x, o físico francês Antonie Henri Becquerel (1852 – 1908) verificou que sais de urânio emitiam radiações capazes de produzir sombras de objetos metálicos sobre chapas fotográficas, envoltas em papel preto. O fato que mais impressionou foi a espontaneidade das emissões. Essa radiação Becquerel nominou “radiação penetrante”.

Para demonstrar que a radiação provinha do próprio urânio, Becquerel trabalhou com muitos sais desse elemento. Tudo demonstrava que as radiações eram proporcionais à concentração de urânio. Verificou, ainda, que esta proporcionalidade permanecia inalterada através de variações de temperatura, de campos magnéticos e elétricos, de pressão e até estado químico.

Entre os cientistas que mais se interessaram por esta descoberta, destacou-se o casal Curie, Pierre (França 1859 – 1906) e Marie Skolodovoska (Polônia 1864 – 1934), que trabalhavam no laboratório de Becquerel. O casal Curie preocupou-se em verificar se os outros elementos

químicos emitiam esses raios, cuja denominação “radioatividade” foi dada pela própria Marie Curie.

Pierre Curie dedicou-se à separação dessa misteriosa substância radioativa e para tanto trabalhou juntamente a sua esposa em condições precárias, durante mais de dois anos, tendo analisado algumas toneladas desse minério. Finalmente, em julho de 1898, obtiveram uma pequena quantidade de um composto denominado polônio. Além do polônio, descobriram e separaram, em dezembro de 1898, uma outra substância radioativa denominada radium. Estudos posteriores levaram à descoberta de mais elementos radioativos. Mas o que eram esses raios emitidos pelos elementos radioativos ?

Rutherford ajudou a determinar a natureza da radiação colocando uma porção de material radioativo dentro de um recipiente de chumbo com um orifício, na frente do qual estava uma placa de sulfeto de zinco. A radiação produz um ponto brilhante na placa, de tamanho semelhante ao do orifício do recipiente. Se um forte ímã que também produzia um campo magnético era posicionado perto do orifício de saída da radiação, acontecia o seguinte fenômeno na placa de sulfeto de zinco apareciam três pontos brilhantes, o que indicava que o feixe original dividia-se em outros três, que foram denominados de alfa (α), beta (β) e gama (γ).

Pesquisas posteriores mostravam que as partículas alfa estavam carregadas positivamente, as partículas beta negativamente e que eram muito mais leves dos que as alfas. Os raios que não eram desviados da sua trajetória original, ou raios gama, não eram carregados e tinham as mesmas características dos raio x. Uma série de experimentos determinaram que as partículas eram emitidas a altas velocidades, o que demonstra que uma grande quantidade de energia estava armazenada no átomo.

Portanto, de uma maneira geral, pode-se dizer que a radioatividade é a transformação espontânea no núcleo atômico de um nuclídeo (nome usado para designar um núcleo instável, ou radioativo) para outro. Cada núcleo, em processo de transformação, emite um ou mais tipos de radiações cuja natureza ou naturezas são características das transformações do núcleo “pai”. Em certos casos, o resultante ou nuclídeo “filho” também é radioativo.

Os átomos radioativos apresentam uma grandeza física que caracteriza o tempo necessário para que certa quantidade de átomos radioativos se reduza à metade. Esta grandeza se denomina “meia – vida “.

2.7.1 Radiação Gama

Em muitos casos, após a emissão da partícula pelo núcleo, o processo radioativo se completa; mas em outros, o núcleo filho ainda contém uma certa quantidade de energia e permanece “excitado”. Os núcleos formados em tais estados excitados podem emitir o excesso de energia na forma de fótons (pequenos pacotes de energia) chamados raio gama, que apesar de se originarem do núcleo, são de natureza eletromagnética como luz, ondas de rádio, etc.

A reação nuclear a seguir representa a emissão de pacotes de energia- fótons gama (γ), pelo cobalto-60, produzindo níquel-60. Esta reação mostra, quimicamente, como os fótons da radiação gama são emitidos.



Onde,

${}^{60}\text{Co}_{27}$ é o cobalto – 60.

${}^{60}\text{Ni}_{28}$ é níquel – 60.

${}^0\text{e}_{-1}$ representa a emissão de um elétron.

γ representa a emissão da radiação gama.

Os raios gama emitidos pelos núcleos radioativos têm energias bem definidas correspondentes à diferença entre níveis energéticos de transição dos mesmos, ou seja, um nuclídeo pode passar de um nível energético para outro, ou a seu estado fundamental (estado mínimo de energia) emitindo um ou mais raios gama.

Os raios gama são ondas eletromagnéticas que não são desviadas por campos magnéticos, nem elétricos. São similares em todas as suas propriedades físicas aos raios – x. A diferença fundamental consiste nos raios – x se originarem nas órbitas eletrônicas mais externas do núcleo, enquanto que os raios gama são emitidos como resultado de uma recombinação espontânea dentro do núcleo. A energia dos raios gama emitidos pelos diferentes nuclídeos

podem variar de 0,03 a 3 MeV (ver nota 1). Os raios x são da mesma natureza da luz visível, mas possuem um comprimento de onda muito menor.

2.7.1.1 Lei da Desintegração Radioativa

Toda desintegração radioativa envolve a emissão ou de uma partícula α ou de uma partícula β do núcleo do átomo que se desintegra. Essa emissão ocasiona a modificação do núcleo original e, portanto, o número de átomos do elemento que se desintegra (pai) é reduzido e consequentemente aumenta o número de átomos do elemento produto da desintegração. O processo de desintegração só pode ser discutido no campo probabilístico.

Nota 1: MeV corresponde à mega elétron-volt, unidade de energia e $1 \text{ MeV} = 1,602 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

Suponha que em um instante qualquer $t = 0$, tenha-se N_0 átomos radioativos. Chama-se de λ a probabilidade para que um deles se desintegre na unidade de tempo. Em um instante $t > t_0$, tem-se N átomos radioativos. Portanto, o número provável de átomos que se desintegrará na unidade de tempo será: $\lambda \cdot N$.

Como cada desintegração reduz o número N , pode-se também representar o número de desintegrações por unidade de tempo por $-dN/dt$. O sinal negativo significa que N decresce com o tempo. O quociente acima também é chamado de “atividade”. Portanto tem-se

$$- \quad dN / dt = \lambda \cdot N$$

ou

$$dN / dt = - \lambda \cdot N$$

Integrando a expressão dN/dt , no intervalo de N_0 e N , tem-se:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad (1)$$

Onde:

N_0 é o número de átomos no instante inicial,

N é o número de átomos decorrido um tempo t ,

λ é a constante de desintegração radioativa, característica do elemento químico,

t é o tempo transcorrido.

Se $-dN/dt$ corresponde a λN e esta última expressão corresponde à atividade da amostra radioativa, tem-se:

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad (2)$$

Onde,

A é a atividade após transcorrido o tempo (t), dado em Ci (Curie) ou Bq (Becquerel);

A_0 é a atividade inicial da amostra, ou seja, no momento em que o material radioativo foi produzido, em Ci ou Bq;

λ é a constante de desintegração radioativa, característica do radioisótopo, podendo ser calculada por:

$$\lambda = \ln 2 / T_{1/2} \quad (3)$$

onde:

$T_{1/2}$ é a meia vida física do elemento radioativo.

O gráfico da figura 9 representa o decaimento de uma amostra radioativa.

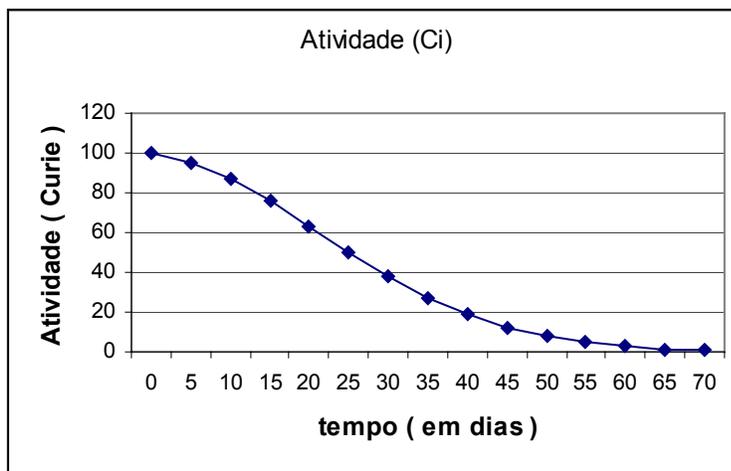


Figura 9 – Decaimento Radioativo

2.7.1.2 Atividade de uma Amostra Radioativa (A)

A atividade é uma grandeza física que fornece informações sobre a intensidade de radiação ionizante de uma certa fonte radioativa. Assim, quanto maior seu valor, mais “potente” será a fonte de radiação.

As unidades de medida muito utilizadas em radiografia industrial são o Curie (Ci) e o Bq (Becquerel). O Becquerel é a unidade do sistema internacional. A conversão de uma unidade para outra se dá através da seguinte expressão:

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$

2.7.1.3 Meia Vida Física (T1/2)

A meia-vida física representa o tempo necessário para que uma amostra radioativa reduza sua atividade à metade. O irídio-192 (Ir-192), um dos radioisótopos muito utilizados, tem meia-vida física de aproximadamente 74 dias, ou seja, a amostra radioativa leva 74 dias para que sua atividade se reduza à 50 %. O cobalto-60 (Co-60), por exemplo, tem meia-vida física de 5,24 anos.

2.7.2 Radiação X

Os raios x diferem dos raios gama fundamentalmente em função da sua origem. Os raios gama são resultados da instabilidade nuclear de um dado material radiativo. A emissão dos raios x, por sua vez, advém de saltos eletrônicos na eletrosfera do átomo. Os elétrons saltam de camadas eletrônicas mais externas para camadas energéticas próximas do núcleo. Eles são resultados de excessos energéticos ocorridos nos saltos eletrônicos.

Em radiografia industrial, os raios x são produzidos através de um tubo de raio x. Basicamente, o tubo de raio x consiste de um tubo de vidro onde se encontram o ânodo (eletrodo positivo) e o cátodo (eletrodo negativo), filamento e alvo, conforme mostra a figura 10.

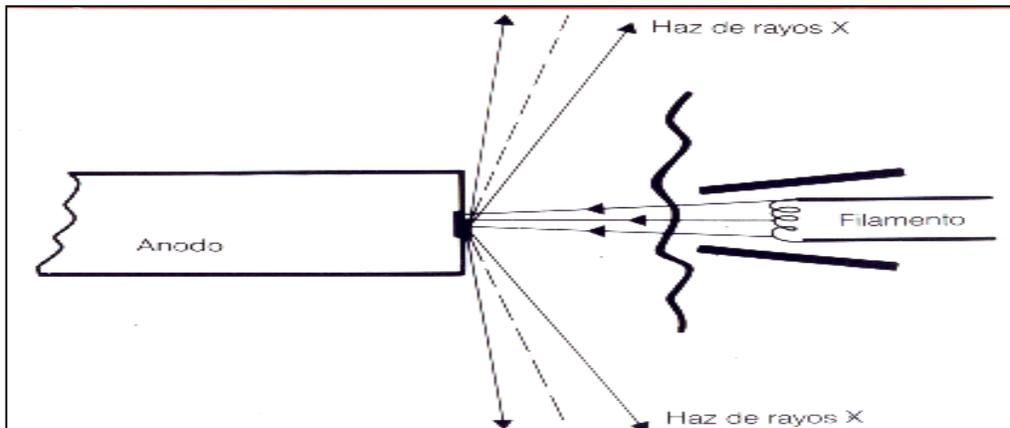


Figura 10 – Princípio Físico de Produção de Raio X - Esquema Simplificado
 Fonte: livro Agfa NDT,p.29.

Os raios x são produzidos quando elétrons de alta energia são subitamente desacelerados; parte de sua energia é convertida em raios x.

O primeiro passo para produzir raios x consta em aquecer o filamento por efeito termoiônico produzindo elétrons livres. A produção desses elétrons é feita termoionicamente através de uma corrente elétrica de intensidade que passa pelo filamento.

No tubo é produzido vácuo tanto quanto possível e com isso os elétrons praticamente não perdem energia no seu caminho.

Quando uma diferença de potencial é aplicada sobre os eletrodos, os elétrons produzidos são repelidos do eletrodo negativo e atraído para o alvo onde serão bruscamente desacelerados.

A energia desses elétrons será dada pelo produto de sua carga pela voltagem aplicada.

$$E = e \cdot V \quad (4)$$

Onde:

E é a energia,

e.= é a carga elementar do elétron = $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

V = diferença de potencial.

A energia dos elétrons (energia cinética) será transferida ao alvo (ou ânodo) e é convertida em outras formas de energia, inclusive raios x.

Na maioria dos casos, quando elétrons se aproximam dos átomos do alvo, existe uma repulsão entre os elétrons e a “nuvem eletrônica” do alvo. Nesse tipo de interação, os elétrons são desviados de sua trajetória e perdem energia por ionização e calor.

A voltagem aplicada é da ordem de quilovolts e a corrente de elétrons no tubo é da ordem de miliampères.

Esquemmatizando-se os átomos de um alvo e os possíveis tipos de interação que os elétrons podem sofrer, têm-se:

- o elétron sofre três deflexões, produzindo ionizações e calor, e uma interação onde produz um fóton x;
- neste caso, o elétron sofre deflexões, produzindo ionizações e calor e uma interação onde produz um fóton x;
- acontecimento raro: elétron perde toda a sua energia numa simples colisão, produzindo um fóton x de máxima energia têm-se:

$$e.V = h \nu = h c / \lambda \quad (5)$$

onde,

e é a carga elementar de um elétron = $1,6 \cdot 10^{-19}$ C;

V é a diferença de potencial;

h é a constante de Planck = $6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s;

c é a velocidade da luz = $3,00 \cdot 10^8$ m / s;

λ será o comprimento de onda mínimo dos raios x, o que corresponde à energia máxima:

substituindo os valores das constantes, na equação 5, têm-se:

$$\lambda_{\min} = 12,4 / \text{kV} \text{ expresso em Angstroms}$$

- o elétron produz uma série de ionizações, cada uma produzindo calor conforme mostra a tabela 1, a seguir:

Tabela 1 - Produção de Raio X

Voltagem de Operação	% de calor	% de raios x
60 kV	99,5	0,5
200 kV	99,0	1,0
4 MV	60,0	40,0
20 MV	30,0	70,0

Fonte: ABENDE, 1989, p.44.

O gerador de elétrons (filamento) de um tubo de raios x é normalmente feito de tungstênio que, como já foi dito, termoionicamente libera elétrons. É feito desse material dado ao seu alto ponto de fusão (3380 °C). Este gerador de elétrons, ou filamento, deve ficar inserido dentro da ampola pois, exposto ao ar, oxida-se. Pela razão de grande produção de calor no alvo, ele deve ser constituído de um material de ponto de fusão alto e capaz de ceder calor rapidamente.

Os elétrons acelerados quando atingem o alvo, transferem sua energia para o material alvo por meio de diversos mecanismos. Quando a energia dos elétrons é suficientemente elevada, eles podem interagir com elétrons orbitais dos átomos do elemento alvo (figura10).

Quando elétrons do feixe ou fótons produzidos no alvo removem elétrons das camadas internas dos átomos do alvo, haverá uma ionização e estes átomos ionizados voltam ao seu estado normal, preenchendo a vaga criada pelo elétron ejetado, com elétrons mais externos e assim por diante, até que todas as vagas sejam preenchidas.

Acompanhando este rearranjo, aparece a emissão de radiação característica, ou seja, a emissão de raio x característicos do elemento alvo.

Outro mecanismo de transferência de energia dos elétrons acelerados para o alvo, consiste na interação inelástica entre os elétrons e os núcleos do alvo.

Dada a desaceleração experimentada pelos elétrons, liberam-se raio x de desaceleração ou “Bremsstrahlung”. Como os elétrons podem passar perto ou não dos núcleos dos átomos do alvo, a radiação eletromagnética, ou seja, raio x, produzida, poderá assumir qualquer valor desde quase zero até um valor máximo dado pela energia de aceleração dos elétrons.

Portanto, tem-se um espectro contínuo de raios x chamado espectro limpo ou branco de raios x. Estes raios x possuem um poder de penetração muito maior do que o do raio x característico, pela maior energia.

O entendimento com relação à forma de emissão da radiação x e gama é importante para que seja possível entender algumas das características físicas dos equipamentos emissores. O primeiro a ser descrito são os chamados irradiadores.

2.8 Equipamentos Geradores de Radiação Ionizante

Em radiografia industrial, utiliza-se basicamente dois tipos de equipamentos para o trabalho: os irradiadores e os aparelhos de raio x. O primeiro vale-se da emissão de radiação gama para impressionar o filmes radiográfico e produzir a imagem. Os aparelhos de raio x valem-se da radiação x para obter o mesmo resultado. A aplicação de um ou outro equipamento dependerá das características do serviço. Por exemplo, quando se quer um filme radiográfico com melhor qualidade de imagem, utiliza-se a radiação x. Porém, a utilização desse equipamento dependerá de existir, ou não, uma rede elétrica local. Além disso, para aplicação de altas quilovoltagens (potência do equipamento), os aparelhos são grandes, o que inviabiliza o manuseio do mesmo, durante o serviço. Assim, opta-se pelos irradiadores, que são menores e mais práticos de trabalhar, pois não requerem a rede elétrica como fonte de energia, apesar de não produzir qualidade de imagem tão boa quanto os aparelhos de raios x.

A seguir, é feita uma breve caracterização dos equipamentos utilizados. Porém, antes de especificar melhor as características físicas dos equipamentos é fornecido uma apresentação sobre a geração da radiação gama e dos raio x.

2.8.1 Irradiadores

Os irradiadores são equipamentos que possuem, em seu interior, material radioativo capaz de emitir constantemente radiação gama. Em radiografia convencional, utiliza-se, mais freqüentemente, radioisótopos como irídio-192, cobalto-60. O material radioativo é um elemento químico, que, em função de instabilidades nucleares, emite radiação ionizante. O material radioativo fica confinado no interior de um canal, que possui duas aberturas, sendo uma anterior, onde encontram-se os dispositivos mecânicos de segurança, e uma posterior, por onde o material radioativo é retirado para iniciar uma exposição. Além de conter os sistemas de travamento e fechamento do irradiador, a abertura anterior é conectada a um par de mangueiras de aproximadamente 9 metros de comprimento. As mangueiras constituem o sistema de acionamento do equipamento e conseqüente retirada da fonte radioativa, denominado de comando. Em uma das extremidade da mangueira, existe uma caixa contendo, em seu interior, uma roda dentada, por onde passa um cabo de aço em espiral. Este cabo tem um comprimento de aproximadamente 15 metros, e corre pelo interior das mangueiras conectadas à caixa contendo a roda dentada. O cabo de aço possui, em uma das extremidades, um sistema de engate para conexão com a fonte radioativa, que encontra-se no interior do canal do irradiador, com apenas o engate para fora. Uma das mangueiras, na outra extremidade, que conecta-se ao irradiador, possui um sistema de acoplamento para que o cabo de aço possa percorrer o interior do irradiador de maneira segura, sem que haja qualquer tipo de dobramento do mesmo.

Na parte posterior do irradiador, tem-se um outro sistema de acoplamento, utilizado para interligar o irradiador a uma mangueira, com alma de aço, denominada de tubo guia frontal. Esta mangueira tem um comprimento médio de dois metros. Em uma das extremidades, existe um sistema de acoplamento para engatar no irradiador. Na outra, existe um tampa terminal, denominado “bico do tubo guia”, que impossibilita que o torpedo contendo o material radioativo saia para fora do tubo guia.

Já o material radioativo está colocado dentro de uma cápsula hermeticamente fechada, que possui, em uma das extremidades, um cabo flexível, igual ao cabo de 15 metros do comando. Na extremidade livre do cabo flexível do torpedo da fonte, existe um engate para interligar o cabo de aço do comando com a fonte. Após montado o equipamento de irradiador, o conjunto

cabo de aço-torpedo é acionado por meio de uma manivela localizada na caixa do comando contendo a roda dentada.

O irradiador ainda possui um sistema de blindagem contra radiação feito, normalmente, de urânio exaurido que atua como excelente blindagem contra radiação. A estrutura do irradiador se assemelha a uma “maleta” ou “cilindro” que possui um canal em “S”.

Diz-se que a fonte está na posição de segurança quando está alojada no interior do irradiador. A posição de exposição é quando a fonte encontra-se no final do tubo guia (parte interna).

Os irradiadores mais usados em radiografia possuem uma massa equivalente à 50 kg sendo considerados, dentro da categoria dos irradiadores, equipamentos portáteis. A figura 11 mostra um irradiador portátil. A extremidade que possui uma chave corresponde ao sistema de travamento do equipamento. O material radioativo fica alojado no corpo do irradiador (que possui um formato de uma lata de tinta). A extremidade oposta àquela que possui a chave



corresponde ao dispositivo para conexão no comando do irradiador, apresentado na figura 12.

Figura 11 – Irradiador Portátil

A figura 12 apresenta os acessórios que são acoplados ao irradiador, no momento da operação. O par de mangueiras de cor amarela chama-se comando do irradiador. O cabo de aço flexível corre no interior das mangueiras, passando por uma roda dentada localizada no interior da caixa

que possui uma manivela. A mangueira menor é o tubo guia frontal. Esta mangueira é acoplada na parte frontal do irradiador (a parte que não contém a chave, conforme mostra a figura 12).

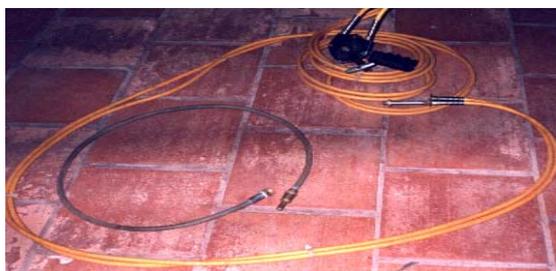


FIGURA 12 – Acessórios de um Irradiador Portátil.

2.8.2 Aparelho de Raio – X

Outro equipamento, muito utilizado em radiografia, é o aparelho de raio X industrial (figura 13). A utilização desse equipamento ocorre em locais que possuem rede elétrica disponível, pois seu sistema de alimentação é elétrico. Assim, o uso do aparelho de raio – X ocorre, normalmente, em instalações fechadas.



FIGURA 13 – Aparelho de raio X

Fonte catálogo Philips GmbH.

A potência do aparelho de raio – X de acordo com a espessura do item a ser inspecionado. Em peças de pequenas espessuras, por exemplo, utiliza-se aparelhos de pequeno porte (125kV). Já para espessuras maiores, aparelhos de maior quilovoltagem.

O aparelho de raio – X industrial é composto basicamente de uma ampola (onde são produzidos os raios – X), um transformador e um sistema de refrigeração no corpo do

equipamento. Além disso, possuem cabos de alta tensão e um painel de controle (onde estão localizados os botões de controle da intensidade de corrente elétrica, quilovoltagem e o controlador de tempo de exposição necessário para obter a imagem radiográfica no filme). Tanto os irradiadores quanto os aparelhos de raio – X requerem um sistema de controle da qualidade bastante complexo. Muitos testes e verificações devem ser feitos para garantir exposições de trabalhadores à radiação, dentro dos limites de dose permissíveis.

A seção apresentada a seguir mostra as principais grandezas físicas associadas ao trabalho com radiação ionizante. Em seguida, são abordados aspectos ligados aos possíveis danos causados à saúde dos profissionais ou pessoas que venham a ser irradiadas, com doses acima dos limites autorizados pelas autoridades competentes no assunto.

2.9 Medidas da Radiação

A detecção da radiação não pode ser feita através dos órgãos de sentido do ser humano. A identificação da presença da radiação em um local somente pode ser feita, utilizando-se dispositivos e equipamentos especiais chamados de monitores de radiação. Antes de ser abordada a forma de detecção, são apresentadas, nesta seção, as principais grandezas físicas associadas à radiação ionizante. A caracterização dessas grandezas facilita o entendimento da forma de detecção desse tipo de energia eletromagnética.

2.9.1 Grandezas Físicas Associadas

2.9.1.1 Exposição (X)

A exposição corresponde à relação entre a soma das cargas produzidas (em função dos processos de ionização das moléculas de ar) e a massa de um volume elementar. A exposição pode ser calculada através da seguintes fórmula.

$$X = \Delta Q / \Delta M \quad (6)$$

Onde,

ΔQ é a quantidade de carga elétrica (em C, Coulomb);

ΔM é a massa de um volume elementar de ar (em kg, quilograma);

A exposição à radiação é medida em (C/kg). Além dessa unidade, a exposição pode ser medida em R (Röntger). A conversão entre as unidades é dada por:

$$1 R = 2,58 \cdot 10^{-4} C/kg.$$

A exposição mede a radiação no ar, sendo utilizada para o estabelecimento de minutos programas de monitoração de locais onde existam fontes de radiação. A medida da radiação no ambiente é de crucial importância em radiografia, pois, na maioria das situações de emergência, as doses elevadas que profissionais recebem podem ser minimizadas se a taxa de exposição no local for rapidamente detectada, e as ações corretivas aplicadas conforme prescreve os procedimentos de segurança recomendados. Para medir a radiação no ambiente, utiliza-se instrumentos chamados de monitores de área, podendo ser tipo portátil (Geiger Müller) ou fixos. Este último instrumento pode ser instalado em locais de estocagem de material radioativo, ou mesmo em instalações projetadas para operar com fontes de radiação (instalações fechadas).

2.9.1.2 Dose Absorvida (D)

A dose absorvida corresponde à relação entre a energia transferida à matéria e a massa de um volume elementar. A dose absorvida pode ser calculada através da seguinte fórmula.

$$D = \Delta E / \Delta M \quad (7)$$

Onde,

ΔE é a energia transferida à matéria (em J, Joule);

ΔM é a massa de um volume elementar de ar (em kg, quilograma);

A dose absorvida é medida em Gy (Gray), sendo que Gray representa a relação entre as unidades Joule e quilograma (J/kg). Utiliza-se a grandeza dose absorvida para avaliar a dose absorvida pela matéria. Empresas especializadas em dosimetria (leitura de doses da radiação), valem-se dessa grandeza para estimar as doses mensais de radiação, recebidas por profissionais expostos ocupacionalmente a ela. Além da unidade Gy, a dose absorvida pode ser medida em rad (*radiation absorbed dose*). A conversão de uma unidade para a outra é dada através da seguinte relação:

$$1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ Gy}$$

2.9.1.3. Dose equivalente (H)

A dose equivalente corresponde ao produto entre a dose absorvida e os fatores de qualidade e de modificação relacionados ao tipo de radiação. Estes fatores são obtidos experimentalmente e

representam o dano da radiação ionizante no tecido humano. A dose equivalente é definida da seguinte forma:

$$H = DQN \text{ (8)}$$

Onde,

D é a dose absorvida (em rad ou Gy);

Q.N é o produto entre os fatores de qualidade e modificação relacionados ao tipo de radiação.

Assim, tem-se para radiação x e gama, o produto “N.Q” igual à 1. Isso significa que se a dose absorvida de um profissional exposto ocupacionalmente à radiação x ou gama com 0,5 rad, a dose equivalente desse trabalhador será de 0,5 rem. Se ao invés de trabalhar com gama ou x, operar fontes que emitem radiação alfa, o valor do produto “N.Q” muda para 20.

Portanto, nesse caso, sua dose será de 10 rem. A dose equivalente também poderá ser avaliada em Sievert (Sv), unidade do sistema internacional de unidades. A relação de conversão entre as unidades é dada da seguinte forma:

$$1 \text{ rem} = 10^{-2} \text{ Sv}$$

2.9.2 Equipamentos para Detecção da Radiação.

Talvez um dos principais aspectos ligados à segurança dos profissionais em radiografia industrial seja o adequado controle dos níveis de radiação presentes no local de trabalho. Dessa forma, os equipamentos de detecção passam a assumir um papel de crucial importância durante operações de manuseio com fontes de radiação.

A radiação ionizante tem a propriedade de ionizar, ou seja, arrancar elétrons dos átomos que constituem as moléculas da matéria. Valendo-se dessa propriedade, os equipamentos para detecção, como é o caso dos medidores portáteis (Detetores Geiger Müller) possuem no seu interior, uma câmara de gás contendo um gás cujas propriedades físicas e químicas são conhecidas.

Além do gás, essa câmara de gás apresenta dois eletrodos (um negativo e outro positivo). Esses eletrodos estão conectados, por meio de fios, a um sistema de contagem de partículas, que possui um mostrador (digital ou analógico). O princípio de detecção funciona da seguinte forma: a radiação, representada pela letra grega β (figura 14), entra na câmara de gás, ionizando moléculas de um gás previamente conhecido, produzindo pares (molécula ionizada e elétron liberado). A molécula de gás possui carga positiva, enquanto o elétron, carga negativa.

Assim, as moléculas ionizadas são coletadas pelo cátodo (-), sob ação da força eletrostática, estabelecendo uma corrente elétrica, detectada pelo sistema de contagem, (representada na figura 14, pela seta inscrita no círculo).

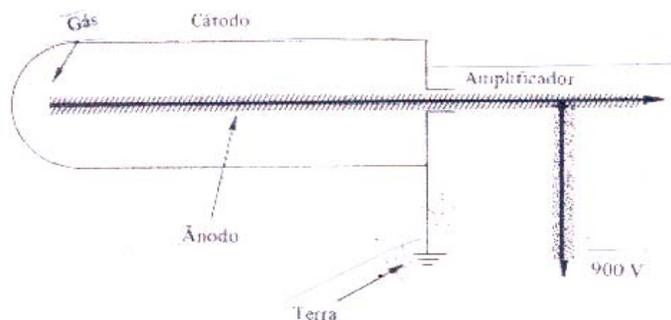


Figura 14 – Esquema de um detector gasoso

Fonte: Bitelli, 1982, p.124.

O princípio de detecção, mostrado na figura 14, fundamenta o sistema de funcionamento de quase todos os equipamentos para detecção da radiação. Em radiografia industrial, utiliza-se muito os medidores portáteis tipo geiger-müller, monitores individuais de leitura indireta (dosímetros), monitores individuais de leitura direta (caneta dosimétrica) e, ainda, os sinalizadores sonoros.

A seguir são fornecidas as principais características desses instrumentos de medida.

2.9.2.1 Detetores Geiger-Muller.

É o mais popular dos detetores de radiação, sendo usado na identificação de partículas alfa, beta, gama e raio – X.

O detector Geiger-Muller é um tubo metálico ou uma ampola de vácuo, vedado lateralmente ou em uma das suas extremidades por uma película delgada, geralmente de mica denominada de “janela”. No interior desse tubo, há um fio central que constitui o cátodo para onde são atraídos os íons positivos. Na figura 15 apresenta um esquema simplificado do tubo “Geiger-Muller”.

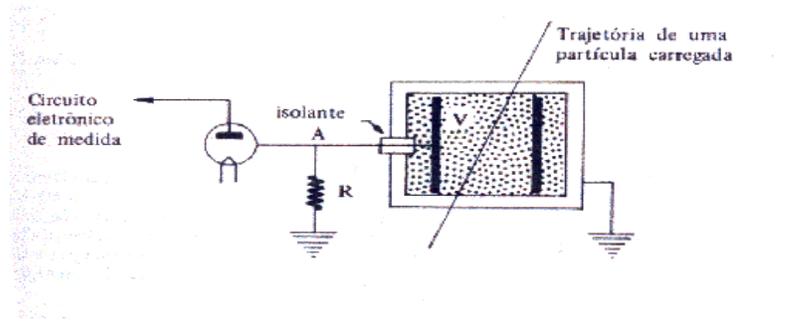


Figura 15 – Funcionamento do tubo “Geiger-Muller”.

Fonte: Bitelli, 1982, p.140.

No mercado, existem vários modelos de detetores “Geiger-Muller”.. A figura 16 mostra um modelo de detetor “Geiger-Muller”. Muito utilizado para determinações rápidas da radiação, em mR/ h em três escalas: de 0 – 1 mR / h, de 0 – 100 mR / h e 0 – 1000 mR / h.



Figura 16 – Detetor Geiger-Muller.

2.9.2.2 Monitores Individuais.

Além dos detetores “Geiger-Muller”, os profissionais de radiografia industrial utilizam, ainda, os monitores individuais. Com esses monitores é possível avaliar a dose equivalente recebida por trabalhadores expostos ocupacionalmente, tanto em situações normais, como em caso de emergências.

Os monitores individuais podem ser classificados em monitores de leitura indireta ou de leitura direta. A seguir, é feita uma breve caracterização desses monitores.

2.9.2.2.1 Monitores de Leitura Indireta

Os monitores de leitura indireta são utilizados para avaliar doses de radiação recebidas pelos profissionais, em um período de 30 dias. Este monitor é pessoal e intransferível. Um dos

requisitos para que uma pessoa possa entrar em um ambiente com radiação é de estar portando este tipo de monitor. A CNEN estabelece essa obrigatoriedade para áreas controladas (áreas de altos níveis de radiação). Após o uso, no final de cada mês, os monitores de leitura indireta são recolhidos e mandados para uma empresa especializada, para que as doses de radiação recebidas pelos profissionais possam ser estimadas.

Os monitores individuais de leitura indireta mais utilizados em radiografia industrial são os filmes dosimétricos e dos dosímetros termoluminescente. A diferença entre eles está, basicamente, no processo de leitura dos valores de dose. A leitura de dose de radiação nos filmes é feita medindo a densidade do filme exposto à radiação, devido ao enegrecimento do filme. Já no caso dos dosímetros termoluminescentes, a obtenção da dose é feita através do aquecimento de uma placa de sal, existente no dosímetro, que possui a propriedade de armazenar a energia recebida, quando o dosímetro é exposto à radiação. A figura 17 mostra um monitor de leitura indireta do tipo filme dosimétrico.

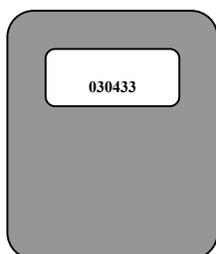


Figura 17 – Filme Dosimétrico

2.9.2.2.2 Sinalizadores Sonoros

Além dos monitores individuais de leitura indireta e dos detetores Geiger-Muller, os profissionais de radiografia industrial devem portar, quando em operação com fontes de radiação, os sinalizadores sonoros, mostrado na figura 18. Estes equipamentos têm a finalidade de fornecer um primeiro aviso ao profissional, sobre a exposição no ambiente. Esses monitores emitem sinais sonoros intermitentes, variando a frequência de emissão, de acordo com a taxa de exposição no local de trabalho. Assim, quando existem altos níveis de radiação, os sinais sonoros tornam-se contínuos. O uso desse equipamento é importante porque a dissipação da radiação no local é praticamente instantânea, e a verificação nos níveis de radiação no detector Geiger-Muller, durante os trabalhos, pode demorar alguns segundos. Além disso, o sinalizador serve como um detector de radiação adicional, pois os detetores Geiger-Muller podem

apresentar problemas de funcionamento. Cada membro da equipe de radiografia deverá portar um equipamento desse tipo. Assim como os detectores Geiger-Muller, os sinalizadores sonoros devem sofrer calibrações anuais em institutos credenciados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear.

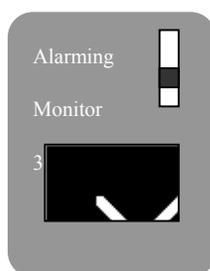


Figura 18 – Sinalizador Sonoro

2.9.2.2.3 Monitor Individual de Leitura Direta

O monitor individual de leitura direta é uma pequena câmara de ionização em forma de caneta, utilizada como monitor pessoal, para determinar a quantidade total de radiação recebida durante um certo período de tempo. Por meio de um dispositivo especial, é estabelecida uma diferença de potencial no dosímetro que aparece através de uma fibra que se desloca até o zero da escala. Depois de um certo intervalo de tempo, a dose recebida é lida na escala do dosímetro. Neste tipo de equipamento, normalmente a escala varia de 0 a 500 mR. A figura 19 mostra um monitor individual de leitura direta. Esse monitor recebe o nome esse nome, porque a dose acumulada, que também, pode ser lida pelos monitores individuais de leitura indireta, imediatamente após o monitor o monitor ter sido exposto à Radiação. Em radiografia industrial, esses monitores são obrigatórios em situações anormais, onde os níveis de radiação são muito elevados.

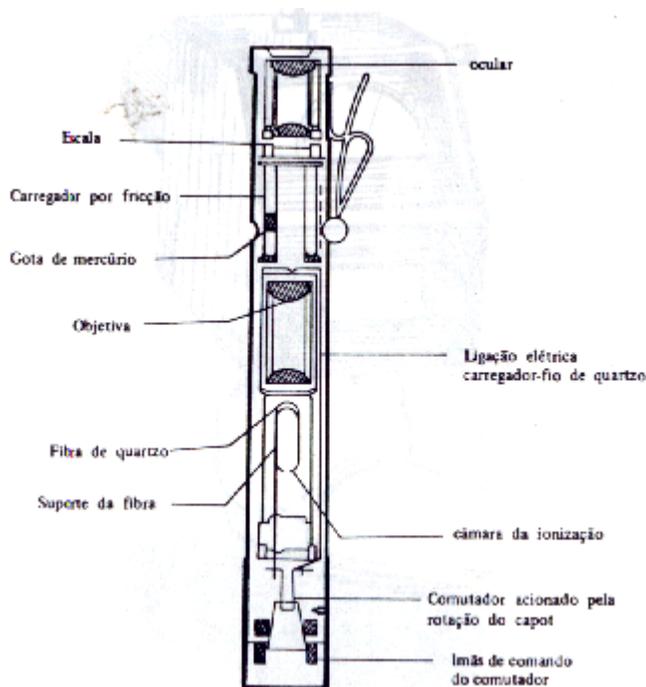


Figura 19 – Monitor Individual de Leitura Direta

Fonte: Bitelli, 1982, p.129.

Apesar importância que os detetores de radiação assumem na realização dos serviços de radiografia industrial, percebe-se que algumas empresas do ramo vêm enfrentando sérias dificuldades em fornecer, aos seus funcionários, instrumentos de medida da radiação em boas condições de uso. Muitos empresários alegam que, além do custo de aquisição, o controle de qualidade praticado nas empresas de radiografia, não surte os trabalhos esperados. Este problema vem se alastrando há bastante tempo. Mesmo com os esforços da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) em controlar o quantitativo e a qualidade desses instrumentos de medida, muitos acidentes com profissionais vem ocorrendo. A CNEN identifica, por meio de suas inspeções, freqüentes problemas ligados aos medidores de radiação.

A próxima seção mostra as principais irregularidades cometidas pelas empresas de radiografia, entre as quais está o problema dos monitores de radiação. Os dados apresentados por esta autoridade competente foram divulgados no encontro sobre segurança radiológica ocorrido na cidade do Rio de Janeiro em 1998.

2.10 Irregularidades em Radiografia Industrial

A Comissão Nacional de Energia Nuclear classificou as irregularidades em três categorias. A primeira relacionada aos registros e informações ligadas ao controle e gerenciamento de fontes de radiação. A segunda, relacionada a procedimentos e, por fim, a equipamentos de segurança.

Irregularidades em Escritórios Regionais

As inspeções da Comissão Nacional de Energia Nuclear são realizadas, tomando-se com base normas de segurança radiológica aplicáveis à atividade de radiografia industrial. As normas são as seguintes: CNEN 3.01 - Diretrizes Básicas de Radioproteção , CNEN 6.04 - Funcionamento de Serviços de radiografia Industrial, CNEN 5.01 - Transporte de Material Radioativo , e ainda CNEN 3.02 - Serviços de Radioproteção.

Os dados apresentados nas tabelas 2,3 e 4, incluem os resultados das últimas visitas da CNEN às empresas de radiografia industrial, em todo o país.

Tabela 2 – irregularidades em radiografia industrial – Escritórios Regionais

Irregularidades	% (de escritórios com irregularidades / total de escritórios visitados)
Não registra treinamentos	45,4
Movimentação de fontes radioativas desatualizada, ineficaz ou não registra	27,2
Não fornece resultado das doses aos trabalhadores	27,2
Não registra a investigação de doses elevadas	27,2
Desatualização do registro de transporte	18,1
Não possui ficha individual de dose (controle de doses de radiação)	9,0
Controle médico: não atualizado, não registra	9,0
Não registra situações de emergência	99,0

Fonte: CNEN,1998.

Na tabela 2, observa-se que os percentuais de irregularidades são bastante significativos, merecendo destaque o item "treinamentos", com 90% de incidências de problemas. As normas

de radioproteção da Comissão Nacional de Energia Nuclear, de maneira clara e objetiva, a necessidade de manter os registros e as informações sobre treinamentos sempre atualizados. Al[em dos registros de treinamentos, informações sobre o efetivo controle de fontes de radiação em operação, são extremamente importantes. A seguir, são feitos breves comentários sobre as irregularidades mostradas na tabela 2.

A necessidade de manter registros de treinamentos atualizados é descrita na norma da CNEN NE 3.01 - Diretrizes Básicas de Radioproteção , prescreve as seguinte redação: as empresas “devem manter atualizados os registros individuais de cada trabalhador da Instalação, contendo as seguintes informações: treinamentos necessários e treinamentos realizados.”

O registro dos treinamentos é uma das formas encontradas pela CNEN de controlar o grau de conhecimento, em termos de segurança, dos profissionais que operam com as fontes de radiação no país. A inexistência de informações sobre os treinamentos realizados (sejam eles iniciais ou de reciclagem), demonstra que a empresa de radiografia industrial não apresenta as condições mínimas para operar com fontes de radiação, já que seus funcionários não demonstram a familiaridade necessária. Grande parte dos padrões de segurança na atividade dependem da forma com que os procedimentos e normas são implementados. Assim, o preparo do profissional de radiografia industrial assume um papel importantíssimo. Situações críticas onde o despreparo de profissionais é evidente, assim como outros aspectos de segurança considerados de relevância pela CNEN , podem ocasionar a suspensão temporária ou permanente da autorização da licença para operação com fontes de radiação, concedida pela própria CNEN à empresa de radiografia industrial.

Já a ausência dos “Registros de Movimentação de Fontes “ (tabela 2), com 27% de incidência de irregularidade, também é relevante. A falta desses registros demonstra, claramente, a falta de controle por parte da empresa sobre as fontes de radiação que utiliza. A principal dificuldade observada em função da falta desses registros, é a deficiência no fornecimento de instruções adicionais de manuseio e operação, decorrente do desconhecimento do local correto onde as fontes estão sendo utilizadas. Assim, a área de segurança radiológica não repassa, ou repassa parcialmente orientações de como utilizar as fontes de radiação num certo local, forçando os trabalhadores a operarem com a fonte radioativa, nas condições que julgarem mais conveniente.

A CNEN, por meio da norma (CNEN 3.02 - Serviços de Radioproteção , subitem 6.4.3., alínea a) deixa claro que “o serviço de radioproteção deve estabelecer e executar um programa de supervisão para as fontes de radiação da instalação, visando a verificação dos seguintes itens e aspectos: a sua presença em local correto, devidamente sinalizada”.

O terceiro aspecto, mostrado na tabela 2, relaciona-se com a falta de divulgação das doses recebidas por trabalhadores”, tendo-se um percentual de irregularidade de 27,2 %. A questão da divulgação das doses recebidas aos trabalhadores é muito importante e delicada. Na atividade, tem-se conhecimento de alguns processos envolvendo trabalhadores e empresas de radiografia industrial, de falta de divulgação de informações sobre as doses está relacionado à própria saúde do trabalhador. As estimativas do aparecimento de possíveis efeitos biológicos no profissional são feitas com base nos valores de dose acumulada. Segundo a norma (CNEN NE 3.01 - Diretrizes Básicas de Radioproteção , subitem 6.1, alínea j – Obrigações da Direção da Instalação), constitui obrigação básica da Direção da Instalação: cientificar cada trabalhador e o serviço médico sobre as doses resultantes de exposições de rotina, exposições acidentais e exposição de emergência.

Dando seqüência aos comentários sobre os dados da tabela 2, tem-se “desatualização dos registros de transporte”, que aparece com um percentual de 18,1%. Estes registros referem-se basicamente à comprovação de que as empresas realizam efetivamente os controles e procedimentos de segurança, antes e durante o transporte de material radioativo propósito em estabelecer esses controles e procedimentos é de oferecer aos trabalhadores, níveis de radiação controlados no transporte, e, para cada caso de acidentes ou emergências, minimizar o risco de danos à saúde dos trabalhadores. A evidência de que os procedimentos e controles no transporte são realizados, é obtida de formulários e documentos de autorização de transporte, e ainda, informações sobre a carga que está sendo transportada. O preenchimento dos formulários deve ser feito pelas empresas de radiografia industrial, antes de se iniciar o transporte e os documentos mantidos durante a viagem. Concluído os trabalhos, os documentos devem ser assentados na empresa. A norma CNEN NE 5.01 - Transporte de Material Radioativo, trata especificamente dos itens relacionados ao transporte de material radiativo, que tomaram relativas proporções, principalmente em função da falta de informação sobre a carga transportada e de como proceder em casos de acidentes.

A norma CNEN NE 5.01 - Transporte de Material Radioativo, além de tornar claro a necessidade de implementar procedimentos para o adequado acondicionamento e transporte da carga, outros requisitos de segurança, com aplicação em situações específicas são exigidos. Além dos requisitos da norma CNEN NE 5.01 - Transporte de Material Radioativo, as empresas devem atender os aspectos de segurança do Plano de Transporte de Material Radioativo, documento que deve ser elaborado pela empresa de radiografia e de aprovado pela Comissão Nacional de Energia Nuclear. A norma CNEN NN 6.04 - Funcionamento de Serviços de Radiografia Industrial, torna evidente a necessidade de adoção da norma CNEN NE 5.01 - Transporte de Material Radioativo. Segundo a norma CNEN NN 6.04 - Funcionamento de Serviços de Radiografia Industrial, de 1988, subitem 5.5) ” o transporte de fontes pelo Serviço deve atender aos requisitos na norma CNEN NE 5.01 - Transporte de Material Radioativo “.

O itens “falta de ficha individual de dos, controle médico desatualizado e a falta de registro de situações de emergência”, apesar de aparecerem em percentuais menores, merecem o mesmo destaque dos itens já comentados.

No caso da falta individual de dose, tem-se, segundo norma (CNEN NE 3.02 - Serviços de Radioproteção, 1988, subitem 6.7.2., Registro de Trabalhadores, alínea d), que “o serviço de radioproteção deve manter atualizado um registro individual de cada trabalhador da instalação contendo as seguintes informações: doses recebidas nos períodos de monitoração, doses anuais e doses integradas no período de ocupação da instalação...”.

Apesar do cadastro completo de funcionários em uma empresa ser comum em empresas de outros ramos, em radiografia industrial o problema da falta de informações parece comum. Entre as informações necessárias, destaca-se o histórico radiológico do funcionário. Com este tipo de informação, a empresa que está contratando o novo funcionário poderá planejar melhor as atividades que este trabalhador deverá desempenhar. A participação em acidentes envolvendo fontes de radiação, por exemplo, poderá, juntamente com outras informações, prever a frequência com que certos profissionais poderão se expor novamente à radiação, já que aparecimento de certos tipos de danos à saúde, poderá ser prevista em função das doses recebidas.

Já com relação ao registro das avaliações médicas, tem-se segundo a norma (CNEN NN 6.04 - Funcionamento de Serviços de Radiografia Industrial, 1988, item 6.b.), que “devem ser

registrados, semestral e individualmente, os exames médicos de todos os trabalhadores, de acordo com as normas de radioproteção da CNEN, podendo servir de modelo o anexo D dessa norma, relativo a técnicos em gamagrafia”.

As informações sobre as avaliações médicas e doses recebidas talvez sejam as informações mais relevantes para o estabelecimento de padrões de segurança dos profissionais. Isso porque, se houver alterações significativas no quadro clínico, o profissional deve ser imediatamente retirado de operação. A ausência de informações sobre a dose e o quadro clínico desses profissionais, torna mais difícil a decisão em mantê-los ou não em operação.

Com relação à importância do registro de situações de emergência, apresentados como irregularidades, conforme mostra a tabela 2, está relacionada, principalmente, às ações corretivas que permitam minimizar reincidências dessa natureza. Em algumas empresas, muitos acidentes ocorrem e na maioria das vezes não são registrados. Com isso, o planejamento para evitar reincidências dessa natureza. Em algumas empresas, muitos acidentes ocorrem e na maioria das vezes não são registrados. Com isso, o planejamento para evitar reincidências, focando os detalhes dos eventos ocorridos, acabam não sendo considerados nos planejamentos. Em decorrência disso, muitas ações corretivas passam a Ter resultados parciais. A norma (CNEN NE 3.01 - Diretrizes Básicas de Radioproteção, 1988, subitem 6.1.r.), deixa claro a obrigação delegada à Direção da Instalação, quando diz: “constitui obrigação da Direção da Instalação ou chefia da instalação: submeter à CNEN um relatório detalhado da situações anormais, tanto de acidentes como de emergências, no qual deve constar uma análise quanto às causas e conseqüências”.

Procedimentos Técnicos de Segurança.

Além das irregularidades em escritórios das empresas de radiografia industrial, relacionadas aos registros, a Comissão Nacional de Energia Nuclear identificou problemas ligados a procedimentos técnicos em radioproteção, conforme mostra a tabela 3.

Tabela 3 – Irregularidades em radiografia industrial Industrial – Procedimentos Técnicos

Irregularidades	Percentual de escritórios inspecionados com irregularidades / total de escritórios com autorização da CNEN.
Falta de programa de auditorias	72,7
Não realiza treinamento e atualização em radioproteção	54,5
Falta procedimentos de emergência específico para o campo	45,4
Não realiza investigação para doses elevadas (acima 4 mSv)	45,4
Falta procedimentos de aferição de monitores ou não fazem aferição	27,2
Não realiza levantamento radiométrico de irradiador de gamagrafia	27,2
Falta de instrução para pernoite	18,1
Não realiza exames médicos	18,1

Fonte: CNEN, 1998.

Para um adequado funcionamento dos serviços de radiografia industrial, é necessário um conjunto de procedimentos técnicos, que forneça a certeza de que as operações irão se processar de maneira segura e confiável. Esses procedimentos devem ser descritos no Plano Geral de Radioproteção da empresa e encaminhado à CNEN para aprovação, como um dos requisitos para a obtenção da autorização para operação com fontes de radiação pelas empresas. Assim, a empresa deve documentar, por meio da descrição formal, que possui os equipamentos e procedimentos de segurança necessários para o trabalho.

Além desse documento, a empresa deve possuir o Plano de Área Restrita com Autorização Específica, aplicado a vias públicas e áreas habitadas por pessoas do público. Os planos

supracitados, juntamente com o Plano de Transporte de Material Radioativo, perfazem o sistema documental relacionado à segurança em radiografia industrial.

A obrigatoriedade com relação ao sistema documental de segurança é estabelecida pela norma CNEN NE 3.01 - Diretrizes Básicas de Radioproteção, 1988, que diz “constitui obrigação básica da Direção ou Chefia da Instalação: alínea d – estabelecer e submeter à CNEN um plano da radioproteção conforme seção 7 dessa norma”, e ainda, alínea g, que trata de possíveis alterações no plano, conforme redação “submeter à CNEN um novo plano de radioproteção antes da introdução de quaisquer modificações em projetos ou procedimentos que possam alterar as condições de exposição, tanto de trabalhadores como indivíduos do público”.

Os planos de radioproteção devem incluir, entre outros, os procedimentos para situações de emergência, conforme norma (CNEN NE 3.01 - Diretrizes Básicas de Radioproteção, item 7), que diz “os procedimentos devem conter a descrição dos tipos de acidentes admissíveis incluindo o sistema de detecção dos mesmos, destacando o acidente mais provável e o de maior porte, com detalhamento da árvore de falhas, quando houver e suas probabilidades”. Além disso, a norma (CNEN NN 6.04 - Funcionamento de Serviços de Radiografia Industrial, 1988, no subitem 4.3.9.1., que “o programa de emergência deve ser estabelecido pelo supervisor de radioproteção com o objetivo de prevenir e dar pronto atendimento aos casos de acidentes e situações de emergência causados por falhas humanas, pelo mau funcionamento dos equipamentos e por situações em que as fontes possam ser envolvidas, tais como: incêndio, queda colisão, extravio e inundação”. Na mesma norma, subitem 4.3.9.2., a CNEN ainda diz que “o programa de emergência deve assegurar que na eventualidade de um acidente ou situação de emergência, serão tomadas medidas apropriadas para garantir a segurança do públicos e prevenir danos à propriedade e ao meio ambiente”.

Entre as irregularidades apontadas pela CNEN, na tabela 3, “a falta de programas de auditorias” merece destaque. O percentual de 72,7% significa que de cada 10 empresas de radiografia industrial, aproximadamente 7 não possuem um programa de auditorias.

A relevância das auditorias em radiografia industrial existe em função desta ferramenta de verificação englobar praticamente todos os aspectos e segurança em radiografia industrial. Resumidamente, é possível dizer que a razão das empresas de radiografia industrial estabelecerem programas de auditorias se relaciona o fato das empresas perceberem a área de segurança, como uma atividade de apoio à área de produção. As auditorias tendem a revelar

problemas crônicos de segurança que na verdade, são reflexos de decisões tomadas em outros setores da empresa, principalmente àqueles ligados à área de produção. Erros de programação na programação de serviços, como por exemplo, o de escalar uma equipe sem o responsável por instalação aberta, pode aumentar o risco da ocorrência de acidentes. Além disso, em algumas empresas, a radioproteção é vista apenas como um requisito a ser contemplado, para que a licença de operação com fontes de radiação passa a ser obtida junto à CNEN. Obviamente que isso não é regra geral, pois as empresas que não adotam essa linha de pensamento, possivelmente estejam compondo os 28% restantes e possuam programas de auditorias eficazes.

A tabela 3 traz novamente à tona o problema dos treinamentos de segurança, porém focando mais os registros e, sim, a própria realização dos treinamentos. Segundo norma (CNEN NE 3.01 - Diretrizes Básicas de Radioproteção, subitem 6.1.b.), a Comissão Nacional de Energia Nuclear delega a responsabilidade da segurança na instalação, à Direção da empresa, como mostra a passagem da referida norma: “constitui obrigações da Direção da instalação, alínea b – ser o responsável pela radioproteção e segurança da instalação”. No mesmo item, alínea c, a norma CNEN NE 3.01 - Diretrizes Básicas de Radioproteção, especifica a necessidade de manter um técnico qualificado por esta autoridade competente, para implementar os requisitos de segurança, incluindo os treinamentos. A alínea c prescreve: “manter um supervisor de radioproteção, com certificação da qualificação em conformidade com a norma específica da CNEN. “A necessidade dos treinamentos fica claramente especificada pela CNEN (norma CNEN NE 3.01 - Diretrizes Básicas de Radioproteção, 1988, subitem 6.2.), quando diz “constituem obrigações básicas do supervisor de radioproteção da instalação, alínea f – treinar, reciclar, orientar e avaliar o desempenho da equipe do serviço de radioproteção e dos demais trabalhadores envolvidos em atividades com fontes de radiação.

Com relação ao item investigação de doses elevadas (tabela 3), refere-se fundamentalmente à investigação de fatos que ocasionam os acidentes radiológico. Só assim é possível planejar ações corretivas que impeçam reincidências. Quando um acidente ocorre, o serviço de radioproteção deve apurar os fatos, estimando as doses recebidas por trabalhadores, e procurando avaliar em que circunstâncias ocorreu o evento. Tais informações devem ser repassadas à Comissão Nacional de Energia Nuclear através de relatórios detalhados.

A necessidade de estimativas de doses, a investigação do acidente, bem como a obrigatoriedade do envio de relatório sobre o acidente, são claramente especificados pela CNEN, como mostra a norma (CNEN NE 3.02 - Serviços de Radioproteção, 1988, subitem 6.2.1.I), que diz “o serviço de radioproteção deve realizar a avaliação de todas as doses e demais grandezas físicas sujeitas à limitação, conforme estabelece CNEN NE 3.01 - Diretrizes Básicas de Radioproteção e em normas específicas da CNEN”. Com relação à investigação das doses, tem-se ainda conforme norma (CNEN NE 3.01 - Diretrizes Básicas de Radioproteção, subitem 6.1., alínea q e n), que coloca como obrigação da Direção da Instalação “comunicar em caráter de urgência, qualquer acidente que possa expor o público a níveis de radiação que acarretem doses superiores aos limites primários, estabelecendo para indivíduos do público, e, ainda, “comunicar à CNEN, com a maior brevidade possível, as doses resultantes de exposições acidentais e exposições de emergência, juntamente com um relatório detalhado sobre as mesmas”.

O aspecto ligado à aferição de monitores (tabela 3), refere-se à verificação de equipamentos medidores de radiação, em locais de estocagem de material radioativo. Para esse item a CNEN prescreve, conforme a norma CNEN NE 3.02 - Serviços de Radioproteção, 1988, subitem 6.5.1, que informa: “os requisitos de controle e verificação relativos ao controle de equipamentos se aplicam a: alínea a) instrumentos para medição de radiações ionizantes”.

Além disso, os registros de tal verificação devem ser feitos e colocados à disposição da CNEN, como mostra a norma CNEN NN 6.04 - Funcionamento de Serviços de Radiografia Industrial, item 6, que diz: “os dados da aferição periódica dos monitores e medidores de radiação devem ser arquivados e colocados à disposição da CNEN”.

2.10.3. Equipamentos

Os dados da tabela 4, apresentadas a seguir, reúnem os percentuais de irregularidades relacionadas aos equipamentos.

Tabela 4 – Irregularidades em Radiografia Industrial – Equipamentos.

Irregularidades	Percentual de escritórios inspecionados com irregularidades / total de escritórios com autorização CNEN.
Monitor Fixo de radiação não funciona, localização inadequada ou testes errôneos.	81,8
Inadequação da capacidade operacional	63,6
Não possui gabarito de testes	18,1
Container de emergência inadequados ou insuficientes	18,1
Sinalização de área inadequada	18,1
Falta de Manutenção de irradiadores	9,0

Fonte: CNEN, 1998.

Dentre as irregularidades relacionadas a equipamentos destaca-se o problema de funcionamento dos monitores fixos e da inadequação da capacidade operacional, das empresas de radiografia industrial, com percentuais de 81,1% e 63,6%, respectivamente.

Os monitores fixos são medidores de radiação, já caracterizado anteriormente, que são instalados em locais de armazenamento de fontes radioativas. A importância em manter esses equipamentos em boas condições de funcionamento relaciona-se basicamente à segurança em operações de retirada ou de estocagem das fontes radioativas. Os monitores fixos informam, por exemplo, se as fontes foram adequadamente guardadas ou não, através de sinais audíveis. Pelos dados da tabela 4, de cada 10 empresas, pelo menos 8 possuem problemas com monitores fixos. Isso talvez se relacione ao fato de que as dificuldades das empresas, em definir fornecedores que ofereçam equipamento de boa qualidade, já que as opções de fornecimento são bastante restritas. Na maioria das empresas de radiografia industrial, não existe sistema de avaliação de fornecedores. Com isso, muitos equipamentos podem vir de fontes inseguras e não confiáveis. Para as questões relacionadas aos equipamentos, incluindo os monitores fixos, a norma CNEN NE 3.02 - Serviços de Radioproteção, 1988, prescreve nos itens a seguir: subitem

6.5.1.1., “controle de equipamentos pelo serviço de radioproteção compreende a sua identificação, sinalização, registro, inspeção, calibração, aferição, manutenção e descontaminação”. Além disso, o subitem 6.5.1.2. diz que “os requisitos relativos o controle de equipamentos se aplicam a instrumentos para a medição de radiações ionizantes, instrumentos para processamento, coleta e análise de amostras e equipamentos destinados à proteção de trabalhadores”. No subitem 6.5.1.3. a CNEN enfatiza que as especificações dos equipamentos devem estar em conformidade com as normas específicas aprovadas ou recomendadas pela CNEN. No subitem 6.5.1.4., informa que “a qualidade e as especificações dos equipamentos devem ser compatíveis com a confiabilidade e exatidão requeridas para sua aplicação”. A necessidade da instalação de monitores fixos é descrita na norma CNEN NN 6.04 - Funcionamento de Serviços de Radiografia Industrial, 1988, subitem 4.3.10.3., alínea d) quando diz que, “o local de armazenamento de fontes em escritórios do serviço deve atender ao que segue: possuir um monitor de radiação, permanentemente ligado com alarme sonoro e visual.

A inadequação da capacidade operacional, expressão utilizada pela CNEN, refere-se à quantidade de equipamentos de medição e instrumentos para a proteção dos trabalhadores expostos ocupacionalmente, necessários para a operação com fontes de radiação. As autorizações, fornecidas por este órgão competente, estão fundamentadas nesta análise. Assim, mesmo que a empresa de radiografia industrial possua 18 fontes radioativas (que corresponderia a 18 equipes), para operar, poderá receber autorização para operar apenas 5 fonte radioativas. Os critérios de análise são o quantitativo de fontes, número de profissionais qualificados e o número de equipamentos de proteção, segurança e medição existente na empresa. A CNEN deixa bem claro esse aspecto, pela norma CNEN NN 6.04 - Funcionamento de Serviços de Radiografia Industrial, 4.3.2.2., alínea a, que especifica, “cada instalação deve possuir, além de medidores individuais de leitura indireta, monitores e medidores de radiação portáteis que satisfaçam os seguintes requisitos: estejam em bom estado de conservação”, e no item 4.3.2.4., da mesma norma que especifica “o número de monitores e medidores de radiação deve ser compatíveis com o inventário de fontes,...”.

Os gabaritos de testes são dispositivos utilizados para verificar as dimensões dos engates entre a fonte radioativa e cabo de comando. A maioria dos acidentes ocorrem em função de engates

estarem fora de dimensão. Apesar de serem de baixo custo, muitas empresas não possuem esse dispositivo de verificação. A CNEN salienta

A necessidade do uso de gabarito de testes, conforme mostra a norma CNEN NN 6.04 - Funcionamento de Serviços de Radiografia Industrial, 1988, subitem 5.1.2, alínea e), quando deixa bem claro a necessidade de “verificar, inclusive através de gabarito de testes dos engates antes de usar, as condições de funcionamento os equipamentos e fontes”.

Como o risco dos acidentes é eminente na atividade, a CNEN solicita que as empresas mantenham disponíveis, nas obras, alguns equipamentos, como é o caso dos recipientes de emergência (também chamados de *Container* de emergência). Para que seja possível avaliar o grau de importância dado pela CNEN, para os equipamentos de emergência, a norma CNEN NN 6.04 - Funcionamento de Serviços de Radiografia Industrial, exige que as empresas do ramo apresentem, na fase inicial de abertura do processo para funcionamento, o compromisso em ter equipamentos em quantidade suficiente e de boa qualidade. A norma supracitada especifica que “devem ser incluídos, sem se limitar-se à mesmas, informações que assegure, na instalação, a pronta disposição dos equipamentos e dispositivos de emergência, incluindo-se os recipientes de emergência...”.

Já para o item sinalização de áreas, a norma CNEN NE 3.02 - Serviços de Radioproteção, 1988, subitem 6.2.3., alínea b), diz que “as áreas restritas da Instalação devem estar claramente sinalizadas, em conformidade com as normas específicas, focalizando os seguintes aspectos: identificação e classificação as áreas, perfeitamente visíveis na entrada e saída das mesmas”. A necessidade de uma boa sinalização do local visa impedir que, por desconhecimento, pessoas não autorizadas entrem no local onde as radiografias estão sendo realizadas ou estocadas.

Além dos itens comentados anteriormente, a CNEN identificou, segundo mostra a tabela 4, problemas ligados à manutenção de irradiadores. Na atividade de radiografia industrial, esses equipamentos, em sua maioria, são bastante antigos. Dessa forma, requerem um controle mais efetivo nas avaliações das condições de funcionamento. Contudo, as empresas enfrentam sérios problemas em manter as condições ideais de segurança desses equipamentos. A norma CNEN NE 3.02 - Serviços de Radioproteção, 1988, subitem 6.5.5.1, diz que “o serviço de radioproteção deve executar ou providenciar a manutenção preventiva e as medidas corretivas de todos os seus equipamentos, sempre que necessário”.

Analisando os dados das tabelas 2,3 e 4, observa-se que, de alguma forma eles se relacionam ao aumento dos risco de acidentes com profissionais da área,. Porém, da forma com que são apresentados, focam aspectos específicos e técnicos ligados à área de segurança. Além disso, observou-se, também, a existência de requisitos normativos de segurança a serem contemplados pelas empresas de radiografia industrial. Na verdade, esses requisitos decorrem de princípios básicos de segurança e de recomendações internacionais, que serão abordados a seguir.

3 Proteção Radiológica.

3.1 Princípios da Proteção Radiológica

A proteção radiológica (ou radioproteção) segue basicamente três princípios a partir dos quais as diretrizes, legislações e práticas com fontes de radiação ionizante, são estabelecidas. Os princípios são aplicáveis a qualquer área de aplicação e uso da radiação, incluindo a radiografia industrial. Os princípios de radioproteção são: Princípio da Justificação, Princípio da Otimização e Princípio da Limitação de Dose Individual. A seguir, serão detalhados esses princípios.

3.1.1 Princípio de Justificação

Segundo norma (CNEN 3.01: Diretrizes Básicas de Radioproteção, 1988, subitem 4.1), o princípio é que “ em qualquer atividade envolvendo radiação, a exposição deve ser justificada em relação a outras alternativas e produzir um benefício líquido positivo à sociedade”.

A justificação está relacionada à verificação da necessidade, ou não, de se utilizar fontes de radiação em um dado setor de nossa sociedade. No Brasil, a CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear, autoridade máxima no país para questões relacionadas à radiação, vale-se muito desse princípio para avaliar situações em que fontes de radiação são utilizadas ou estejam em vias de serem aplicadas para uma finalidade específica. Os benefícios líquidos positivos à sociedade podem envolver aspectos sociais, econômicos, tecnológicos, etc. Tudo dependerá da finalidade de aplicação da radiação. Assim, serviços de radiografia, em um certo local físico, como por exemplo, em vias públicas, poderá não ser aprovado, se na avaliação dos técnicos da CNEN, existir grandes riscos significativos para a população local. Neste caso, poderá ser sugerida alguma outra forma de controle da qualidade de peças ou equipamentos industriais, como é o caso da técnica por ultra-som, outra técnica de ensaios não destrutivos muito utilizada. Em outras situações, a utilização de serviços de radiografia pode estar fundamentado por normas internacionais de fabricação e montagem.

3.1.2 Princípio da Otimização

No segundo princípio, chamado de “Princípio da Otimização”, a preocupação está relacionada à forma com que as empresas se organizam para o trabalho. Segundo (CNEN 3.01: Diretrizes Básicas de Radioproteção, 1988, subitem 4.1), “o projeto, o planejamento do uso e a operação de instalações ou de fontes de radiação devem ser feitos de modo a garantir que as exposições sejam tão baixas quanto razoavelmente exequível, levando-se em consideração fatores sociais e econômicos”.

O “Princípio da Otimização” deixa claro a preocupação com a forma de aplicação dos padrões de qualidade relacionadas à segurança do trabalhador, público e meio ambiente. Pode-se entender este princípio como a necessidade de implementar um sistema de garantia da qualidade em todas as atividades, que envolvam ou possam envolver a radiação. Dessa forma, a capacidade operacional, controle de qualidade em equipamentos (seja com relação a fontes de radiação ou equipamentos de monitoração), devem ser cuidadosamente planejados, para que o risco de acidentes com fontes de radiação possa ser minimizado, independentemente das doses de radiação. Contudo, a expressão “manter as doses tão baixas quanto razoavelmente exequível”, ainda não garante doses de radiação, que não venham a afetar a saúde dos profissionais que se expõem ocupacionalmente à radiação, visto que “manter as doses tão baixas quanto exequível, é muito relativo. Convém destacar essa expressão porque, hoje em radiografia, os níveis de radiação ainda são elevados. Ainda não se pode considerar as taxas de dose razoáveis. É necessário o estabelecimento de ações mais eficazes, que busquem níveis de radiação realmente aceitáveis. Dessa forma, Proteção Radiológica, vale-se do terceiro princípio, chamado de “Princípio da Limitação de Dose Individual”, como forma de controlar a geração de elevados níveis de radiação, como será visto a seguir.

3.1.3 Princípio da Limitação de Dose Individual

Este princípio relaciona-se aos limites anuais de dose de radiação, que profissionais, expostos ocupacionalmente à radiação, e pessoas do público possam receber. Segundo norma (CNEN 3.01: Diretrizes Básicas de Radioproteção, 1988, subitem 4.1), “as doses individuais de trabalhadores e indivíduos do público não devem exceder aos limites anuais de dose equivalente estabelecidos pelas autoridades competentes no país”. No caso do Brasil, a CNEN, com base em suas normas de radioproteção, estabelece limites anuais de doses de radiação, que

trabalhadores expostos ocupacionalmente, podem receber. A CNEN estabelece, também, limites de dose de radiação para pessoas que não trabalham com radiação. Estes limites foram estabelecidos, levando-se em consideração os danos à saúde do ser humano, fundamentados em estudos sobre as conseqüências de acidentes radiológicos com trabalhadores que vêm ocorrendo ao longo dos anos. A CNEN adota 50 mSv (cinquenta milisiervet por ano) para trabalhadores e 1mSv para pessoas do público, como doses equivalentes limites, considerando-se 12 meses consecutivos.

Convém salientar, no entanto, que algumas atividades que requerem a aplicação da radiação não necessitam de valores de doses equivalentes anuais, nos limites especificados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear. Estes valores são limites máximos, a partir do qual o evento ou eventos que ocasionaram doses acima de 50 mSv para trabalhadores ou 1 mSv para pessoas do público, passam a ser considerados significativos em termos de segurança. Quando a atividade envolvendo radiação ionizante, em função das próprias características operacionais, produzem doses de radiação muito inferiores aos limites máximos referenciados acima, a CNEN estabelece para a organização, limites autorizados, os quais passa a substituir os limites primários (50mSv e 1 mSv).

Os princípios de proteção radiológica, juntos, perfazem a filosofia geral de segurança ser aplicada em qualquer atividade com radiação, incluindo a radiografia industrial. O propósito com a aplicação dos princípios, é de se certificar que as operações com fontes de radiação ionizante serão desenvolvidas dentro de adequados padrões de segurança. A Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), que trata das questões relacionadas ao uso, manuseio e transporte de fontes de radiação no mundo, composta por representantes de países como os Estados Unidos, Rússia, França, Argentina, Japão, Alemanha, Brasil, Bélgica, Inglaterra, entre outros, coloca à disposição, um acervo de documentos que discorrem sobre as boas práticas de segurança a serem estabelecidas e implementadas, em áreas específicas de aplicação da radiação ionizante.

Como no Brasil, a maioria das legislações dos países que integram a Agência Internacional de Energia Atômica, tende a focar a questão da segurança radiológica em seus países, dirigindo ações para questões técnicas de segurança, tais como controle de trabalhadores, fontes de radiação e condições de segurança. Percebe-se, também, que há uma preocupação, por parte

dos países integrantes da Agência, em aplicar muitos aspectos da área da qualidade, como meio de controlar processos e administrar melhor as informações e os recursos disponíveis, aplicados na atividade de radiografia industrial. Consultando os principais documentos da Agência Internacional de Energia Atômica, para a atividade de radiografia, percebe-se um conjunto de medidas e práticas recomendadas que, sem dúvidas, contribuem significativamente para o estabelecimento de melhores padrões de segurança. Talvez a maior dificuldade em implementá-las possa estar relacionada à conjuntura social e econômica em alguns países. Deve-se ter em mente que a adaptação de padrões às demandas existentes num certo país, pode requerer tempo e muito planejamento por parte das autoridades competentes.

Face ao exposto, optou-se por consultar documentos da Agência Internacional de Energia Atômica, tendo como objetivo ter uma idéia sobre o enfoque dado para a questão da segurança, que possivelmente seja adotado na maioria dos países. Alguns poucos documentos se destacam, que além de trazer contribuições técnicas significativas, procuram focar de maneira mais geral, a segurança em atividades de radiografia industrial. Observou-se que o acervo de documentos é bastante limitado, talvez por ser, esta atividade, bastante restrita.

3.2 Principais Recomendações Internacionais de Segurança Radiológica

A Agência Internacional de Energia Atômica, através do documento “Safety Practice on Industrial Radiography, Viena, 1996” estabelece, basicamente, dois aspectos a serem considerados em serviços de radiografia industrial. O primeiro se referindo ao objetivo da proteção contra a radiação, e o segundo, a segurança durante as operações com fontes de radiação.

A proteção tem por objetivo, segundo o documento citado anteriormente, a “prevenção da ocorrência de efeitos determinísticos em indivíduos, através de baixos limiares de doses de radiação e garantir que todos os padrões de segurança adotados reduzam a ocorrência de efeitos não determinísticos numa dada população e em populações futuras, que possam se expor à radiação”. Os efeitos determinísticos e não determinísticos referem-se aos danos provocados pela radiação ionizante ao homem.

Os efeitos determinísticos são efeitos biológicos no homem, decorrentes da ação da radiação ionizante, em níveis de doses de radiação, a partir dos quais é possível prever o aparecimento de um sintoma ou doença no indivíduo. Já os efeitos não determinísticos, por sua vez, relacionam-se ao aparecimento de danos à saúde do indivíduo em qualquer valor de dose recebida.

O segundo objetivo estabelecido pela AIEA relaciona-se à segurança. Segundo ele, o objetivo da segurança, em atividades de radiografia industrial, é “promover a proteção individual e da sociedade, contra danos provocados por fontes de radiação, através de um efetivo gerenciamento e manutenção das atividades”.

O “Safety Practice on Industrial Radiography” deixa claro que esses objetivos aplicam-se às atividades de construção, manutenção, comissionamento, operação, gerenciamento e descomissionamento de projetos em radiografia industrial. Além disso, a AIEA reforça alguns conceitos e pontos a serem considerados na aplicação dos objetivos.

Para os projetos relacionados ao uso da radiação em radiografia industrial, especifica que devem incluir sistemas de segurança suficientes para prevenir, detectar e corrigir procedimentos, seja em condições normais de operação, considerando-se sempre as boas práticas de engenharia e conceitos de redundância, diversidade e qualidade assegurada. Além disso, procedimentos que envolvam exposição à radiação devem ser inspecionados como parte integrante de um programa formal de gerenciamento, a fim de garantir a continuidade da segurança nas operações. Enfatiza, também, a necessidade do controle da segurança por uma área específica, no caso, o setor de segurança radiológica das empresas de radiografia. Pelos dados coletados no último encontro sobre segurança em radiografia industrial, a CNEN vem enfrentando algumas dificuldades na implementação desses objetivos, principalmente quando trata-se do segundo objetivo. Todos os aspectos relacionados ao uso, manuseio, produção, processamento, deposição e transporte de material radioativo à nível mundial, incluindo recomendações de segurança e práticas aplicáveis, são tratados neste documento. As práticas recomendadas pela IAEA tem como base experiências acumuladas através da ocorrência de acidentes no mundo inteiro e em trabalhos técnico – científicos desenvolvidos por “*experts*” no assunto. O gerenciamento administrativo da atividade e as filosofias a serem adotadas para o desenvolvimento mais seguro do trabalho durante as operações, também estão presentes.

Além do “Safety Practice on Industrial Radiography”, as empresas de radiografia industrial podem se valer de documentos complementares, que auxiliam no controle das exposições à radiação, ou na adoção de padrões de segurança, para operações específicas. Entre os documentos complementares, cita-se:

- “Practical Radiation Safety Manual – Self – Contained Gamma Irradiations , categories I, II, III, and IV”, que pode ser considerado um excelente guia para a prática do controle da qualidade em irradiadores,
- Os documentos da “ICRP – International Commission on Radiological Protection “ que discorrem sobre temas específicos ligados às áreas de segurança radiológica, tais como dosimetria, monitoração ambiental, treinamento de pessoal, entre outros.
- “Radiation Protection and Safety in Industrial Radiography – Safety Reports Series n^o 13 “, que trata de uma maneira geral sobre a prática em radiografia industrial,
- “ Assessment of Occupational Exposure Due to External Sources of Radioation: Safety Guide Safety Standarts Series nr RS-G-13”, relacionada ao controle das exposições de trabalhadores à radiação,
- “Derived Intervention Levels for Application in Controlling Radiation Doses to the Public in the Event of a Nuclear Accident or Radiological Emergeny “, referente a controle de doses de radiação para pessoas do público, em casos de acidentes radiológicos e nucleares.
- “Principles and Data – Safety Series nr 81, Radiation Protection Infraestruture , publicada em 1999”, que apresenta a infra – estrutura básica para as áreas de segurança radiológica.
- “Operational Radiation Protection: A Guide to Optimization – Safety Series n^o 101, 1990 “, que apresenta orientações práticas na aplicação do sistema de limitação de dose contido na “Safety Standard for Radiation Protection, Safety Series n^o 9”,
- “Extension of the Principles of Radiation Protection to Sources of Potencial Exposure – Safety Series n^o 104, de 1990 “, que destaca a aplicação dos princípios da radioproteção nas atividades que envolvem radiação,

- “Radiation Protection and Safety in Industrial Radiography”, de 1999, relacionado às práticas e organização da proteção radiológica em atividades de radiografia industrial, entre outros.

Como se pode observar, existem inúmeros aspectos relacionados à segurança e estabelecimento de padrões de segurança para os profissionais que atuam na atividade de radiografia industrial. Em função da complexidade de aspectos a serem considerados, das particularidades existentes em cada país e dificuldades sócio – econômicas, o trabalho de assegurar adequados padrões para a segurança de profissionais expostos ocupacionalmente à radiação, torna-se uma tarefa árdua. Contudo, percebe-se que as autoridades competentes estão alertas para essa questão.

Em termos de Brasil, a Comissão Nacional de Energia Nuclear não tem medido esforços no sentido de aplicar as políticas, recomendações e sugestões de melhorias na segurança das operações desenvolvidas pelas empresas nacionais de radiografia industrial. Através de suas normas de radioproteção, procura facilitar o entendimento de muitos aspectos ligados à segurança e proteção contra dos efeitos da radiação ionizante. Essas normas formalizam a boa prática na atividade, devendo as empresas de radiografia demonstrar que estão aptas a manusear e utilizar fontes de radiação. A seguir, é apresentado algumas passagens das principais normas da CNEN aplicadas diretamente à atividade de radiografia industrial.

3.3 Regulamentos Nacionais de Segurança

As principais normas de segurança radiológica, aplicáveis à radiografia industrial são as seguintes:

- CNEN NE 3.01 – Diretrizes Básicas de Radioproteção;
- CNEN NE 3.02 – Serviços de Radioproteção;
- CNEN NE 5.01 – Transporte de Material Radioativo;
- CNEN NN 6.04 – Funcionamento de Serviços de Radiografia Industrial.

Preliminarmente à apresentação dos principais requisitos normativos estabelecidos pela CNEN, aplicáveis à radiografia industrial, é feita uma descrição das atividades da Comissão Nacional de Energia Nuclear, autoridade competente em nosso país.

3.3.1 Atividade da CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear

A atividade de licenciamento consiste em avaliações de segurança que levam em conta desde o projeto da instalação, passando por sua entrada em operação, até uma futura desativação (processo chamado de descomissionamento).

A CNEN exerce a fiscalização da construção e executa testes pré-operacionais. Com a fiscalização, é possível verificar se as normas de garantia de qualidade estão sendo praticadas. Nos trabalhos relacionados à prospecção, pesquisa, lavra, industrialização e comercialização de minerais e minérios nucleares e outros de interesse para a área nuclear, a CNEN exerce atividades de fiscalização e controle, já que as atividades nucleares são monopólio da União. Quando se trata de manipular materiais radioativos ou nucleares, uma série de normas elaboradas pela CNEN regulam essas atividades. Referem-se a instalações nucleares e radioativas; posse, uso e manuseio de material nuclear; transporte e tratamento de rejeitos radioativos; proteção individual, ocupacional e ambiental contra as radiações; medidas relacionadas à radiação, e tantos outros assuntos relevantes à questão segurança. Os profissionais que lidam com radiações devem trabalhar seguindo tais normas.

Em radioproteção, desenvolve-se uma série de atividades voltadas a proteger a população em geral, trabalhadores que lidam com radiações e meio ambiente. A CNEN realiza a monitoração individual, visando estimar a dose de radiação recebida por pessoas expostas ocupacional ou acidentalmente à radiação.

Também fiscaliza as condições de proteção radiológica de trabalhadores nas instalações nucleares e radiativas. A monitoração ambiental é outra forma de assegurar que os níveis permitidos de doses não estão sendo excedidos. É importante frisar que só profissionais devidamente certificados pela CNEN podem lidar com materiais radioativos, responsabilizando-se por atividades específicas ou pela instalação como um todo. Para obter esta certificação, o profissional passa por rigoroso exame específico, abrangendo provas teóricas e práticas. Para uma instalação entrar em funcionamento, precisa ter em seu quadro esses profissionais, cadastrados na CNEN.

Observa-se, atualmente, uma certa dificuldade da CNEN em realizar uma fiscalização mais efetiva em radiografia industrial. Isso, porque a localização geográfica das obras e de alguns

escritórios regionais das empresas de radiografia, muitos deles em outros estados; os poucos recursos disponíveis e o acúmulo de atividades para controle e administração, tem trazido problemas para um melhor controle do uso de fontes de radiação, pelas empresas desse ramo. Além disso, nos estados e municípios, autoridades, como a vigilância sanitária, não possuem conhecimento suficiente da área para realizar controles mais efetivos.

Na parte de metrologia, o objetivo da CNEN é buscar a padronização e disseminar, no país, as medidas relacionadas às radiações ionizantes. A calibração de dosímetros clínicos, monitores de área, dosímetros individuais são atividades fundamentais.

O fornecimento e a calibração de fontes radioativas de referência e programas nacionais e internacionais que promovam a intercomparação de dados são de extrema valia.

Os institutos da CNEN desenvolvem diversos estudos metrológicos. Um instituto da CNEN, o Instituto de radioproteção e Dosimetria, integra a Rede Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes, referência do Inmetro.

Além disso, a CNEN possui os chamados salva guardas nucleares. Em qualquer instalação do ciclo do combustível, que abrange desde a etapa da mineração até a deposição final dos rejeitos, desenvolve atividades para as quais está licenciada pela CNEN, lidando com material em quantidades e tipos especificados em sua autorização para funcionamento.

As atividades de salvaguardas permitem identificar, em tempo hábil, qualquer desvio de material nuclear, de forma a impedir sua utilização para fins não autorizados. A base legal das salvaguardas provém de normas e acordos internacionais e do preceito constitucional que trata do uso exclusivamente pacífico da energia nuclear. A CNEN atua também na área de rejeitos radioativos.

Os Rejeitos radioativos consistem nos materiais que contêm radionuclídeos em quantidades superiores aos limites definidos cientificamente como seguros, estabelecidos por normas nucleares, e cuja reutilização é imprópria ou ainda não prevista. Toda instalação que gera rejeitos radioativos precisa de vários requisitos: licença, autorização, credenciamento do profissional pela CNEN e um especialista responsável pela proteção radiológica. Com isso, pretende-se proteger o trabalhador, o público e o meio ambiente.

As atividades da CNEN nesta área abrangem o recebimento, tratamento e armazenamento dos rejeitos, bem como recolhimento e transporte, quando solicitados.

Nas áreas médica e de pesquisa, existem as agulhas rejeitos provenientes de equipamentos que utilizam material nuclear, como pára-raios, detetores de fumaça, radiografia industrial, medidores nucleares e tubos usados em braquiterapia e irradiadores usados para teleterapia e radioterapia.

Em se tratando de acidentes radiológicos, reservou-se a próxima seção para expor de maneira mais clara, as conseqüências para a saúde dos trabalhadores, quando da ocorrência desse tipo de evento. Na seção sobre acidentes radiológicos é apresentado um quadro geral de ocorrência de acidentes no mundo, desde da década de 50, até os anos mais recentes. Em seguida, são apresentados dois eventos ocorridos no Brasil, em 1998. A idéia com isso, é de apresentar as conseqüências desses eventos para os profissionais que se expõem ocupacionalmente à radiação.

A seguir, é apresentado alguns dados relacionados aos acidentes radiológicos ocorridos com profissionais de radiografia industrial. Estas informações foram coletadas junto à Comissão Nacional de Energia Nuclear.

3.4 Normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear

Como já comentado anteriormente, as atividades de radiografia industrial, no Brasil, devem atender os requisitos e regulamentos de segurança radiológica definidos pela CNEN. As normas são as seguintes:

3.4.1 Norma CNEN NE 3.01 – Diretrizes Básicas de Radioproteção.

A norma CNEN NE 3.01 estabelece os princípios básicos de radioproteção, limites, obrigações e controles básicos para a proteção do homem e do seu meio – ambiente contra possíveis e indevidos efeitos causados pela radiação ionizante. Por ser uma norma genérica, aplica-se a qualquer atividade envolvendo radiação ionizante, no país. A seguir, são apresentadas algumas passagens da norma CNEN 3.01, consideradas de relevância para a atividade de radiografia industrial.

Já no início da norma, tem-se, no item “5.1.1.Disposições Gerais” a seguinte redação: “Nenhum trabalhador deve ser exposto à radiação sem que: a) seja necessário, b) tenha conhecimento dos riscos radiológicos associados ao seu trabalho e esteja adequadamente treinado para o desempenho seguro de suas funções. “

A exposição de trabalhadores à radiação é um tema bastante polêmico. Isso, porque a atividade, em si, requer que o trabalhador se exponha à radiação. Porém, questiona-se muito as circunstâncias que isso ocorre. O fato de expor-se ocupacionalmente à radiação já torna a situação no mínimo intrigante, pois deve ser levado em consideração as condições para que exposição ocorra. Hoje, acredita-se que a contribuição de procedimentos realizados de maneira inadequada, equipamentos com problemas, e principalmente questões que fogem do contexto da área de segurança radiológica, tendem a contribuir muito para que exposições desnecessárias ocorram. O fato, por exemplo, de contratar profissionais sem preparo algum, ou mesmo, dificuldades em fornecer condições para que possam ser treinados adequadamente, poderia ilustrar bem a situação. A intervenção em situações de emergências para retorno das condições normais, que provocam exposições significantes, poderiam ser evitadas, se houver um melhor gerenciamento das operações. Isso tudo, reflete uma realidade vivida pelo profissional nesta atividade. Da mesma forma, a falta de familiaridade com equipamentos, a ausência de instruções específicas de como manuseá-lo, bem como a falta de procedimentos operacionais de segurança adequados, também podem ocasionar exposições desnecessárias.

Como apresentado na seção 2, as estatísticas oficiais mostram, por exemplo, uma deficiência muito grande quanto à questão dos treinamentos de profissionais na área de radiografia industrial, ponto esse considerado crucial para a atividade.

O item “5.1.2. da norma CNEN NE 3.01, discorre sobre a questão dos privilégios a trabalhadores, em detrimento dos requisitos de segurança a serem adotados. A norma é clara quando especifica que “compensações e privilégios não devem, em nenhuma hipótese, substituir os requisitos de segurança estabelecidos pela CNEN.” Apesar de não muito comum, a possibilidade do estabelecimento de privilégios a trabalhadores, em detrimento aos requisitos de segurança, não é descartável. Muitas vezes, uma dispensa, um adicional nas horas trabalhadas, podem servir de pretexto para que, de maneira consciente ou não, algum aspecto de segurança seja afetado. Então pode-se supor que a possibilidade de recompensas não é

descartável. A questão é avaliar até que ponto o benefício oferecido é realmente uma vantagem a ser considerada. A ocorrência, em si, de problemas dessa natureza dependerá de cada circunstância. Convém salientar que este tipo de acordo pode ser feito, sem conhecimento da cúpula diretiva da empresa, o que pode ser considerado mais grave ainda.

Ainda no item disposições gerais, a norma especifica que pessoas com menos de 18 anos não podem ser trabalhadores. Isso, porque acredita-se que pessoas com menos de 18 anos estejam ainda em fase de formação física e psicológica. A ocorrência de acidentes, envolvendo trabalhadores com menos de 18 anos, poderia trazer sérios danos a esses profissionais. A norma também restringe a atuação das mulheres com capacidade reprodutiva, não autorizando-as a operar em áreas controladas. Estas áreas são locais sujeitos a regras especiais de segurança radiológica, onde os níveis de radiação podem exceder a 3/10 (três décimos) do limite anual estabelecidos para trabalhadores. Como será visto mais adiante, o organismo humano suporta níveis de radiação diferenciados. A região abdominal da mulher é bastante sensível à radiação. Sendo assim, a CNEN estabelece esse tipo de restrição.

Ainda no item 5 da norma CNEN 301, são estabelecidos os limites de dose de radiação para trabalhadores e pessoas do público, visando a implementação dos princípios básicos da proteção radiológica, tanto para condições de rotina, quanto para situações de emergência.

As exposições de emergências, ou seja, as doses provenientes de situações de emergências, segundo a norma são exposições deliberadamente ocorridas, exclusivamente no interesse de salvar vidas, prevenir a escalada de acidentes que possam acarretar em morte ou ainda salvar uma instalação de vital importância para o país. Dessa forma, é possível operacionalmente falando, planejar operações e estimar doses de radiação mesmo em situações de emergência. Já no caso dos acidentes, segundo a norma, as exposições são involuntárias e imprevisíveis. Pode-se, então, perceber que eventos que envolvam situações anormais, tem-se duas formas de entendimento, com relação às exposições. O acidente em si e a situação de emergência.

A norma especifica de maneira dirigida, as obrigações básicas da instalação, de supervisores de radioproteção (responsáveis pelo gerenciamento da segurança radiológica) e de trabalhadores. Para a direção da instalação são relacionadas, pela norma, as seguintes obrigações:

- providenciar o processo de licenciamento da instalação;
- ser o responsável pela segurança radiológica de trabalhadores e público em geral, quando do uso de fontes de radiação sob responsabilidade da própria instalação;
- manter um técnico especializado em radioproteção qualificado pela CNEN, para gerenciar questões relacionadas à segurança;
- elaborar procedimento de segurança a serem aplicados pelos trabalhadores;
- estabelecer limites de dose seguro para o trabalho com base na legislação da CNEN vigente no país;
- autorizar exposições de trabalhadores em casos de emergências;
- providenciar serviço médico adequado para todos os seus trabalhadores;
- manter atualizados dados relacionados a radioproteção, procedimentos administrativos de sua instalação sempre atualizados;
- comunicar a CNEN situações de emergência;
- estabelecer infra estrutura para situações de emergência com autoridades competentes em atividades de apoio, tais como bombeiros, defesa civil, etc.

Para os supervisores de radioproteção, as atribuições são as seguintes:

- implementar e orientar a direção da empresa nas questões relacionadas à segurança radiológica;
- cumprir e fazer os trabalhadores cumprirem os procedimentos de segurança;
- planejar, coordenar e supervisionar as atividades do serviço de radioproteção de modo a garantir que as exposições sejam tão baixas quanto possível;
- treinar, reciclar, orientar e avaliar o desempenho dos trabalhadores e do próprio serviço de radioproteção.

Quanto aos trabalhadores, a norma especifica:

- obediência aos procedimentos e normas de segurança;
- informar seus superiores sobre situações anormais durante as operações.

Em decorrência da norma CNEN NE 3.01, surge a norma CNEN NE 3.02 – Serviços de Radioproteção que discorre sobre a forma de gerenciamento das atividades envolvendo radiação, orientando diretamente os setores de segurança radiológica de empresas que empregam radiação ionizante, quanto às atividades e práticas de gerenciamento de fontes de radiação, a serem implementadas e controladas. A norma CNEN 302 pode ser considerada um excelente guia para a projeção e o planejamento dos controles básicos relacionados as fontes de radiação.

3.4.2 Norma CNEN NE 3.02 – Serviços de Radioproteção.

A norma é aplicada a setores de segurança radiológica, de instalações que operam com radiação ionizante, nas quais inclui-se a radiografia industrial. A norma inicia especificando que o único órgão dentro da empresa autorizado a tratar das questões relacionadas à radioproteção é o Serviço de Radioproteção. Este serviço deve ser controlado por dois profissionais com especialização na área de radioproteção e credenciado junto à Comissão Nacional de Energia Nuclear, sendo um deles o supervisor titular e o segundo, o substituto para casos em que o titular esteja impossibilitado de exercer suas funções.

A norma CNEN NE 3.02 especifica, no item 6, as atividades do serviço de radioproteção, que abrangem basicamente:

- controles de trabalhadores: monitoração individual, avaliação das doses da radiação recebidas pelos trabalhadores e supervisão médica a trabalhadores;
- controle de áreas destinadas a radiação: avaliação, classificação, sinalização e controle de acesso em áreas onde fontes estejam sendo utilizadas, transportadas ou estocadas, além de controlar níveis de radiação no ambiente;

- controle das fontes de radiação: incluindo elaboração e implantação de procedimentos para uso, manuseio, transporte e operação com fontes de radiação;
- controle de equipamentos: basicamente o estabelecimento de um programa de garantia da qualidade dos equipamentos , sejam eles utilizados para irradiação ou monitoração;
- treinamento de pessoal;
- controles de registros radiológicos exigidos pela CNEN.

Cada uma das atividades do serviço de radioproteção são detalhados, tornando claro os aspectos relacionados aos controles básicos necessários para operação com fontes de radiação.

A radiografia industrial, em termos normativos, é operacionalizada através da norma CNEN NN 6.04-Funcionamento dos Serviços de Radiografia Industrial. Esta norma basicamente estabelece os requisitos necessários para o funcionamento de serviços de radiografia industrial, bem como os procedimentos para aquisição e transferência de fontes de radiação utilizados em radiografia industrial.

3.4.3 Norma CNEN NN 6.04 – Funcionamento de Serviços de Radiografia Industrial.

Esta norma é aplicada especificamente à atividade de radiografia industrial e relaciona requisitos de operação a serem contemplados. Resumidamente, os requisitos são seguintes:

- procedimento para obter a licença para funcionamento da atividade;
- licença para construção de locais para uso de fontes de radiação;
- autorização para operação em radiografia industrial;
- condução das operações de campo;
- registros complementares àqueles solicitados pela norma CNEN NE 3.02;
- notificações necessárias à CNEN.

As inspeções regulatórias da Comissão Nacional de Energia Nuclear são realizadas com base nas formas que estão sendo consideradas. Percebe-se que a maior parte das irregularidades estão relacionadas diretamente com a norma CNEN NN 6.04.

Os três primeiros tópicos citados incluem-se o “item 4 – Requisitos para o Funcionamento “. Na verdade, as três licenças, para funcionamento, construção e autorização para operação podem ser concedidas de maneira independente. Contudo, para a operação efetiva de uma empresa, é necessário as três licenças. Portanto, a licença para aquisição de uma fonte radioativa, por exemplo, não autoriza o uso da fonte. Assim como a licença para a aquisição, não libera a fonte para operar. A efetiva licença para operação é concedida à empresa, somente após atendidos todos os requisitos exigidos nos três processos de autorização.

Entre as licenças supracitadas, a que mais se destaca é a licença para operação, isso porque específica, com detalhes, as características de equipamentos e instrumentos de medição, controle de rejeitos radioativos, organização de pessoal, Programas administrativos de radioproteção dirigidos à radiografia industrial, Programa para Emergências, Programa de Proteção Física de Fontes, Planos Específicos de serviços de radioproteção em vias públicas.

A norma CNEN NN 6.04, em sua seqüência, ainda estabelece, operacionalmente, as atribuições de Responsáveis por Instalação Aberta, operadores, bem como as condições específicas, aplicadas à atividade de radiografia industrial, quando das operações de campo. Além disso, trata de assuntos relacionados à manutenção de equipamentos, transporte e registros necessários.

Complementam o conjunto de normas a serem atendidas, as normas CNEN NE 5.01 Transporte de Material Radioativo, CNEN NE 602 Licenciamento de Instalações Radioativas e CNEN NE 3.03 Qualificação de Supervisores de Radioproteção.

O conjunto de normas e regulamentos apresentado até aqui, fornece uma idéia do grau de exigência quanto aos regulamentos a serem atendidos em radiografia industrial. Porém, considerando as estatísticas da Comissão Nacional de Energia Nuclear, seção2, percebe-se que os padrões de segurança radiológica, nas atividades de radiografia industrial preocupam bastante. À medida em que os padrões de segurança praticados tendem a se afastar dos padrões

desejados, o risco de acidentes radiológicos aumenta significativamente, seja no aspecto quantitativo, seja em proporções. A seguir, é fornecida uma idéia sobre a ocorrência de acidentes em radiografia e algumas conseqüências a trabalhadores e empresas.

3.5 Acidentes Radiológicos em Radiografia Industrial

3.5.1 Definição de Acidente

Segundo norma (CNEN NE 3.01; 1988, item 3), acidente é “qualquer desvio inesperado e significativo das condições normas de operação de uma instalação, que possa resultar em danos à propriedade e ao meio ambiente ou em exposições de trabalhadores e de indivíduos do público acima dos limites primários de dose equivalente estabelecidos pela CNEN”.

A discussão de quão grave o acidente pode ser considerado, não deve servir de justificativa para que as medidas preventivas necessárias deixem de ser implementadas. Normalmente, a gravidade dos acidentes radiológicos é associada aos níveis de radiação e doses recebidas pelos envolvidos. Convém salientar, no entanto, que o fato de ser um acidente radiológico que gere níveis de radiação baixos, não deve ser considerado como um evento irrelevante. Isso porque, por menor que seja a exposição dos profissionais à radiação, sempre existe o risco de aparecimentos de danos à saúde desses trabalhadores. Assim, o que está em jogo é o fato do evento ocorrer, independente das doses que sejam geradas.

No caso específico da radiografia industrial, a ocorrência de acidentes é muito freqüente. Alguns sem grandes conseqüências para o trabalhador, ou que geram doses relativamente baixas, porém outros são mais graves, provocando doses elevadíssimas.

Independente das doses geradas, a ocorrência de acidentes nesta área traz conseqüências significantes, seja para a empresa, seja para os trabalhadores expostos ocupacionalmente.

Na última década, muitas empresas de radiografia perderam temporária ou definitivamente, suas licenças para operação com fontes de radiação. As reincidências de acidentes têm preocupado muito a Comissão Nacional de Energia Nuclear, sendo que a maioria das causas apontadas relacionam-se, de alguma forma, com as irregularidades identificadas pela CNEN, e mostradas na seção 2 deste estudo. Da mesma forma, irregularidades que são cometidas pelas empresas de radiografia continuam ocorrendo. Muitos empresários brasileiros alegam que as

exigências feitas para manter um bom padrão de segurança nas empresas requerem investimentos que as empresas não podem arcar. Independente de quem tem razão, o problema dos acidentes existe, e parece persistir ao longo dos anos. As causas e os itens de segurança afetados durante as operações com fontes de radiação, já são de conhecimento geral. O que muitos especialistas ainda não identificaram, é porque continuam a ocorrer.

E como seria a atividade de radiografia no mundo? Será que o problema dos acidentes ocorre somente no Brasil?

A seguir, é apresentado um panorama geral sobre os principais acidentes ocorridos no mundo, onde é especificado as causas dos eventos e as conseqüências para os envolvidos.

3.5.2 Principais acidentes ocorridos no mundo

No apêndice dessa dissertação, encontra-se o quadro geral de acidentes radiológicos ocorridos no mundo, entre 1960 e 1988, na atividade de radiografia industrial. A tabela 5, é o resultado da compilação de dados do referido quadro.

Na primeira coluna do quadro geral de acidentes, foram listados os eventos apontados como causas. Na segunda e terceira colunas, as circunstâncias em que os acidentes ocorreram.

O primeiro aspecto que chama atenção no quadro geral de acidentes supracitado, é que os acidentes envolveram, além de trabalhadores, pessoas do público. Isso demonstra que os acidentes com fontes de radiação podem comprometer a saúde da população local. Além disso, observa-se, como especialista na área, que as doses apresentadas são consideradas elevadas, mesmo para trabalhadores expostos à radiação.

Observa-se, também, que os acidentes radiológicos advêm de causas relacionadas a perda da fonte radioativa ou a falha de procedimentos de segurança. Tanto o primeiro aspecto apontado, quanto à deficiência dos procedimentos são considerados, em radioproteção, problemas de natureza sistêmica. Isso permite inferir, mais detalhadamente, sobre a possível relação entre os acidentes e a questão sistêmica na organização.

Em função dessa suspeita, compilou-se alguns dados do quadro geral e construiu-se a tabela 5, apresentada a seguir, para analisar melhor essa questão. Para isso, contabilizou-se o número de

eventos apontados como causa dos acidentes, em duas categorias básicas, as quais foram rotuladas como circunstâncias em que os problemas ocorreram. São elas: perda da fonte e falha de procedimentos.

Tabela 2 – Compilação de dados relativos ao Quadro Geral de Acidentes ocorridos no Mundo

Causa do Acidente	Circunstância: Perda da Fonte	Circunstância: Falha de procedimento
Fonte colocada na vestimenta	11	
Cabo de comando / tubo guia com problemas		6
Manipulação da fonte com as mãos		3
Problemas no transporte de fontes		8
Operação de exposição ao invés do recolhimento da fonte radioativa		1
Falta de equipamentos		1
Não houve recolhimento da fonte radioativa		4
Total de eventos	11	23
Percentuais sobre o total evento	32,35 %	67,65 %
Dose absorvida Média, em Gy, por evento.	319,12	34,71
Limite anual de doses para trabalhadores (CNEN 3.01) em Gy	50	50
% de dose sobre o limite anual para trabalhadores, por evento	538,24 %	69,42 %

Analisando os dados da tabela 5, observa-se que a maior parte dos acidentes, ocorridos entre 1960 a 1988, estão relacionados à falha de procedimentos, com um percentual de 62,65% de frequência, sobre o total de eventos. A ocorrência de problemas ligados a procedimentos demonstra ser a mais comum em radiografia. Já os aspectos relacionados à perda da fonte, com um percentual de 32,35%, tem sua importância destacada devido aos níveis de radiação que produzem (319,12 Gy por evento). Isso corresponde a aproximadamente 6,38 vezes acima do limite anual de dose estabelecidas para trabalhadores, segundo norma CNEN 3.01: Diretrizes Básicas de Radioproteção. Já a falha de procedimentos, apesar de mais frequente, produz doses menores, com aproximadamente 34,71 Gy por evento.

Os dados reforçam a suspeita anteriormente levantada de que os problemas são de ordem sistêmica. A perda temporária das fontes radioativas, por exemplo, revela a falta de controle existente sobre este tipo de material por parte das empresas de radiografia. Já o problema dos procedimentos, pode estar relacionado a falta de orientações necessárias aos trabalhadores, falta

de treinamento desses profissionais, ou mesmo inexistência de procedimentos que garantam a segurança dos profissionais durante o manuseio com fontes de radiação.

Outro comentário que merece destaque é que, comparando os dados levantados através do quadro geral de acidentes, com as principais irregularidades identificadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (tabelas 2,3 e 4), percebe-se que os aspectos apontados como causas potenciais dos acidentes pela CNEN, relacionam-se, de alguma forma, com os fatos que geraram os acidentes. Isso demonstra que o problema de segurança em radiografia não ocorre única e exclusivamente no Brasil. Talvez muitos dos acidentes que vêm ocorrendo no mundo continuem a ocorrer, em função de não se considerar o problema com a abrangência necessária. Na próxima seção, é apresentado o relato de dois acidentes ocorridos no Brasil. A proposição, agora, é mostrar mais claramente a semelhança que existe entre as causas dos acidentes no mundo com os que ocorrem nas empresas brasileiras de radiografia industrial.

3.5.3 Acidentes ocorridos no Brasil

“CASO 1

Data e Local:

setembro / 97 – São Paulo.

Irradiador e fonte radioativa:

iriditron 520 – Ir-192 – 1,62 TBq (43,91 Ci)

Número de trabalhadores super-expostos:

Responsável por Instalação Aberta – RIA

Operador Estagiário – OPE 1

Operador Estagiário – OPE 2

Evento

Após quatro exposições radiográficas, o OPE 1 foi reposicionar o irradiador, desengatando a fonte radioativa. Preparou novamente o arranjo e fez quatro exposições. O RIA, usando um dosímetro de alarme, ao fazer a marcação para mais uma exposição deu o alarme que a fonte radioativa estava fora da blindagem.

Resgate

O RIA planejou e realizou o resgate com a mesma equipe radiográfica. Durante a execução foi constatado que o porta - fonte estava desacoplado e alojado no bico dianteiro com o colimador. Após várias tentativas da equipe, o OPE 1 conseguiu soltar o bico (com colimador) e o porta - fonte veio preso ao mesmo. Segurou o porta - fonte com as mãos, na parte de acoplagem (lado oposto da fonte radioativa) e colocou-o dentro do tubo – guia. O RIA e o OPE 2 realizaram a tarefa final e o porta – fonte voltou para a posição de blindagem.

Região do corpo atingida

OPE 1 – corpo inteiro, dedos da mão esquerda

Métodos de Determinação da Dose

Dosimetria pessoal – dose de corpo inteiro – TLD

RIA – 24,30 mSv (48,6 % do limite anual)

OPE 1 – 345,50 mSv (6,91 vezes a dose do limite anual)

OPE 2 – 0,9 mSv (1,8 % do limite anual)

Estimativa e Cálculo de Dose

RIA – 15,55 mSv (31,1% do limite anual)

OPE 1- 299,94 mSv (5,99 vezes o limite anual)

Mãos OPE 1 – 8250,9 mSv (165 vezes o limite anual para corpo inteiro)

Sintomas e Conseqüências físicas para as vítimas

OPE 1 – out / 97 lesões no dedo indicador da mão esquerda apresentando inchaço, vermelhidão e bolhas.

Conseqüências para a equipe e para a empresa

Profissionais

RIA – descredenciado

OPE 1 – suspensão da função

OPE 2 – suspensão da função

Empresa:

- Suspensão das atividades;
- Não participação de operadores estagiários nas equipes;
- Uso de monitor de alarme (bip) para cada membro da equipe;
- Treinamento específico para todos os trabalhadores;
- Programa de atualização para os Supervisores de Radioproteção;
- Elaboração do programa de auditoria interna;
- Acompanhamento dosimétrico e médico do OPE 1”;

O motivo que levou a ocorrência do acidente, no caso 1, foi o desengate entre o porta-fonte do cabo flexível. O porta-fonte é uma cápsula que possui na parte terminal, um cabo de aço flexível, conforme mostra a figura 20.

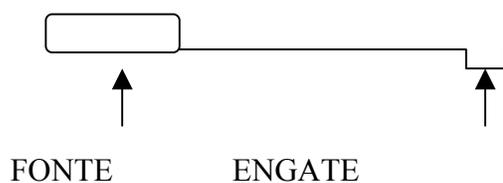


Figura 9 – Porta - fontes

O engate mostrado na figura 20, deve ser conectado num cabo de 15 metros de comprimento. Esta cápsula corre por dentro de uma canal, no interior de um irradiador. A operação de conexão entre estes dois dispositivos feitos inúmeras vezes pois, a cada início de jornada, um dos integrantes da equipe deve proceder a montagem do equipamento.

Falhas apontadas pela CNEN

- Equipe incompleta: falta de operador credenciado;
- Operador estagiário executando radiografia sozinho;
- A equipe executou a radiografia sem o monitor de área, deixando-o do lado externo ao arranjo radiográfico;
- O OPE 1 não utilizava o monitor de alarme (bip);
- O OPE 1 não engatou corretamente o cabo teleflex ao porta – fonte, somente encostando-o;
- O RIA não realizou o resgate com a mesma equipe radiográfica;
- Resgate realizado pelo OPE 1, possivelmente o que tenha levado maior dose;
- Procedimento errado em resgate: segurar o porta fonte – fonte com as mãos.

Providências tomadas pela Empresa.

- Afastamento da equipe do trabalho com radiação;
- Leitura de emergência dos dosímetros (nome usual para monitores individuais de leitura indireta);

- Comunicação à CNEN (CORAD/SLC e GADE/IRD) sobre o evento;
- Realização de exames laboratoriais: hemograma completo, espermograma;
- Encaminhamento ao serviço médico especializado;
- Coleta de sangue para análise citogenética;
- Levantamento do histórico radiológico do funcionário;
- Investigação do evento e emissão de relatório parcial;
- Emissão de relatório final;
- Retreinamento da equipe.

Na situação, o que chama a atenção é o fato de um operador estagiário, profissional em fase de treinamento, proceder esta operação, sem haver uma supervisão direta do responsável por instalação aberta (RIA). A CNEN orienta as empresas de radiografia a repassarem a instrução às equipes de que em tarefas operativas que envolvem o manuseio com fontes de radiação, operadores em fase de treinamento somente podem participar como parte integrante do treinamento prático. E mais, devem ser supervisionadas diretamente pelo RIA. Instruções dessa natureza, à princípio, devem ser repassadas ao trabalhador quando ele realiza um treinamento teórico, pré – requisito para o treinamento prático. Nesta situação, alguns comentários dão oportunos. O RIA negligenciou um procedimento de segurança, quando permitiu que um operador em fase de treinamento executasse a operação sem supervisão. Além disso, o treinamento do operador que realizou o procedimento de engate da fonte, pode dar indícios de não ser eficaz. Outro motivo seria o próprio descuido do operador OPE 1 em realizar a operação. Além disso, a empresa apresentou outra irregularidade. Para a operação com a fonte de radiação, a equipe deveria contar com um operador qualificado pela CNEN. Na equipe, não havia tal profissional. As equipes devem ser compostas por um RIA , um operador qualificado

Nota: -CORAD – Coordenação de Instalações Radioativas (órgão responsável pelo licenciamento das instalações). GADE/IRD – Grupo de Avaliação de Doses Elevadas do Instituto de Radioproteção e Dosimetria.

e um segundo operador, que poderá estar em fase de treinamento. O problema da composição das equipes está relacionada com as dificuldades que as empresas de radiografia enfrentam, para manter o número de profissionais qualificados compatíveis com o número de fontes em operação.

Além disso, outros problemas interferem na relação. Descuidos na escala de serviços, por exemplo podem promover problemas na operação.

Um segundo aspecto que chama a atenção é a equipe acidentada realizar o planejamento e o resgate da fonte. Uma das instruções repassadas aos trabalhadores é que a área de segurança radiológica seja comunicada quando da ocorrência de qualquer anormalidade durante as operações com fontes de radiação. Isso se faz necessário porque nestas situações, normalmente o supervisor de radioproteção repassa instruções específicas de como proceder. Atitudes como a de “segurar a fonte com a mão”, considerada como falta gravíssima, poderia ter sido evitada, se a equipe recebesse tal instrução. Além disso, teoricamente, o RIA tem esta informação e mesmo assim, permitiu que o operador em treinamento procedesse erradamente. O fato do operador estar desenvolvendo a tarefa sozinho é outra irregularidade grave. Analisando as providências tomadas pela empresa, observa-se que são parciais. As ações tomadas pela empresa foram parciais e aplicadas à situação em sí. Não foi questionado, por exemplo, a eficácia dos treinamentos executados na empresa envolvida. Dessa forma, fica difícil garantir que reincidências não venham a ocorrer. Providências como afastamento de profissionais, leitura de dose, comunicação do evento às autoridades competentes, realização de exames clínicos, envios de relatório, levantamento do histórico radiológico, investigação do evento são providências de praxe, a ser tomada pela empresa. Mesmo assim, as conseqüências para a empresa foram significativas. Entre elas, suspensão da empresa e treinamento para todos os trabalhadores, incluindo supervisores de radioproteção.

“CASO 2

Data e Local do Evento

Abril de 1998 – São Paulo

Irradiador e Fonte Radioativa

Gamma Century – Ir-192 – 0,95 TBq (25,58 Ci)

Número de trabalhadores super-expostos

Responsável - RIA

Operador credenciado - OPE 1

Operador estagiário – OPE 2

Evento

Após o preparo do primeiro arranjo (montagem do arranjo), a fonte radioativa foi exposta normalmente e foi dado início à cronometragem. Terminado o tempo de exposição, o RIA, trabalhando sozinho, não retornou a fonte à posição de blindagem, ficando assim exposto durante todo o tempo de preparo da segunda exposição. Além disso, as mãos mantiveram contato com o bico dianteiro. Terminado o arranjo, retornou ao controle de comando, onde encontravam-se o monitor de área e de alarme (bip) e acionou a manivela no sentido errado, isto é, recolhendo a fonte ao invés de expor e vice-versa daí em diante. Realizou esse procedimento por cinco vezes. Na sexta e última exposição, deu-se conta do evento ao usar o monitor de área.

Resgate

O RIA, pensando ter acontecido um enrosco na fonte na saída do irradiador, girou várias vezes a manivela do comando até que a fonte radioativa ficou na posição de blindagem. Não comunicou o fato ao Serviço de Segurança Radiológica da empresa.

Região do corpo atingida

- RIA – corpo inteiro e dedo polegar das mãos

Métodos de determinação de dose

Dosimetria pessoal – dose de corpo inteiro – TLD

RIA – 300 mSv (6 vezes o limite anual)

OPE 1 – 9,8 mSv (19,6% do limite anual)

OPE 2 – 2,20 mSv (4,4% do limite anual)

Dosimetria Biológica – dose de corpo inteiro – Citogenética

RIA – 180 mSv (3,6 vezes o limite anual)

Principais Falhas

- RIA executando radiografia sozinho;
- A equipe executou a radiografia sem o monitor de área, deixando-o do lado externo ao arranjo radiográfico;
- O RIA não utilizava o monitor radiação nem monitor de área, deixando-o de lado externo ao arranjo radiográfico;
- O RIA não utilizava o monitor de radiação nem o monitor de alarme (bip);
- Desconhecimento do RIA no manejo do tipo de irradiador;
- RIA planejou e realizou o resgate sozinho;

Não comunicação do evento ao Serviço de Radioproteção (nove dias depois);

Falta de treinamento específico no manuseio e características do equipamentos utilizados (o RIA foi contratado e imediatamente colocado a trabalhar);

Providências tomadas pela Empresa

- Afastamento do RIA com o trabalho com radiação (retorno imediato para a Sede, a fim de avaliar sua real situação);
- Leitura de emergência dos dosímetros (primeiro do RIA, depois dos demais);
- Comunicação à CNEN (CORAD/SLC e GADE/IRD) sobre o evento;
- Realização de exames laboratoriais: hemograma completo, espermograma;

- Relatório individual sobre o evento;
- Encaminhamento ao serviço médico especializado;
- Coleta de sangue para análise citogenética;
- Levantamento do histórico radiológico do funcionário;
- Investigação do evento e emissão de relatório parcial.

Conseqüências para a equipe e para a empresa

- Uso do monitor de alarme (bip) para cada membro da equipe;
- Treinamento específico para todos os trabalhadores;
- Programa de atualização para os Supervisores de Radioproteção;
- Elaboração do programa de auditoria interna;
- Acompanhamento dosimétrico e médico do RIA.”

No segundo caso, alguns aspectos chamam a atenção. O RIA ficou exposto à radiação durante o preparo da segunda exposição. Teoricamente, antes do trabalhador iniciar uma nova exposição, o RIA assegura-se de que a fonte foi recolhida, usando os detetores de radiação, para depois, aproximar-se da peça examinada e proceder a troca dos filmes. A primeira falha grave foi o fato de não ter sido usado o detetor de radiação. A segunda, por estar operando sozinho. Isso reflete o desconhecimento ou pelo menos o descuido, por parte desse profissional, o que nos leva a questionar novamente os treinamentos executados. O problema do detetor possivelmente esteja relacionado ao fato da empresa não possuir ou disponibilizar os equipamentos em quantidade suficiente, visto que a CNEN reforçou a necessidade de disponibilizar mais equipamentos para a equipe. Isso poderá ser um indício de que o controle da qualidade dos equipamentos não funciona adequadamente. Situações como esta são muito comuns em empresas de pequeno porte, que são a maioria.

Observa-se, pelos relatos dos acidentes ocorridos no Brasil, que existem semelhanças significativas com relação as circunstâncias em que ocorreram os acidentes apresentados pelo quadro geral de acidentes, do apêndice 8.2. Pelas análise dos dois casos é possível afirmar que a falha de procedimentos (a circunstância mais freqüente, segundo tabela 5), ficou caracterizada.

Dando seqüência ao trabalho de análise, na busca de demonstrar que os acidentes estão relacionados à forma com que as empresas brasileiras de radiografia se organizam para o trabalho, construiu-se a tabela 6. Essa tabela apresenta os dados das tabelas 2,3 e 4 distribuídas em quatro categorias: registros, divulgação de informações, procedimentos e condições dos equipamentos. Os percentuais das tabelas de referência foram transcritos para a tabela 6, sendo redistribuídos segundo as categorias definidas.

Tabela 3 – Tipos de Irregularidades em Radiografia por Categorias

Irregularidades	Ver Tabela 2	Ver Tabela 2	Ver Tabela 3	Ver Tabela 4
	Registros	Divulgação	Procedimentos	Condições dos Equipamentos
Treinamentos	45,2%		54,5%	
Movimentação de Fontes	27,2%			
Doses de Radiação	9,0%	27,2%		
Transporte de Fontes	18,1%			
Controle Médico	9,0%		18,1%	
Emergências			45,4%	
Auditorias			72,4%	
Controle qualidade monitores			27,2%	81,8%
Controle qualidade irradiadores			27,2%	9,0%
Instruções de Pernoite			18,1%	
Capacidade Operacional				63,6%

Essa nova distribuição de percentuais (mostrada na tabela 6), permitiu a construção da tabela 7, que possui em suas células, valores absolutos, com a mesma distribuição da tabela 6. Os valores absolutos foram obtidos dividindo os valores percentuais da tabela 6, pelo menor

percentual obtido, ou seja, 9,0 %. Com a tabela 7, foi possível pontuar as irregularidades e identificar o *ranking* de importância por categoria.

Tabela 4 - Tabela de Pontos das Irregularidades em Radiografia Industrial

Irregularidades	Ver Tabela 2	Ver Tabela 2	Ver Tabela 3	Ver Tabela 4
	Registros	Divulgação	Procedimentos	Cond. Equipamentos
Treinamentos	5,02		6,05	
Movimentação de Fontes	3,02			
Doses de Radiação	1,00	3,02		
Transporte de Fontes	2,01			
Controle Médico	1,00		2,01	
Emergências			5,04	
Auditorias			8,04	
Controle qualidade monitores			3,02	9,08
Controle qualidade irradiadores			3,02	1,00
Instruções de Pernoite			2,01	
Capacidade Operacional				7,06
Total de Pontos	12,05	3,02	29,19	17,14
% sobre total de pontos	19,62%	4,91%	47,54	27,91

Pela tabela 7, tem-se o seguinte *ranking*:

- em 1^o lugar : procedimentos com 29,19 pontos (ou 47,54 %);
- em 2^o lugar: equipamentos com 17,14 pontos (ou 27,91%);
- em 3^o lugar: registros com 12,05 pontos (ou 19,62%);
- em 4^o lugar: divulgação de informações com 3,02 pontos (ou 4,91%);

O *ranking* acima reforça que problemas ligados a procedimentos, como mostrado pela tabela 5, ocorrem com maior frequência, pois segundo tabela 7, quase 50% dos problemas estão nesta categoria. Esse problema é basicamente de natureza sistêmica.

Os problemas na categoria “equipamentos e registros“ (tabela 7) têm origem no problema de controle básico em radioproteção industrial. A tabela 5 informa que, apesar de menos frequentes, as doses de radiação em profissionais da área são bastantes representativas.

Além das duas associações feitas anteriormente, é adequado destacar o problema do processamento de informações que, em radiografia industrial, inclui a categoria registros e divulgação. Juntas, apresentam um percentual de importância de 24,53%, conforme dados da tabela 7.

As associações anteriormente feitas mostram fortes indícios de que o problema do processamento de informações, a dificuldade em implementar os requisitos de segurança e o problema das condições de funcionamento dos equipamentos utilizados, em empresas brasileiras de radiografia, também estão relacionadas com a forma das empresas de radiografia se organizarem para o trabalho.

Na próxima seção é apresentado, mais detalhadamente, como se processam os danos à saúde do trabalhador. Em seguida, é apresentada a opinião dos profissionais que se expõem à radiação, no que se refere aos motivos que levam à ocorrência dos acidentes com fontes de radiação no Brasil.

3.5.4 Danos da Radiação à Saúde do Homem

Para pessoas que se expõem à radiação, sempre há riscos de ocorrências de efeitos biológicos imediatos ou tardios, independente da dose de radiação. Por isso, nesta seção serão fornecidas informações básicas de como a radiação ionizante poderá prejudicar a saúde do trabalhador ou quaisquer pessoas que venham ocasionalmente ser expostas a este tipo de energia.

Sendo a radiação ionizante uma forma de onda eletromagnética de alta energia, possui a propriedade de ionizar moléculas da matéria. No caso específico dos efeitos causados ao homem, atuam de maneira direta ou indireta sobre as estruturas e organóides que constituem os órgãos e tecidos. As alterações são de natureza morfológica ou fisiológica, dependendo da situação e características das irradiações a que o indivíduo se submeteu. Uma delas são as mutações genéticas.

Segundo, Bitelli (1982, p.277), este tipo de alteração é um tipo de propriedade genética tão importante quanto a estabilidade. Ela tem lugar em todos os seres vivos e é a fonte das variações hereditárias. A mutação aparece espontaneamente, sem causa aparente. Ela se

incorpora a uma espécie e é transmitida por reprodução sexual, não sendo eliminada a não ser que o indivíduo não se reproduza ou morra.

Existem genes que são muito estáveis e outros que podem sofrer mutação com relativa frequência. O gen é constituído do DNA, que é uma substância da hereditariedade e que tem a capacidade de auto reproduzir-se, podendo sofrer durante seu processo de divisão pequenas alterações, que resultam numa cópia diferente do original, causando o aparecimento de características diferentes no indivíduo.

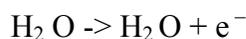
No processo de duplicação do DNA, duas hélices espirais se separam gradativamente à medida que novas espirais se arranjam a partir do molde, sempre obedecendo o código genético. Qualquer alteração que seguir nesse processo de duplicação, em certo “locus”, como falta do excesso de um certo elemento ou alteração na sua ordem, vai produzir uma cópia do DNA diferente do modelo original. Nessas condições, o DNA envia para o citoplasma uma mensagem em código (RNA) que será por ele traduzido, produzindo certas proteínas.

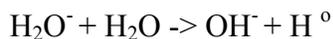
Se o DNA é alterado, o código genético também o será, resultando a formação pelo citoplasma de proteínas diferentes que vão manifestar no indivíduo alterações (morfológicas ou fisiológicas). Essa é a mutação gênica, pois ele se refere ao gen. Ocorrendo a mutação em células, o gen mutado pode sofrer uma nova mutação produzindo cópia normal. É o que se denomina de mutação reserva.

3.5.4.1 Efeito da Radiação sobre as Células.

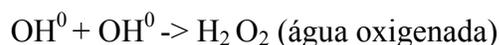
As radiações ao interagirem com as células produzirão nos seus constituintes químicos ionização e excitação. As moléculas podem receber diretamente a energia da radiação incidente ou receber energia por transferência de outra molécula. O primeiro é chamado de efeito direto da radiação e o segundo, efeito indireto.

As células possuem, aproximadamente, 80 % de água, portanto a primeira ionização ocorre em suas moléculas. Esquemáticamente a radiólise é assim representada.



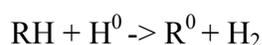
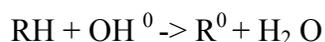


Os íons H^+ e OH^- não possuem excesso de energia e se recombina para formar a água. Os radicais livres OH^0 e H^0 são altamente reativos:

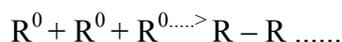


Como na célula existem muitas outras substâncias, pode-se descrever outras reações entre os radicais livres e as diferentes moléculas presentes na água.

Seja uma molécula qualquer RH



Os radicais livres R^0 podem dar origem a polimerização, isto é, formam cadeias ou pontes



Em presença de oxigênio, o radical livre R^0 produzirá:



As reações químicas acima descritas se referiam à ação indireta sobre outras substâncias existentes na célula, visto que partiram da radiólise da água.

A ação direta da radiação sobre a célula pode ser assim simplificada.

Ação sobre a membrana celular – a radiação pode provocar mudanças na estrutura química da membrana provocando alteração na sua permeabilidade seletiva;

Ação sobre o metabolismo energético – o trifosfato de adenosina (ATP) pode ter sua produção diminuída por uma cisão no mecanismo de fosforização;

Ação sobre enzimas – a radiação pode inativar as enzimas;

Ação sobre o DNA – a quantidade de DNA contido em cada célula é constante e característico da espécie.

Alguns fenômenos acontecem entre duas divisões celulares (intercinese), e são distinguidos em: um período de repouso, um período de síntese no qual a célula duplica sua quantidade de DNA que é constante e característico de cada espécie.

3.5.4.2 Efeitos Genéticos

Com a descoberta dos raios x por Röntger, em 1895, abriu-se um vasto campo de pesquisas biológicas, que com o desenvolvimento do estudo das radiações se incrementaram. Se, com esta contribuição, a humanidade muito lucrou, muitos homens foram vítimas das mesmas. Quando as células são atingidas pelas radiações, sofrem danos que podem ser assim enumerados:

- inibição temporária da meiose;
- Inibição completa da mitose;
- Quebra de cromossomos.

A quebra de cromossomos (aberrações cromossômicas) resultará em mutações, que se transmitirão às gerações posteriores.

Existem mutações que ocorrem espontaneamente com uma determinada frequência. Como exemplo, pode-se citar a acondroplasia (mutação dominante), albismo cuja frequência é de 28 milhões de gametas por geração (recessivo), e a hemofilia, gen ligado ao sexo, que aparece na frequência de 20 milhões de gametas por geração.

Em 1927, H.J. Müller, submetendo drosófilas aos raio x, verificou um aumento na frequência de mutações. Provou, ainda, que o aumento das mutações é diretamente proporcional ao aumento da dose.

Toda radiação produz mutação e não se conhece um limite mínimo para que o fenômeno não aconteça.

3.5.4.3 Efeitos Somáticos

3.5.4.3.1 Pele

Após uma irradiação intensa, há destruição de células, resultando depois uma fase eritematose e inflamatória, uma ulceração superficial (radioepidermite exsudativa). A cicatrização se efetua graças à multiplicação de células de regiões vizinhas não irradiadas.

Uma irradiação que tenha lesado também a derma produz uma radiodermite profunda.

Irradiação crônica provoca lesões distróficas.

3.5.4.3.2 Tecido Hematopoiético

Os tecidos hematopoiéticos responsáveis pela produção de glóbulos brancos e vermelhos do sangue, podem, sob a ação da radiação, sofrer uma diminuição na produção desses elementos, ou, dependendo da dose, uma total incapacidade de produção (aplasia).

3.5.4.3.3 Sistema Vascular e Gastro - Intestinal

No sistema vascular, as irradiações produzem lesões nos vasos e hemorragia intensas. Já no sistema gastro – intestinal, ocorrem reações inflamatórias, descamação do epitélio, resultando ulcerações são efeitos que acontecem quando o intestino é irradiado.

3.5.4.3.4 Sistema Reprodutor

a) Órgão Genital Masculino

A irradiação dos testículos pode provocar esterilidade temporária (com dose de aproximadamente 300 rem) e esterilidade permanente (com doses de 600 rem), além de danos nas células de suporte a maiores doses.

b) Órgão Genital Feminino.

As células germinativas dos ovários são mais sensíveis às radiações que as testiculares. Doses de 170 rem provocam uma esterilidade que aparece aos 90 dias e pode perdurar de 1 a 3 anos. Doses de 300 rem produzem castração.

Irradiação do Útero Grávido.

Quando um feto é irradiado pode sofrer mutações, destacando: microcefalia, mongolismo, retardamento mental, idiotia, hidrocefalia, anomalias, sindactilia, microftalmia, estrabismo, catarata, gônadas degeneradas, orelhas deformadas e leucemia aguda.

3.5.4.4 Efeitos sobre o corpo como um todo

Os efeitos da irradiação do corpo total são resultados de observações que se fizeram em Hiroshima e Nagazaki, por ocasião da segunda guerra mundial. Os primeiros sintomas são: náuseas, vômitos e depressão mental que aparecem nas primeiras horas após a irradiação e perduram por 1 ou 2 dias. São nítidos com doses de 125 a 175 mrem e ausentes abaixo de 10 rem.

Seguem-se ainda:

Diarréia em 2 ou 3 dias após a irradiação,

Polúria,

Febre e ulcerações na mucosa oro-faringiana,

Hemorragias com petequias, demonstrando plaquetopenia,

Distúrbios na absorção de água, eletrólitos e alimentos,

Infecção secundárias às lesões.

A tabela 5 mostra os limiares de doses para os sistemas Nervoso Central, Gastro – Intestinal e Hematopoiético.

Tabela 5 - Limiar de Doses de Radiação

Fonte: Apostila do Curso Básico de Supervisores de Radioproteção Abende,1989.

ÓRGÃO	NERVOSO CENTRAL	GASTRO INTESTINAL	HEMOTOPOIÉTICO
CRÍTICO	CÉREBRO	INTESTINO GROSSO	MEDULA ÓSSEA
LIMIAR DA SINDROME	30 Gy	3 Gy	1 Gy
PERÍODO LATENTE	15 a 20 minutos	3 a 5 dias	2 a 3 semanas
LIMIAR DE MORTE	50 Gy	10 Gy	3 Gy
TEMPO PARA MORTE	2 dias	3 a 4 dias	3 a 8 semanas
SINTOMAS	- tumores - convulsões - ataxia	Anorexia Vômitos Diarréia perda eletrolítica	febre dispnéia trombopenia leucopenia
RADIOPATOLOGIA	Edemas Encefalite	- depleção do epitélio intestinal Infecção netropenia	atrofia da medula pancitopenia hemorragia anemia

Como se pode observar, as principais causas relacionadas aos acidentes estão centradas em controle de pessoal, equipamentos e procedimentos de segurança. Partindo desses três aspectos, são estabelecidas as ações corretivas. Mais especificamente, focando a questão nos trabalhadores, percebe-se que são as pessoas que tendem a sofrer as conseqüências mais graves, no caso de acidentes, pois a radiação afeta diretamente sua saúde. Partindo dessa lógica, procurou-se verificar, com base na opinião dos trabalhadores, quais seriam os aspectos que afetam os padrões de segurança no dia-a-dia da atividade. O próximo capítulo mostra como este trabalho de coleta de informações foi realizado.

4 Levantamento das Condições do Serviço de Radiografia Industrial

O trabalho de levantamento de informações de campo quanto as condições do trabalho de radiografia industrial, foi centrado na opinião dos trabalhadores de uma empresa de radiografia, tradicional no mercado, que possuía, nesta ocasião, obras em andamento no estado do Rio Grande do Sul. Por questão de preservação da identidade da empresa, e por terem sido levantados informações internas, considerou-se apropriado não divulgar a sede ou município em que tal empresa atuava, já que com tais informações seria fácil identificar a empresa pesquisada.

Para o levantamento de dados no campo, aplicou-se a técnica do *Design* Macroergonômico, desenvolvido por Fogliato e Guimarães, em 1999. Esta técnica é composta basicamente de duas etapas distintas. A primeira, onde aplica-se entrevistas individuais com a população em questão, por meio das quais foram obtidos os aspectos positivos da atividade e os principais itens de demanda ergonômica que, na opinião dos trabalhadores, possam afetar as condições de trabalho e, na segunda etapa, onde aplicou-se questionários com o objetivo de avaliar qual o grau de insatisfação dos profissionais, com relação aos itens que afetam os padrões de segurança na atividade.

A técnica do *Design* Macroergonômico baseia-se em preceitos de macroergonomia e faz uso de técnicas estatísticas, bem como ferramentas de tomada de decisões. Sua principal função é a participação dos trabalhadores em projetos. A macroergonomia investiga a adequação organizacional de empresas ao gerenciamento de novas tecnologias de produção e métodos de organização para o trabalho. Estudos macroergonômicos são operacionalizados por meio de levantamento e análise das condições de ambiente físico e postos de trabalho, e dos fatores organizacionais, ritmo de trabalho, rotinas de trabalho e determinantes da qualidade de vida do trabalhador. Ao longo do estudo macroergonômico, esse processo participatório é estimulado. O envolvimento dos trabalhadores na concepção e operacionalização das tarefas aumenta sensivelmente as chances de sucesso na implementação de modificações sugeridas através da análise macroergonômica do trabalho. A técnica consta das seguintes etapas:

- i) identificação do usuário e coleta organizada de informações acerca de sua demanda ergonômica;
- ii) priorização dos itens de demandas ergonômicas identificados pelo usuário;
- iii) incorporação da opinião de especialistas com vistas a correções de distorções apresentadas no *ranking corrigido* de itens de demanda ergonômica a ser utilizado nas etapas seguintes da metodologia;
- iv) listagem dos itens de *design* a serem considerados no projeto das condições de trabalho dos profissionais;
- v) determinação da força de relação entre os itens de demanda ergonômica identificados.

Neste estudo aplicou-se a técnica de *Design* Macroergonômico, com alguns ajustes à necessidade do trabalho.

A coleta de dados sobre a opinião dos trabalhadores, expostos ocupacionalmente à radiação, foi realizada entre os meses de janeiro a abril de 2000, em duas fases bem distintas.

Na primeira fase, foram levantadas informações sobre os principais aspectos positivos e negativos da atividade de radiografia industrial. O propósito em levantar estas informações foi de evidenciar aspectos que agradam aos profissionais da área, e aspectos que, na opinião dos trabalhadores da área, afetam os padrões de segurança em radiografia industrial.

Preliminarmente ao trabalho de levantamento de dados, foram estabelecidos os estratos de trabalhadores a serem investigados. A maior dificuldade do trabalho de levantamento de dados, foi a disponibilidade dos profissionais em participar dessa etapa do trabalho. Assim, tornou-se necessário estabelecer dois estratos: um para a fase de entrevistas individuais, e outra, para a fase de aplicação de questionário. Os estratos para estas duas fases do trabalho encontram-se nas tabelas 10 e 11.

Tabela 6 - Estratos de Trabalhadores – Fase das Entrevistas

Estratos ->	1	2	3	4
Faixa Etária (anos)	18 a 25	18 a 15	+ de 25	+ de 25
Tempo Serviço	- de 1 ano	1 ano ou mais	- de 1 ano	1 ano ou mais
População	8	8	8	8
Amostra	2	2	3	1
Peso (W)	0,25	0,25	0,37	0,12

Tabela 7 - Estratos de Trabalhadores (Aplicação de Questionários)

Extratos ->	1	2	3	4
Faixa Etária (anos)	18 a 25	18 a 15	+ de 25	+ de 25
Tempo Serviço	- de 1 ano	+ de 1 ano	- de 1 ano	+ de 1 ano
População	16	16	11	17
Amostra	4	4	4	2
Peso (W)	0,25	0,25	0,37	0,12

Quanto aos critérios para definição dos estratos, escolheu-se basicamente a faixa etária e o tempo de experiência na atividade de radiografia industrial. Considerou-se relevante o critério “faixa etária” porque a atividade requer um grau significativo de responsabilidade e, por experiência na área, percebe-se que, apesar de não ser regra geral, a responsabilidade durante as operações com o material radioativo, parece aumentar com a faixa etária do trabalhador. O critério “tempo de serviço” é de crucial importância. À medida em que o profissional vai

acumulando mais tempo de serviço, começa a perceber de maneira diferente o sistema de funcionamento da organização, da atividade e as dificuldades no dia-a-dia.

Observando as tabelas 10 e 11, percebe-se que os profissionais, na totalidade, são do sexo masculino. Isso ocorreu em função de não haver mulheres operando nesse tipo de atividade, assumindo funções ditas de campo.

Além dos critérios, as tabelas 10 e 11 apresentam também a população de trabalhadores e o percentual de profissionais pesquisados. Assim, de uma população de oito profissionais, definidos na fase das entrevistas individuais, no caso do primeiro estrato 1 (tabela 6) tem-se 0,25, ou seja 25% da população foi avaliada.

Com o auxílio de um gravador, deu-se início à coleta de informações relacionadas aos aspectos positivos e negativos da atividade. Os profissionais, disponíveis no momento, foram entrevistados em uma sala reservada. O profissional ficou à vontade em apresentar sua opinião sobre a atividade. Para que o profissional expusesse sua opinião, não foram estabelecidas regras para citação dos aspectos, tais como agrupá-los em positivos e negativos, ou ainda de enumerá-los em ordem de importância. Este trabalho foi feito posteriormente pelo entrevistador.

No início de cada entrevista, o entrevistador realizou uma rápida introdução sobre o propósito do trabalho, esclarecendo aos respondentes que tratava-se de um trabalho acadêmico e que as informações coletadas seriam utilizadas para fins científicos. Assim, a identificação de cada um dos respondentes seria mantida em sigilo. Em seguida, o entrevistador solicitou ao respondente, que expusesse os aspectos positivos e aspectos negativos do serviço de radiografia industrial. Os entrevistados ficaram à vontade para expor suas opiniões e comentários.

Concluídas todas as entrevistas, o entrevistador ouviu várias vezes cada entrevista feita, identificando, nas gravações, os aspectos positivos e negativos da opinião dos entrevistados, procurando manter a ordem de citação, tanto dos aspectos positivos, quanto dos negativos, comentados pelos trabalhadores.

Os aspectos comentados receberam um número seqüencial, iniciando pelo número 1, identificando assim, a seqüência em que foram comentados. A este número nominou-se ordem de menção, representado pela letra “p”.

Em seguida, aplicou-se, aos aspectos positivos da atividade, o fator ordem de menção, obtido através da fórmula 9:

$$FM = \sum (1 / p)_i, \text{ com } i \text{ variando de "1 a n"}. \quad (6)$$

Concluído a compilação de dados, foi estabelecido um *ranking* para os aspectos positivos com vistas a evidenciar estes aspectos e contribuir para futuras discussões envolvendo tais aspectos. As tabelas 12 e 13, na seção “Resultados e Discussões” mostram, em suas células, as ordens de menção e os fatores de ordem de menção respectivamente, sendo que a coluna “FM” da tabela 13 representa o *ranking* dos aspectos positivos, na opinião dos trabalhadores.

A próxima etapa do trabalho foi compilar os aspectos negativos da radiografia industrial. Da mesma forma com que foram tratados os dados relativos aos aspectos positivos, os aspectos negativos foram agrupados, atribuindo-se as ordens de menção “p” e calculados, através da fórmula do FM, anteriormente apresentada, os fatores de ordem de menção. Construiu-se, então, as tabelas 12 e 13, apresentadas na seção “Resultados e Discussões”. O propósito com estas tabelas é tornar evidente os aspectos que, na opinião dos profissionais, afetam mais significativamente os padrões de segurança em radiografia industrial, fornecendo-se, assim, uma primeira aproximação desses profissionais, sobre os aspectos que afetam a segurança durante as operações com fontes de radiação. Com a lista dos aspectos negativos, deu-se início à segunda fase do trabalho de coleta de dados por questionário fechado.

Os trabalhadores receberam um questionário com os itens de demanda (aspectos negativos do trabalho) levantados na etapa anterior de entrevista. Antes do início do preenchimento do questionário foi reforçado, a todos os profissionais, que as informações a serem levantadas nesta fase, seriam utilizadas para fins acadêmicos, não havendo, portanto, a necessidade do respondente identificar-se.

Ao receber o questionário, o trabalhador foi instruído a ler atentamente as perguntas e indicar o seu grau de satisfação com relação ao item apresentado, marcando sobre qualquer ponto da escala de 150 mm de comprimento, conforme sugerida por Stone et al. (1974). Essa escala possui uma âncora em cada um dos extremos e uma terceira âncora no meio. O questionário encontra-se no apêndice 8. A âncora da esquerda representa “nenhum grau de satisfação, ou

seja, insatisfeito” com relação ao item apresentado. A âncora do meio representa “grau de satisfação médio”, e a da direita, “muito satisfeito” com relação ao item. Os resultados quanto a opinião sobre cada item foram avaliados pela distância (medida com auxílio de uma régua) entre a âncora esquerda e a marcação feita pelo trabalhador sobre a escala.

Após proceder a medida da distância entre a âncora esquerda e a marcação feita pelo respondente, em cada um dos questionários recebidos, iniciou-se um trabalho de compilação de dados apresentados nas tabelas 14 a 16 na seção “Resultados e Discussões”.

Concluída a fase de compilação de dados, deu-se início às discussões sobre os aspectos que afetam os padrões de segurança em radiografia industrial.

5 Resultados e Discussão

5.1 Resultado das Entrevistas

Os resultados das entrevistas levaram a duas análises: i) análise e discussão dos pontos positivos do trabalho; ii) identificação dos pontos negativos do trabalho que foram, então, objeto de questionário.

Na tabela 12, estão tabulados os aspectos positivos da atividade de radiografia industrial. Os números de “1 a 4” representam os estratos definidos na tabela 5. As letras de “A à G “ representam os trabalhadores entrevistados. Utilizou-se a representação por letras com o objetivo de manter a identidade dos entrevistados em sigilo. Os números contidos nas células da tabela 12, correspondem à ordem com que os aspectos foram mencionados por cada um dos trabalhadores. Assim, o entrevistado “A “ falou primeiro sobre a “possibilidade de crescimento” e , em segundo lugar, comentou sobre “a amizade na empresa”.

Tabela 8 - Ordem de menção (Aspectos Positivos da Atividade)

Estratos >	1		2		3		4
Trabalhadores Entrevistados >	A	B	C	D	E	F	G
Tem possibilidade de crescimento profissional	1			1	7		2
Serviço bom de fazer		1	3		6	1	
Atividade possibilita liberdade		2		2	1		3
Salário é bom			4		5		1
Trabalhos em equipe		5	1	4			
Possibilita conhecimentos técnicos	3	4	5	3	3		
Mercado é bom		3	2		8		
Amizade na empresa	2				9		5
Não propicia rotinas	4				4		4
Possibilita conhecimento de obras					2		

Com os valores contidos nas células da tabela 12, construiu-se a tabela 13 que contém, em suas células, números que representam os fatores de ordem de menção. Aplicou-se para tanto a fórmula 9, obtendo-se uma classificação dos aspectos positivos da atividade, com relação ao grau de relevância para os profissionais.

Tabela 9 – Fatores Ordem de Menção(Aspectos Positivos da Atividade)

Extratos >	1		2		3		4	
Trabalhadores Entrevistados >	A	B	C	D	E	F	G	FM
tem possibilidade de crescimento profissional	1,00			1,00	0,14		0,50	2,64
serviço bom de fazer		1,00	0,33		0,17	1,00		2,50
atividade possibilita liberdade		0,50		0,50	1,00		0,33	2,33
salário é bom			0,25		0,20		1,00	1,45
trabalhos em equipe		0,20	1,00	0,25				1,45
possibilita conhecimentos técnicos	0,33	0,25	0,20	0,33	0,33			1,45
mercado é bom		0,33	0,50		0,13			0,96
amizade na empresa	0,50				0,11		0,20	0,81
não propicia rotinas	0,25				0,25		0,25	0,75
Possibilita conhecimento de obras					0,50			0,50

Observando-se a tabela 13 é possível perceber-se que o item “amizade na empresa”, para o trabalhador “A”, tem FM = 0,50, ou seja 50 % de importância.

Partindo-se dos dados da tabela 13, pode-se fazer uma análise mais detalhada dos aspectos apontados como positivos, pelos profissionais de radiografia industrial. As figuras 21 a 30, representam os resultados da tabela 12, apresentando a opinião dos trabalhadores, segundo os critérios adotados anteriormente, para a definição dos estratos.

Análise dos Aspectos Positivos

5.1.1 Crescimento Profissional

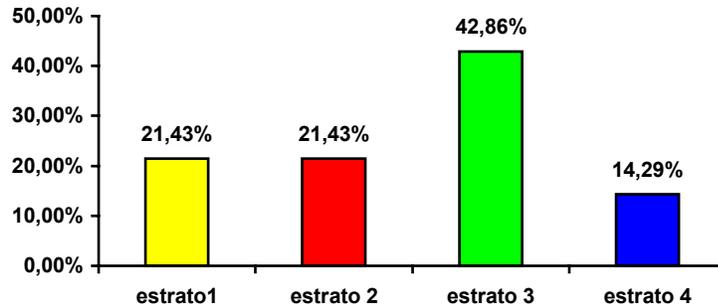


Figura 10 - Aspectos Positivos em Radiografia (Crescimento Profissional)

A questão do crescimento profissional em radiografia está muito relacionada à performance dos trabalhadores em operações de campo, ao tempo de experiência na atividade, e ao atendimento de requisitos relacionados à formação de nível secundário. Apesar de serem conhecidas as necessidades e requisitos a serem contemplados pelos profissionais, as empresas de radiografia, normalmente, selecionam os trabalhadores adotando critérios bastante subjetivos. Dessa forma, é possível identificar, em alguns casos, o anseio de profissionais mais antigos na atividade por uma oportunidade de melhorar de posição dentro da empresa.

O crescimento profissional desses trabalhadores pode ocorrer pelas experiências vivenciadas em obras, ou ainda, por treinamentos ou algum tipo de qualificação na área. No caso das qualificações para o trabalho, o primeiro estágio é como operador em treinamento. Após aprovação nos exames de qualificação da CNEN, o profissional passa a assumir a função de operador qualificado (isso tendo o 1^o grau completo) ou responsável por instalação aberta (tendo a 2^o grau completo).

Além da CNEN, existe ainda as qualificações junto à PETROBRÁS como operador qualificado e inspetor de radiografia. A Petrobrás, através do SEQUI, um setor responsável por qualificar profissionais para operação em Unidades Operacionais da própria PETROBRÁS, realiza exames de qualificação dos profissionais na área de Ensaio Não Destrutivos, onde inclui-se

profissionais de radiografia industrial. Esta qualificação, além de trazer ao profissional “status”, proporciona ganhos até duas vezes superior aos valores pagos a profissionais com qualificação junto à CNEN. Convém salientar que as qualificações têm caráter distintos e por vezes, complementares. As qualificações da CNEN habilitam os profissionais a operarem com fontes de radiação. Já as qualificações da PETROBRÁS são voltadas mais para os aspectos da qualidade técnica dos serviços. Entretanto, para o profissional obter qualificação na PETROBRÁS, será necessário estar habilitado junto à CNEN.

Na prática da atividade, percebe-se que muitas empresas de radiografia não escolhem profissionais segundo critérios mais lógicos, ligados a necessidades operacionais e de segurança, e sim, com base em critérios subjetivos. Observa-se, pela figura 21, que a expectativa com relação ao crescimento profissional ocorre entre os trabalhadores na faixa etária entre os 18 e 25 anos. Os estratos 1 e 2, da figura 21, contribuem com cerca de 74,08% para que o crescimento profissional seja considerado um dos aspectos positivos da atividade. Já profissionais com faixa etária superior aos 25 anos, parecem não considerar as perspectivas de crescimento profissional em radiografia com tanta intensidade. Isso é perceptível, considerando-se os estratos 3 e 4 que, se considerados conjuntamente, contribuem com apenas 24,33%

5.1.2 Serviço Bom de Fazer

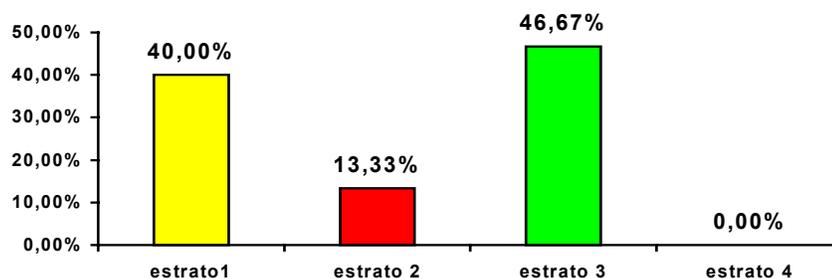


Figura 11- Aspectos Positivos em Radiografia (serviço é bom de fazer)

A radiografia industrial é uma atividade que, pelas características do serviço em si, tende a oferecer aos profissionais que iniciam na área oportunidades que, talvez, em outras áreas, com a qualificação profissional que os profissionais da área têm, possivelmente não haveriam. Viagens para outros estados do país, por exemplo, é uma constante na atividade. Parece que a radiografia industrial provoca, no início da carreira, um certo deslumbramento nos profissionais, com relação às características do serviço em si. As dificuldades existentes no trabalho são percebidas, inicialmente, como situações desafiadoras. À medida que o tempo passa, os profissionais tendem a exigir mais da atividade, não sendo suficientes as características do trabalho consideradas inicialmente pelos profissionais. A figura 22, aspecto “serviço é bom de fazer”, mostra que, à medida em que os profissionais vão acumulando mais tempo de experiência na atividade, o grau de satisfação com relação a este aspecto diminui bastante. Percebe-se esta relação ao ser comparado os percentuais dos estratos 1 e 2 ou os estratos 3 e 4. Com relação à faixa etária, percebe-se, comparando os estratos 1 e 3, que a satisfação com as características do serviço aumenta sutilmente em profissionais com menos de um ano de experiência na atividade. Em contrapartida, comparando-se os estratos 2 e 4, para funcionários com mais de um ano de experiência, a satisfação com o serviço é menor, com profissionais com mais idade.

Observa-se, na prática, que profissionais com pouca experiência e mais jovens, tendem a considerar as características do trabalho mais atrativas, do que profissionais mais experientes e com mais idade. Isso pode estar relacionado ao grau de maturidade na atividade e com a maturidade pessoal de muitos profissionais que passam a ver as dificuldades do trabalho não mais como situações desafiadoras, mas sim com problemas que podem afetar significativamente a qualidade e principalmente os padrões de segurança.

5.1.3 Atividade Possibilita Liberdade

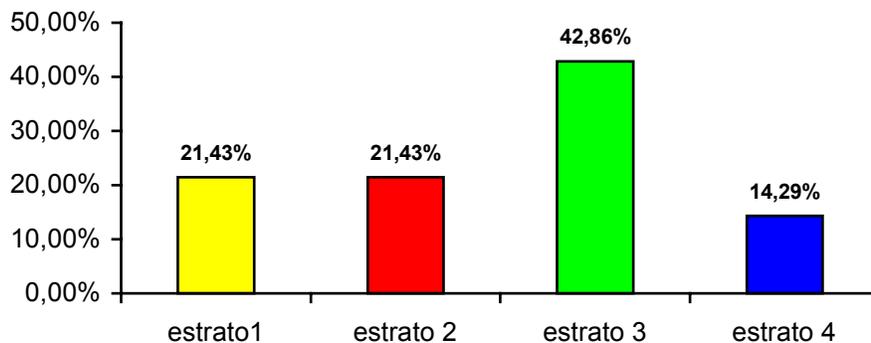


Figura 12 - Aspectos Positivos em Radiografia (Possibilita liberdade)

O aspecto “possibilita liberdade”, figura 23, parece unanimidade entre os profissionais de radiografia. No entanto, profissionais com mais de um ano de experiência e faixa etária acima dos 25 anos (estrato 3), destacam-se, com uma margem de contribuição de 42,86%. Percebe-se que o sentimento de liberdade está relacionado ao fato da atividade propiciar serviços em locais diferentes dos locais de trabalho de suas chefias. Com isso, esses profissionais, além de vivenciar novas experiências, ficam “livres”, durante as operações, da supervisão direta das chefias. Segundo comentários de alguns profissionais, cria-se um ambiente com menos “policiamento”, permitindo a eles tomar decisões e até mesmo elaborar e pôr em prática possíveis soluções.

5.1.4 Salário Pago em Radiografia

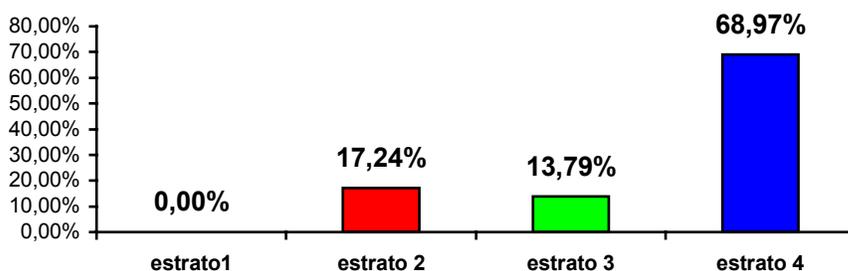


Figura 13 - Aspectos Positivos (salário é bom)

Comparando-se os estratos 1 e 2 ou os estratos 3 e 4, percebe-se que o salário pago em radiografia industrial é considerado mais satisfatório pelos profissionais mais experientes.

Uma das características da radiografia industrial é o aumento do grau de envolvimento com a atividade, à medida em que o profissional vai adquirindo mais experiência. Este diferencial pode se traduzir em um diferencial em termos salariais, com relação aos demais colegas. Isso talvez explique porque o salário pago em radiografia agrada mais aos profissionais mais experientes do que os profissionais no início de carreira (figura 24).

Percebe-se, também, que profissionais com mais idade tendem a considerar mais o salário pago em radiografia, do que os profissionais com menos idade. Na figura 24, se for comparado os estratos 1 e 3 ou os estratos 2 e 4, percebe-se essa tendência.

5.1.5 Amizade na Empresa

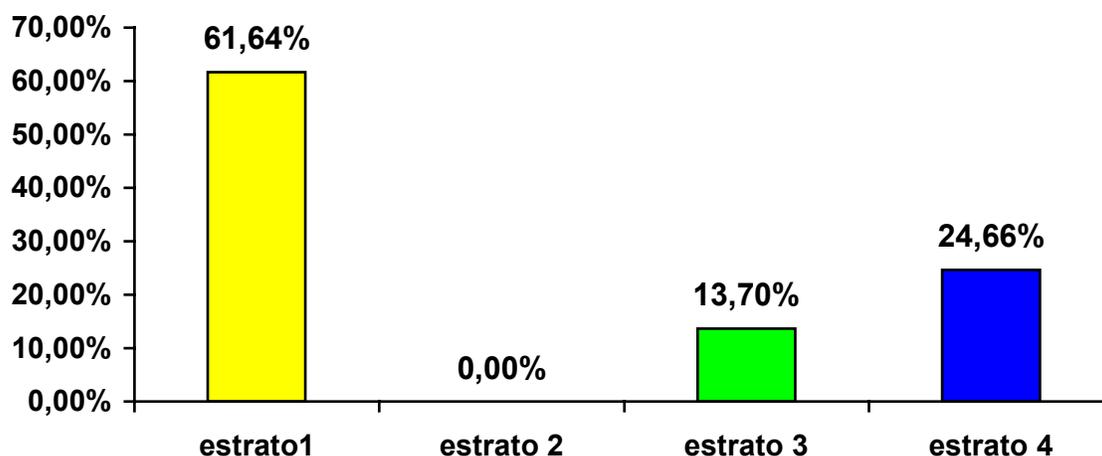


Figura 14 - Aspectos Positivos de Radiografia (amizade na empresa)

O serviço de radiografia industrial deve ser realizado por no mínimo três profissionais. Isso requer dos profissionais um trabalho em equipe. Durante as operações de campo, cada um dos integrantes da equipe depende diretamente da ajuda do colega para que possa desenvolver suas próprias tarefas. Assim, a sinergia entre os profissionais, durante o trabalho, tende a estimular

a amizade entre os integrantes da equipe. Em situações extremas, a amizade chega a ser tal que dificulta até mesmo formação de equipes. Isso acontece quando integrantes de uma dada equipe, que já venham operando juntos há algum tempo, não querem participar da formação de outras equipes, alegando qualquer motivo de relacionamento para não operar com os novos colegas. A amizade na empresa, a que os profissionais se referem, relaciona-se à amizade entre os profissionais que operam as fontes de radiação. Observando-se a figura 31, com exceção do estrato 2, todos os demais estratos consideraram o item amizade na empresa como um dos aspectos positivos na radiografia.

A amizade entre os profissionais tende a ser afetada à medida em que os problemas estão ligados diretamente à falta de recursos para o trabalho. Os profissionais mais antigos, acostumados a trabalhar nessas condições, mesmo com todas as dificuldades, acabam “vestindo a camiseta da empresa” e cobram dos profissionais com menos tempo de experiência na empresa, o mesmo comprometimento. Em contrapartida, os profissionais com menos tempo de casa tendem a reivindicar melhores condições de trabalho e considerar seus colegas mais antigos na empresa, como pessoas acomodadas com relação às atuais condições de trabalho, que lhes são oferecidas. Gera-se, então, dificuldades de relacionamento entre os profissionais, que podem comprometer, até mesmo, a segurança durante as operações, pois muitos procedimentos de segurança podem ser deixados de lado, em função de dois profissionais terem posições diferentes com relação às condições de trabalho, levando o empasse para o lado pessoal.

5.1.6 Trabalho em Equipe

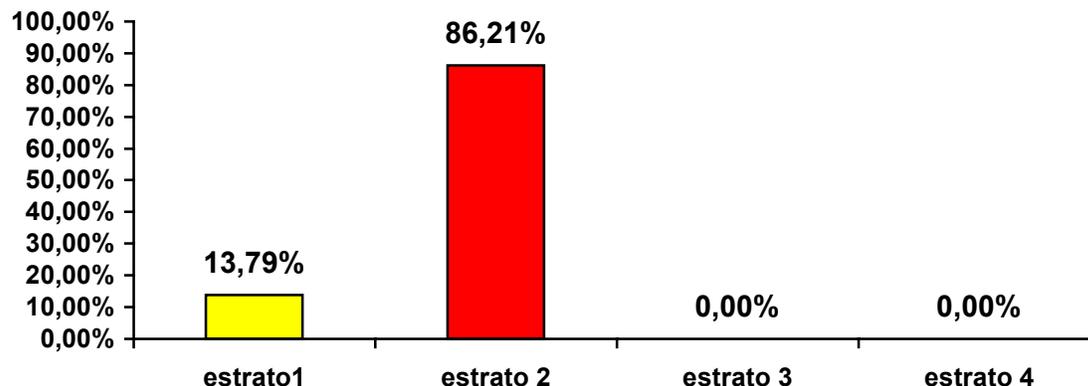


Figura 15 - Aspectos Positivos de Radiografia (trabalho em equipe)

Com relação ao item “trabalho em equipe”, figura 26, percebe-se uma divisão interessante. Os profissionais dos estratos 1 e 2 (faixa etária entre 18 e 25 anos) acreditam que a atividade propicia trabalhos em equipe. Já os profissionais dos estratos 3 e 4 (faixa etária superior a 25 anos) não se manifestaram com relação a este aspecto. Os profissionais com faixa etária entre os 18 e 25 anos destacam-se pela contribuição superior a 80 % para este aspecto positivo.

5.1.7 Conhecimentos Técnicos

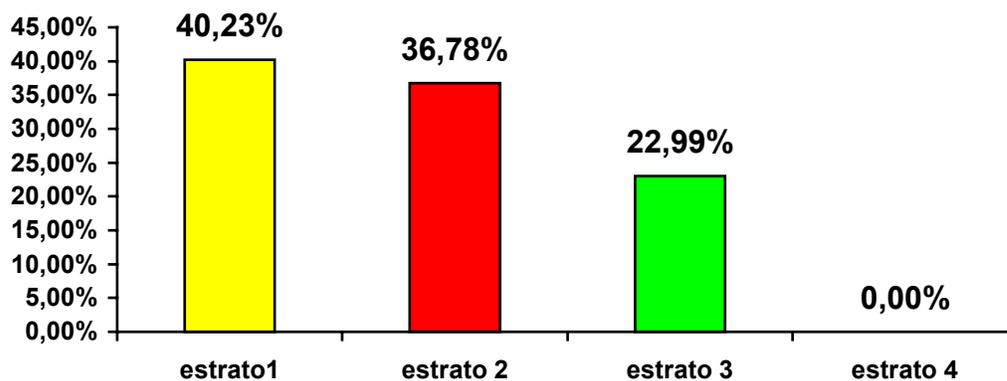


Figura 16 - Aspectos Positivos de Radiografia (conhecimentos técnicos)

Quanto ao aspecto “conhecimentos técnicos”, figura 27, percebe-se que a importância dada tende a diminuir com o tempo de experiência do profissional e com a faixa etária. Se for comparado os estratos 1 e 2, ou ainda, estratos 3 e 4, observa-se que o percentual de contribuição para a importância desse aspecto como positivo cai, em média, 13,22%. Isto porque à medida em que o profissional vai acumulando mais tempo de experiência na atividade, o interesse por este aspecto vai caindo.

Com relação ao aumento da faixa etária, observa-se que o percentual de contribuição cai, em média, 27,01% (comparação entre os estratos 1 e 3). Apesar de não ser regra geral, muitos profissionais com mais de 25 anos enfrentam problemas de desmotivação relacionados à sua própria capacidade de aquisição de novos conhecimentos e possibilidades de qualificação. Passam, então, a preocupar-se mais com questões relacionadas aos retornos financeiros e segurança do emprego, pois muitos possuem apenas o primeiro grau e sabem que a tendência na atividade é exigir pelo menos o segundo grau. Assim, parecem acomodar-se, ficando desmotivados em buscar novos conhecimentos ligados à atividade.

5.1.8 Mercado é Bom

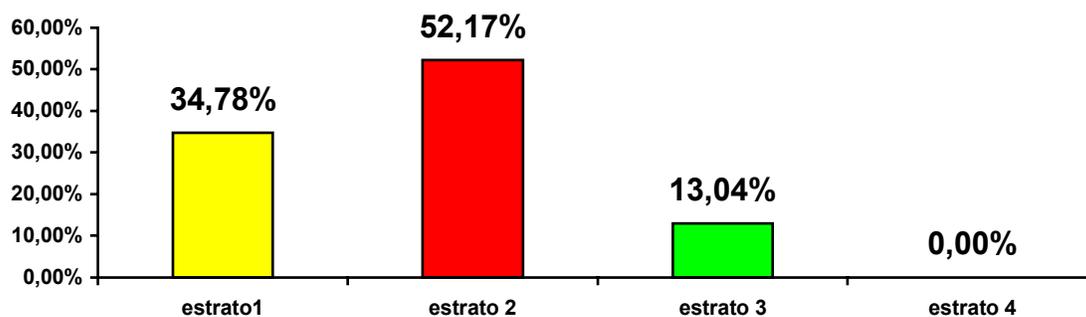


Figura 17 - Aspectos Positivos de Radiografia (mercado é bom)

Com relação ao aspecto “o mercado é bom” observou-se que não houve manifestações por parte de profissionais com mais de 25 anos e com mais de um ano de experiência. A credibilidade do mercado de radiografia tende a cair, à medida em que aumenta o tempo de experiência do profissional na atividade. Comparando os estratos 1 e 3 e, também, os estratos 2 e 4 (figura 28), percebe-se quedas bastante representativas no percentual de contribuição dos estratos para este item apontado como um aspecto positivo da radiografia.

O mercado de radiografia demonstra-se bastante sazonal, aumentando entre os meses de março a setembro, e reduzindo significativamente entre os meses de outubro a fevereiro. As obras em radiografia industrial podem gerar faturamentos significativos para as empresas, o que poderia passar a idéia de um excelente mercado de atuação. Contudo, a dificuldade das empresas em se organizar para o trabalho e administrar melhor os custos e recursos, principalmente humanos, ocasionam perdas financeiras significativas, inviabilizando, muitas vezes o trabalho nesta atividade. Assim, profissionais com menos tempo de experiência, e portanto, com menos informações de como as empresas vêm, ao longo dos anos, administrando seus recursos para atuação no mercado, pode passar ao trabalhador menos experiente a idéia de que a atividade é muito rentável e o mercado de atuação é excelente.

5.1.9 Atividade Não Propicia Rotinas

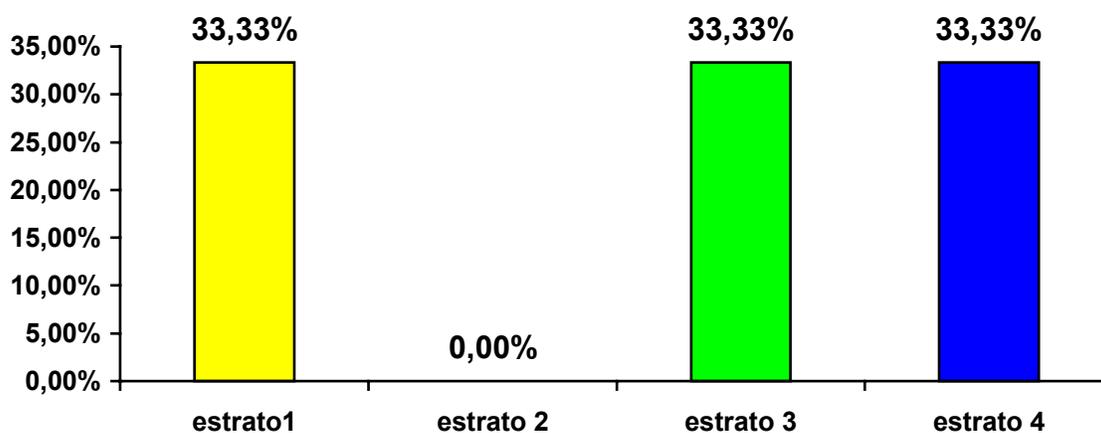
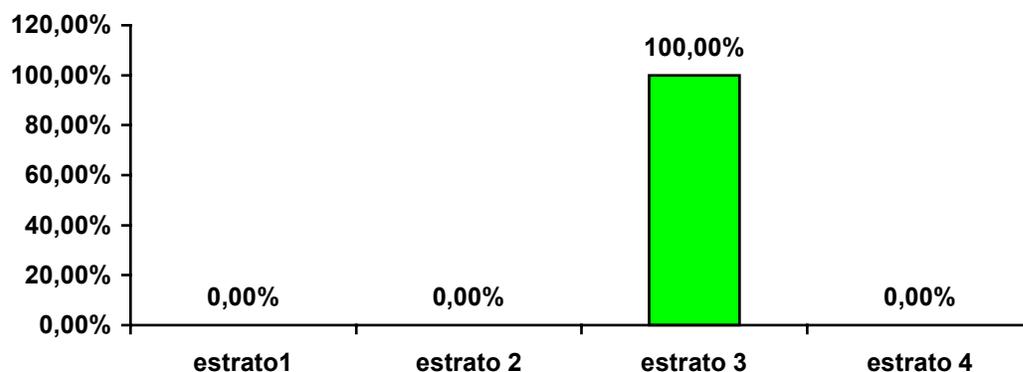


Figura 18 - Aspectos Positivos de Radiografia (não propicia rotinas)

Com exceção do estrato 2, os demais estratos contribuíram significativamente para a pontuação do aspecto “não propicia rotinas”, figura 29. Realmente, a atividade de radiografia propicia situações de aprendizagem para o profissional.

5.1.10 Possibilidade de Conhecimentos de Obras

Figura 19 - Aspectos Positivos da Radiografia (conhecimento de obras)



Os serviços não são padronizados, apesar de serem adotadas técnicas padronizadas. Os ambientes, locais, características de equipamentos a serem inspecionados, a grau de exigência em termos de qualidade varia muito de serviço para serviço. Assim, o profissional tem muitas oportunidades de aprendizagem técnica. O conhecimento e vivência em canteiro de obras, apontados pelos trabalhadores e representado na figura 30, tem relação direta com esta diversidade de aplicações da radiografia em áreas industriais.

Analisando a figura 30, salienta-se o percentual de contribuição do estrato 3, com cerca de 100%. Era esperado que o percentual de contribuição do estrato 1 fosse significativo para este item, já que em início de carreira, a tendência é que o profissional observe as oportunidades de maior conhecimento dentro de sua atividade. Já com relação aos estratos 2 e 4, os percentuais de contribuição podem também ser considerados abaixo da expectativa, mesmo considerando-se o fato de já ter relativo conhecimento em obras.

Procurou-se, até o momento, analisar a influência dos estratos definidos sobre os aspectos positivos, apontados pelos profissionais de radiografia. Outra forma de análise muito interessante, é relacionar os critérios “faixa etária” e “tempo de experiência”, com relação aos aspectos positivos. A tabela 10 traz a influência desses critérios sobre os aspectos positivos. Para que fosse possível analisar os percentuais de contribuição por critério, considerou-se a soma dos estratos, tomados dois a dois.

Tabela 10 Influência dos Critérios Faixa Etária e Tempo de Experiência Sobre os Aspectos Positivos Apontados Pelos Trabalhadores

Aspectos Positivos da Atividade	Critérios Tempo de Experiência		Critério Faixa Etária	
	menos de 1 a de experiência % E1 + % E3	menos de 1 a de experiência % E1 + % E3	De 18 a 25 anos % E1 + % E2	Com 25 anos ou mais % E3 + % E4
Tem possibilidade de conhecimentos técnicos fig. 27	42,44 %	55,96 %	74,08%	24,36%
Serviço é bom de fazer fig.28	86,67%	13,33%	53,33%	46,47%
Possibilita liberdade fig. 29	64,29%	35,63%	42,26%	57,15%
Salário é bom fig. 30	13,79%	86,21%	17,24%	82,86%
Trabalho em equipe fig. 31	74,7%	24,86%	61,24%	38,26%
Amizade na empresa fig.32	13,79%	86,21%	100,00%	0,00%
Conhecimentos técnicos fig. 33	63,22%	36,70%	76,93%	22,99%
Mercado é bom fig. 34	47,74%	52,47%	87,17%	13,04%
Não propicia rotinas fig.35	66,66%	66,66%	33,33%	66,66%
conhecimento de obras fig. 36	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
TOTAIS (número de aspectos positivos, considerados mais relevantes)	5	3	4	3

Observa-se, na tabela 14, que, ao ser considerado o critério “tempo de experiência”, os profissionais com menos de um ano de experiência tendem a perceber mais aspectos positivos

em radiografia industrial (colaborando com percentuais altos em 5 aspectos), do que os profissionais mais experientes. Já se for considerado o critério “faixa etária”, percebe-se que profissionais mais jovens percebem mais aspectos positivos em radiografia (colaborando com percentuais altos em 4 aspectos), do que profissionais com mais de 25 anos de idade.

5.2 Questionários

A fase das entrevistas foi considerada importante para o desenvolvimento do trabalho porque, além dos aspectos positivos, foram explicitados, na opinião dos profissionais de radiografia, os aspectos que afetam os padrões de segurança na atividade. Com isso, foi possível dar continuidade à próxima etapa. Esta etapa foi a aplicação de questionário fechado. O levantamento dos principais aspectos que afetam os padrões de segurança, identificado na fase de entrevistas encontra-se nas tabelas 15 e 16.

Tabela 11 - Ordem de Menção (aspectos que afetam a Segurança em Radiografia Industrial)

Extratos >	1		2		3		4							
	A		B		C		D		E		F		G	
Cooperação de Colegas	1	8	1		2				2	8				4
Atraso de Salários		9	4	8	1	9	1	7	1	4	4	6		
Turno de Trabalho			5	6			2	6	3					
Falta Treinamento de Pessoal	4				4						1			1
Estrutura Departamentalizada da Empresa	5				7									
Baixa Produtividade			10		10		4						7	2
Equipamentos obsoletos	3										3	12	5	
Falta competência administrativa/profissional			2		5									
Risco da radiação à saúde	6								7		8			3
Contratos Comerciais com problemas											5			
falta qualificação dos profissionais			7				5				2	13		
Falta orientações das chefias					3	8	3							
Falta respeito ao trabalho de campo								8			14			
Burocracia de campo			3								4			
Infra-estrutura para operações de campo									5					
Falta responsabilidade dos profissionais			9								9	11		
Sobrecarga de Trabalho (carga horária/responsab.)	7													
Falta Manutenção de Equipamentos					12									
Falta qualidade nas tarefas de campo					11									

As letras de “A a G” representam os trabalhadores entrevistados. Os valores contidos nas células da tabela 14, correspondem às ordens de menção (p).

O trabalhador “A “, por exemplo, comentou, em primeiro lugar, o item “cooperação de colegas”, repetindo-o, em oitavo lugar. Então, para a primeira citação atribui-se o valor “1”. A Segunda citação do mesmo aspecto, atribui-se o valor “8”.

Com as ordens de menção (p), construiu-se a tabela 15, cujos valores contidos nas células, representam os fatores de ordem de menção (FM) calculado da fórmula I.

Na tabela 16, a coluna FM_T fornece os valores dos fatores de ordem de menção, que representa a opinião dos profissionais pesquisados com relação à cada aspecto identificado durante as entrevistas individuais. O FM_T fornece, também, uma primeira aproximação do grau de importância dado a esses itens, pelos trabalhadores. Os valores de FM_T serão usados mais adiante, para determinar o grau de insatisfação final (GIF) dos profissionais (tabela 16).

Tabela 12 - Fatores de Ordem de Menção (Aspectos que Afetam os Padrões de Segurança em Radiografia)

Extratos >					
Trabalhadores Entrevistados >	1	2	3	4	FMT
Atraso de Salários	0,49	2,25	1,67	0,00	4,41
Cooperação de Colegas	2,25	0,50	0,63	0,25	3,63
Falta Treinamento de Pessoal	0,25	0,25	1,00	1,00	2,50
Turno de Trabalho	0,37	0,67	0,33	0,00	1,37
Baixa Produtividade	0,10	0,35	0,14	0,50	1,09
Equipamentos obsoletos	0,33	0,00	0,42	0,20	0,95
falta qualificação dos profissionais	0,14	0,20	0,58	0,00	0,92
Falta orientações das chefias	0,00	0,79	0,00	0,00	0,79
Risco da radiação à saúde	0,17	0,00	0,27	0,33	0,77
Falta competência administrativa/profissional	0,50	0,20	0,00	0,00	0,70
Burocracia de campo	0,33	0,00	0,25	0,00	0,58
Estrutura Departamentalizada da Empresa	0,20	0,14	0,00	0,00	0,34
Falta responsabilidade dos profissionais	0,11	0,00	0,20	0,00	0,31
Contratos Comerciais com problemas	0,00	0,00	0,20	0,00	0,20
Falta respeito ao trabalho de campo	0,00	0,13	0,07	0,00	0,20
Infra-estrutura para operações de campo	0,00	0,00	0,20	0,00	0,20
Sobrecarga de Trabalho (carga horária/responsab.)	0,14	0,00	0,00	0,00	0,14
Falta qualidade nas tarefas de campo	0,00	0,09	0,00	0,00	0,09
Falta Manutenção de Equipamentos	0,00	0,08	0,00	0,00	0,08

Observa-se, pela tabela 16, que os aspectos que mais afetam os padrões de segurança de radiografia industrial são: atraso de salários, com 4,41 pontos; cooperação de colegas, com 3,63 e ainda, treinamento de pessoal, com 2,50 pontos. A seguir, são apresentados os resultados relativos que afetam os padrões de segurança, na opinião dos profissionais de radiografia, obtidos após a aplicação dos questionários.

Os valores contidos nas células da tabela 17 correspondem à distância entre a âncora esquerda e a marcação feita pelo respondente na escala de 15 cm, para cada item apontado como aspecto que afeta os padrões de segurança em radiografia, segundo a opinião dos profissionais de radiografia. Os números de “1 a 4” representam os estratos definidos na tabela 12, e as letras de “A a G”, os respondentes do questionário.

Tabela 13 Distância, em mm, entre a âncora esquerda e a marcação

Extratos >	1				2				3					4	
Trabalhadores Entrevistados >	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Cooperação de Colegas	5	23	34	89	78	34	21	23	45	67	89	32	31	34	23
Atraso de Salários	54	32	34	44	67	78	89	21	23	34	45	67	67	89	21
Turno de Trabalho	63	78	98	99	55	78	32	33	12	89	54	45	43	43	148
Falta Treinamento de Pessoal	67	131	65	122	134	122	121	110	108	19	133	139	137	75	98
Estrutura Departamentalizada da Empresa	12	5	23	34	4	23	22	12	12	12	34	11	22	97	104
Baixa Produtividade	33	67	78	56	33	32	32	45	63	21	21	67	77	0	20
Equipamentos obsoletos	24	54	34	61	22	77	12	34	56	124	132	113	122	75	20
Falta competência administrativa/profissional	23	25	56	43	23	33	45	67	77	65	43	23	33	94	98
Risco da radiação à saúde	12	123	34	111	113	34	67	78	89	89	121	12	121	45	67
Contratos Comerciais com problemas	12	46	78	54	34	23	44	8	7	2	0	0	32	0	0
falta qualificação dos profissionais	145	67	88	71	23	144	142	21	150	150	143	132	123	0	121
Falta orientações das chefias	134	122	33	30	123	112	125	132	143	121	122	132	28	33	44
Falta respeito ao trabalho de campo	75	34	36	12	3	11	56	96	121	87	65	54	34	75	22
Burocracia para Liberação de Áreas	75	133	122	123	32	123	142	123	133	122	121	120	98	0	10
Infra-estrutura para operações de campo	21	22	33	23	34	145	78	87	133	99	122	143	143	0	18
Falta responsabilidade dos profissionais	150	121	94	99	56	78	98	123	134	115	117	122	140	65	28
Sobrecarga de Trabalho (carga horária/responsab.)	150	56	44	22	87	88	98	88	76	89	47	11	47	0	14
Falta Manutenção de Equipamentos	67	83	45	44	22	44	77	89	150	146	147	123	121	150	122
Falta qualidade nas tarefas de campo	90	45	44	35	67	89	76	55	43	17	88	45	32	79	129

Para obter um *ranking* dos aspectos que mais afetam os padrões de segurança, na opinião dos trabalhadores, construiu-se a tabela 18, aplicando, aos valores contidos nas células da tabela 14, a seguinte fórmula:

$$\mathbf{GI = 1 - (x / d) \quad (7)}$$

Onde:

GI representa o grau de insatisfação do profissional com relação ao item de demanda, identificada na fase de aplicação dos questionários.

x é a medida, em mm, entre a distância da âncora esquerda (escala de respostas das perguntas) e o ponto de marcação feita pelo trabalhador.

d é o comprimento da escala de 150 mm.

Assim, um profissional que tenha feito uma marcação, para um dado item, à 150 mm de distância da âncora esquerda, demonstraria um grau de satisfação de 100%. Então, o GI (grau de insatisfação) seria:

$$GI = 1 - (150 / 150) = 1 - 1 = 0, \text{ ou seja } 0\% \text{ de insatisfação.}$$

Já para um profissional que optasse por fazer a marcação sobre a âncora esquerda, o GI seria:

$$GI = 1 - (0 / 150) = 1 - 0 = 1, \text{ ou seja } 100\% \text{ de insatisfação.}$$

A tabela 17, apresentada a seguir, mostra os resultados obtidos com a aplicação da fórmula 10.

Tabela 14 - Grau de Insatisfação dos Trabalhadores (Aspectos de afetam os Padrões de Segurança em Radiografia Industrial)

Extratos > lhadores Entrevistados >	1				2				3					4		GI
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
Cooperação de Colegas	0,97	0,85	0,77	0,41	0,48	0,77	0,86	0,85	0,70	0,55	0,41	0,79	0,79	0,77	0,85	0,72
Atraso de Salários	0,64	0,79	0,77	0,71	0,55	0,48	0,41	0,86	0,85	0,77	0,70	0,55	0,55	0,41	0,86	0,66
Turno de Trabalho	0,58	0,48	0,35	0,34	0,63	0,48	0,79	0,78	0,92	0,41	0,64	0,70	0,71	0,71	0,01	0,57
Falta Treinamento de Pessoal	0,56	0,13	0,57	0,19	0,11	0,19	0,19	0,27	0,28	0,87	0,11	0,07	0,09	0,50	0,35	0,30
Estrutura Departamentalizada da Empresa	0,92	0,97	0,85	0,77	0,97	0,85	0,85	0,92	0,92	0,92	0,77	0,93	0,85	0,35	0,31	0,81
Baixa Produtividade	0,78	0,55	0,48	0,63	0,78	0,79	0,79	0,70	0,58	0,86	0,86	0,55	0,49	1,00	0,87	0,71
Equipamentos obsoletos	0,84	0,64	0,77	0,59	0,85	0,49	0,92	0,77	0,63	0,17	0,12	0,25	0,19	0,50	0,87	0,57
Falta competência administrativa/profissional	0,85	0,83	0,63	0,71	0,85	0,78	0,70	0,55	0,49	0,57	0,71	0,85	0,78	0,37	0,35	0,67
Risco da radiação à saúde	0,92	0,18	0,77	0,26	0,25	0,77	0,55	0,48	0,41	0,41	0,19	0,92	0,19	0,70	0,55	0,50
Contratos Comerciais com problemas	0,92	0,69	0,48	0,64	0,77	0,85	0,71	0,95	0,95	0,99	1,00	1,00	0,79	1,00	1,00	0,85
falta qualificação dos profissionais	0,03	0,55	0,41	0,53	0,85	0,04	0,05	0,86	0,00	0,00	0,05	0,12	0,18	1,00	0,19	0,32
Falta orientações das chefias	0,11	0,19	0,78	0,80	0,18	0,25	0,17	0,12	0,05	0,19	0,19	0,12	0,81	0,78	0,71	0,36
Falta respeito ao trabalho de campo	0,50	0,77	0,76	0,92	0,98	0,93	0,63	0,36	0,19	0,42	0,57	0,64	0,77	0,50	0,85	0,65
Burocracia de campo	0,50	0,11	0,19	0,18	0,79	0,18	0,05	0,18	0,11	0,19	0,19	0,20	0,35	1,00	0,93	0,34
Infra-estrutura para operações de campo	0,86	0,85	0,78	0,85	0,77	0,03	0,48	0,42	0,11	0,34	0,19	0,05	0,05	1,00	0,88	0,51
Falta responsabilidade dos profissionais	0,00	0,19	0,37	0,34	0,63	0,48	0,35	0,18	0,11	0,23	0,22	0,19	0,07	0,57	0,81	0,32
Sobrecarga de Trabalho (carga horária/responsab.)	0,00	0,63	0,71	0,85	0,42	0,41	0,35	0,41	0,49	0,41	0,69	0,93	0,69	1,00	0,91	0,59
Falta Manutenção de Equipamentos	0,55	0,45	0,70	0,71	0,85	0,71	0,49	0,41	0,00	0,03	0,02	0,18	0,19	0,00	0,19	0,36
Falta qualidade nas tarefas de campo	0,40	0,70	0,71	0,77	0,55	0,41	0,49	0,63	0,71	0,89	0,41	0,70	0,79	0,47	0,14	0,58

A coluna GI_F , da tabela 18, representa a média do grau de insatisfação dos trabalhadores de radiografia, para cada aspecto, em valores absolutos, obtidos pela fórmula:

$$\mathbf{GI}_T = \Sigma \mathbf{GI} / \mathbf{N} \quad (8)$$

Onde N é o número de respondentes dos questionários.

Para que fosse possível obter o *ranking* final dos aspectos que, na opinião dos trabalhadores, afetam os padrões de segurança em radiografia, construiu-se a tabela 19, cuja coluna GIT (grau de insatisfação final), representa o produto entre os valores de \mathbf{FM}_T e \mathbf{GI}_T .

Tabela 15 – Ranking dos Aspectos que afetam os Padrões de Segurança em Radiografia Industrial, na Opinião dos Trabalhadores

Aspectos de afetam dos Padrões de Segurança	FM	GI	GIT
1.Atraso de Salários	4,41	0,66	2,91
2.Cooperação de Colegas	3,63	0,72	2,61
3.Turno de Trabalho	1,37	0,57	0,78
4.Baixa Produtividade	1,09	0,71	0,78
5.Falta Treinamento de Pessoal	2,50	0,30	0,74
6.Equipamentos obsoletos	0,95	0,57	0,54
7.Falta competência administrativa/profissional	0,70	0,67	0,47
8.Risco da radiação à saúde	0,77	0,50	0,39
9.Falta qualificação dos profissionais	0,92	0,32	0,30
10.Falta orientações das chefias	0,79	0,36	0,29
11.Estrutura Departamentalizada da Empresa	0,34	0,81	0,28
12.Burocracia de campo	0,58	0,34	0,20
13.Contratos Comerciais com problemas	0,20	0,85	0,17
14.Falta respeito ao trabalho de campo	0,20	0,65	0,13
15.Infra-estrutura para operações de campo	0,20	0,51	0,10
16.Falta responsabilidade dos profissionais	0,31	0,32	0,10
17.Sobrecarga de Trabalho (carga horária/responsab.)	0,14	0,59	0,08
18.Falta qualidade nas tarefas de campo	0,09	0,58	0,05
19.Falta Manutenção de Equipamentos	0,08	0,36	0,03

Com os dados obtidos pelas tabelas 3,4 e 5, subseção “Irregularidades em Radiografia Industrial” e com as informações da tabela 16, deu-se início à análise dos aspectos que afetam os padrões de segurança, na opinião dos trabalhadores.

5.3 Análise dos Aspectos de afetam os Padrões de Segurança, na Opinião dos Trabalhadores.

Os valores contidos nas células da tabela 18, coluna GIT, fornecem a pontuação de cada aspecto que, na opinião dos trabalhadores, afetam os padrões de segurança em radiografia industrial. O item mais pontuado foi o problema de atraso de salários.

5.3.1 Atraso de Salários

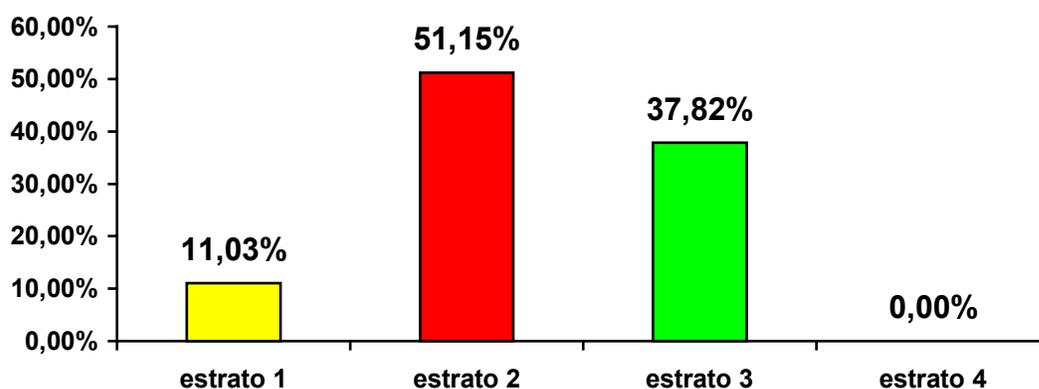


Figura 20 - Itens de Demanda (Atraso de Salários)

O atraso de salário parece refletir mais negativamente junto aos funcionários categorizados nos estratos 2 e 3, figura 31. Juntos, esses estratos totalizam 88,97% de contribuição – margem bastante significativa.

Segundo a afirmação de muitos profissionais, durante as entrevistas, o problema dos atrasos de salários em radiografia industrial, tem sido uma constante nos últimos tempos, ocasionando clima de desconfiança e insegurança junto aos trabalhadores expostos ocupacionalmente à radiação. Isso porque, segundo eles, atrasos de até três meses no recebimento dos salários provocam um grande preocupação com o sustento da família e em atender os compromissos pessoais.

Percebe-se, assim, que os trabalhadores passam a perceber seus direitos e reivindicá-los com muita frequência. O clima de insatisfação parece aumentar, à medida em que suas chefias começam a cobrar os resultados do serviço. Talvez, por um setor não apresentar uma sinergia e uma sistemática de troca de informações, passam a cobrar, do pessoal de campo, produtividade, sem mesmo saber se receberam os salários do mês! Em termos de segurança, os profissionais começam a relaxar bastante, pois muitos procedimentos de controle e de segurança, durante as operações, deixam de ser executados, ou ainda, passam a ser parcialmente realizados.

O atraso de salários em radiografia industrial ocorre por dois aspectos básicos:

Primeiro, porque a atividade, dependendo da estratégia de mercado, pode ser sazonal, ou seja, há períodos no ano em que o volume de vendas cai vertiginosamente – normalmente nos meses de outubro a fevereiro. Em outros, há um incremento bastante significativo no faturamento. Assim, a captação dos recursos necessários para conduzir o negócio, advém de fontes sazonais. O segundo aspecto parece estar relacionado à forma com que as empresas vêm administrando a parte financeira. Recursos que poderiam ser aplicados em inovações e no pagamento da infraestrutura básica para operação, incluindo os recursos humanos, passam a ser direcionados, para outras finalidades. Ao que tudo indica, a forma de análise e controle dos custos parece ser o aspecto mais afetado. Os custos são tratados dentro da lógica de eliminar o que for possível em épocas de “vacas magras”. Assim, profissionais experientes e competentes podem ser facilmente substituídos por outros com menos experiência e qualificação. Profissionais “ociosos” durante períodos de queda financeira não são remodelados dentro do quadro de pessoal. Fica fácil, então, entender porque uma empresa de radiografia, por exemplo, pode operar com uma equipe incompleta, segundo padrões estabelecidos pela CNEN. Com isso, os aspectos como qualidade no atendimento dos clientes e, principalmente, de segurança durante os trabalhos, pode cair significativamente.

Para os profissionais que ficam na empresa, resta apenas submeter-se a situações em que trabalham diariamente, sem receber seus salários no mês correspondente. Na verdade, não é comum a adoção de políticas para área de pessoal. Muitos profissionais persistem em se manter na atividade, talvez por falta de opções ou mesmo por acomodação. Somado a isso, a atividade de radiografia requer, do profissional, um envolvimento integral dificultando a busca de novas opções de trabalho, enquanto estiverem operando em radiografia.

O segundo aspecto apontado pelos profissionais como negativo é a cooperação de colegas, durante as operações de campo.

5.3.2 Cooperação dos Colegas

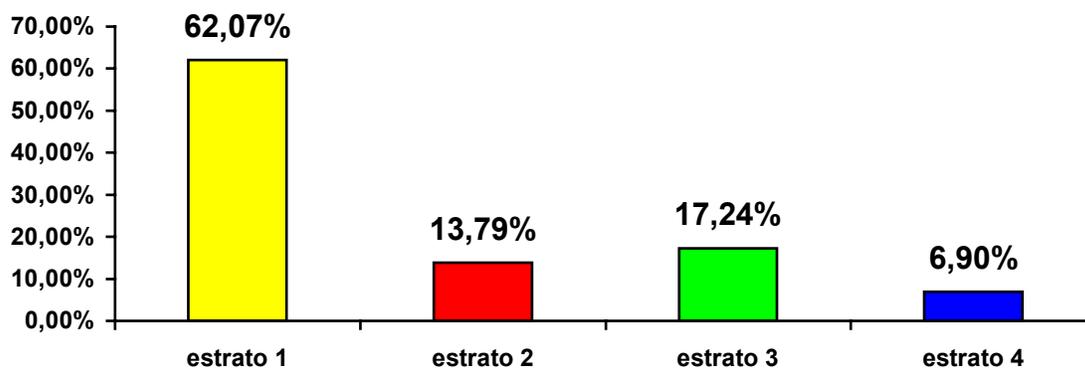


Figura 21 - Itens de demanda ergonômica - Cooperação de colegas

Observa-se, de uma maneira geral, que todos os estratos apontam este aspecto como negativo na atividade, afetando a segurança dos trabalhadores. O estrato 1, que corresponde a profissionais entre 18 a 25 anos com menos de um ano de experiência na atividade, destaca-se com 62,07% de contribuição.

A “cooperação de colegas” pode ser entendida de duas formas. Muitos profissionais, em função das dificuldades encontradas durante as operações com fontes radioativas, e pela falta de apoio das áreas administrativas das empresas, acabam desmotivando-se para o trabalho. Esta desmotivação tende a ocorrer em funcionários mais jovens. Se for considerado, na figura 32, a soma dos percentuais de contribuição para pontuação final (FM_T) entre os estratos 1 e 2 (faixa etária entre 18 a 25 anos) com a soma dos percentuais de contribuição dos estratos 3 e 4 (faixa etária igual ou superior a 25 anos) constata-se essa relação.

Muitos profissionais mais antigos, em função da situação difícil e da falta de apoio das áreas administrativas da empresa, tendem a trabalhar passivamente, sem manifestar motivação para o trabalho. Já para profissionais mais jovens, as dificuldades encontradas parecem funcionar

como algo desafiador. Contudo, é perceptível, também, que a motivação para o trabalho tende a diminuir, à medida que o profissional vai conhecendo melhor a atividade.

O apoio de chefias e do pessoal administrativo, frequentemente questionado pelos trabalhadores, também pode ser considerado neste aspecto, pois os profissionais, principalmente aqueles com menos idade, não entendem porque as operações de campo não têm o apoio necessário da parte administrativa da empresa, já que em muitos discursos, as chefias enfatizam serem estas operações as principais etapas dos serviços de radiografia. Isso pode estar relacionado com as características do próprio modelo organizacional adotado pela maioria das empresas de radiografia. Fala-se muito sobre questões relacionadas à qualidade dos serviços, sobre a valorização dos seus profissionais, porém, na prática, a condução desses temas é bem diferente.

5.3.3 Turno de Trabalho

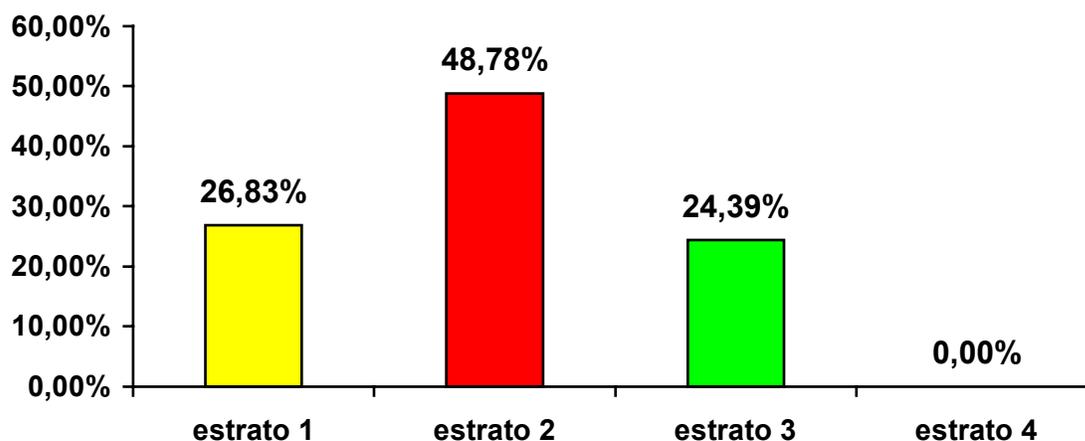


Figura 22 - Itens de Demanda (Turno de Trabalho)

Como já caracterizado anteriormente, o turno de trabalho em radiografia industrial é variável. Podem trabalhar pela manhã, durante a tarde, à noite, ou ainda, durante a madrugada. Esta flexibilidade nos turnos de trabalho pode ser vista como uma das características da atividade, sendo muito difícil a padronização de turnos e horários de trabalho. Isso, porque a padronização de turno e horário de trabalho ocorre quando tem-se obras de longa duração e a negociação da

área de produção da empresa de radiografia com o cliente foi bem definida. Do contrário, não se consegue a padronização.

Outro aspecto bastante significativo é o próprio mercado de atuação das empresas de radiografia. Atualmente, o perfil dos clientes e características dos serviços sofreram significativas mudanças. Atualmente, no mercado, não tem-se grandes obras. Assim, os serviços são de pequena duração, pois o volume de radiografias solicitadas pelos clientes é pequena. Como os serviços de radiografia normalmente dependem da programação estabelecida pelo cliente, os horários podem ser os mais variados. Contudo, ainda a maior parte dos serviços ocorre à noite. Analisando os percentuais da figura 33, observa-se que o turno de trabalho é considerado como um aspecto que afeta a segurança, na maioria dos estratos de trabalhadores. Contudo, percebe-se que os profissionais entre 18 a 25 anos contribuem com cerca de 75% para que este aspecto seja considerado um item de demanda. Profissionais com mais de 25 anos contribuem apenas com cerca de 25%.

Ao que tudo indica, o turno de trabalho dos profissionais de radiografia torna-se ainda mais significativa a esses trabalhadores, quando, em muitas empresas, percebem falhas na negociação do horário de trabalho por parte da área de produção. Isso tende a ocorrer em função de inexperiência da pessoa que realiza esta tarefa. Um exemplo muito claro é quando os profissionais são escalados para o serviço e comunicados na última hora. Acompanhando, em muitas situações os serviços de programação, foi possível perceber que erros de programação são freqüentes. Em situações como essa, o profissional que já agendou compromissos pessoais, tem que desfazê-lo na última hora para trabalhar. A segurança desse profissional e da própria equipe pode ficar comprometida, à medida em que este profissional sai para o trabalho, completamente desmotivado. Mesmo sabendo da responsabilidade em procurar executar as operações da forma mais segura possível, o profissional tende a ter o seu lado psicológico afetado.

5.3.4 Baixa Produtividade

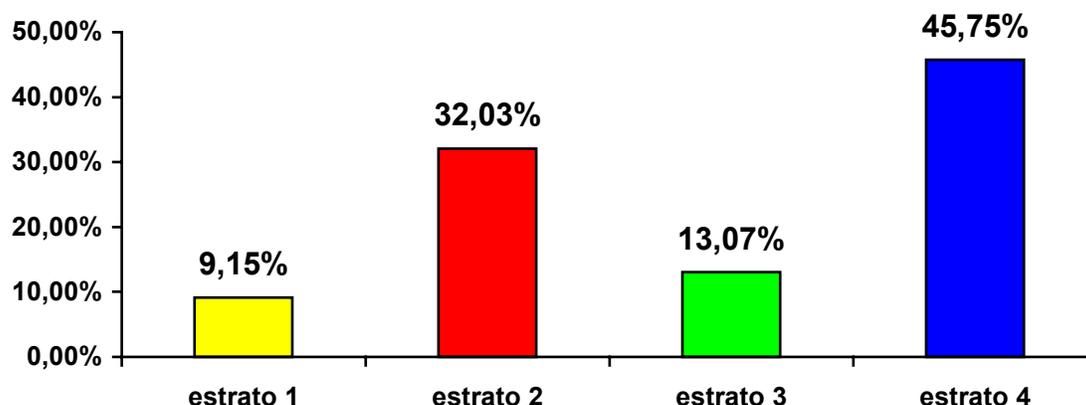


Figura 23 - Item de Demanda (Baixa Produtividade)

A figura 34 mostra que um dos aspectos que afetam os padrões de segurança em radiografia está relacionado à questão da produtividade das equipes. Na ocasião das entrevistas, foi solicitado esclarecimento sobre este aspecto apontado. Segundo depoimentos dos trabalhadores, a relação com a produtividade existe, à medida em que muitas equipes de radiografia, pela constante desmotivação e insatisfação com as condições de trabalho que lhes são oferecidas, acabam não realizando o número de radiografias previstas, alegando qualquer motivo para não fazê-la. Dessa forma, uma segunda equipe, que já concluiu sua jornada de trabalho, terá que concluir o trabalho da primeira. Assim, o número de horas de exposição dos integrantes da segunda equipe aumenta. Como a dose de radiação aumenta com o tempo de exposição, passam a receber doses a mais, em função da primeira equipe não ter concluído sua jornada. O aparecimento de riscos à saúde do trabalhador poderá ocorrer em excesso ou mesmo devido a um acidente radiológico provocado pelo cansaço dos integrantes da segunda equipe.

5.3.5 Falta Treinamento de Pessoal

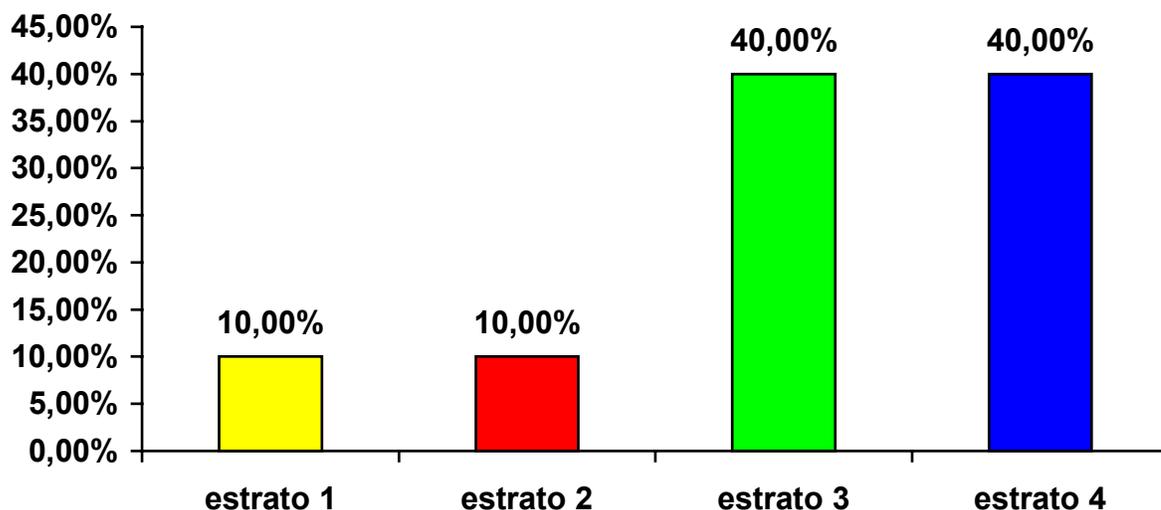


Figura 24 - Itens de Demanda (Falta de Treinamento de Pessoal)

Entre os aspectos que mais afetam os padrões de segurança radiológica, o treinamento de pessoal merece destaque. O treinamento a que os profissionais se referem é o treinamento na área de segurança radiológica, justamente o tipo de treinamento necessário e exigido pela CNEN. Qualquer profissional de radiografia industrial não tem autorização para operar com fontes de radiação, antes de receber um treinamento adequado em radioproteção. Este treinamento é de 80 horas, incluindo aspectos teóricos e práticos. Além disso, os profissionais devem ser periodicamente reciclados. Em função de problemas de relacionamento interdepartamental, políticas de RH e a visão das empresas com relação aos próprio negócio, é sabido que os treinamentos ou não são realizados, ou não são eficazes. Gera-se, com isso, um clima de insegurança durante as operações, pois muitos profissionais não se sentem aptos a operar com fontes de radiação.

Curiosamente, durante as entrevistas, profissionais com mais tempo de experiência na atividade, e teoricamente, mais preparados para o trabalho, demonstraram mais preocupação com relação a falta de treinamentos. Eles não se sentem seguros em operar com fontes de radiação, mesmo com o tempo de experiência acumulado na atividade. Já profissionais com

menos tempo de experiência, não manifestaram tanta preocupação com relação aos treinamentos.

Possivelmente isso ocorra porque, além de terem tido treinamentos mais recentes, muitos deles não chegaram, durante o tempo de operação na atividade, a enfrentar situações de emergência com fontes de radiação. Com certeza percebem o risco associado à atividade, porém ainda não percebem a problemática dos acidentes como algo possível de ocorrer.

Os dados da figura 35 demonstra claramente este quadro. Analisando os percentuais apresentados nos estratos, observa-se uma tendência ao aumento da preocupação com a falta de treinamento, à medida em que a faixa etária aumenta (comparando os estratos 1 e 3 ou estratos 2 e 4). Da mesma forma, a falta de treinamento tende a aumentar, com o tempo de experiência do profissional na atividade (considerando-se a soma dos estratos 1 e 2 e a soma dos estratos 3 e 4).

5.3.6 Equipamentos Obsoletos

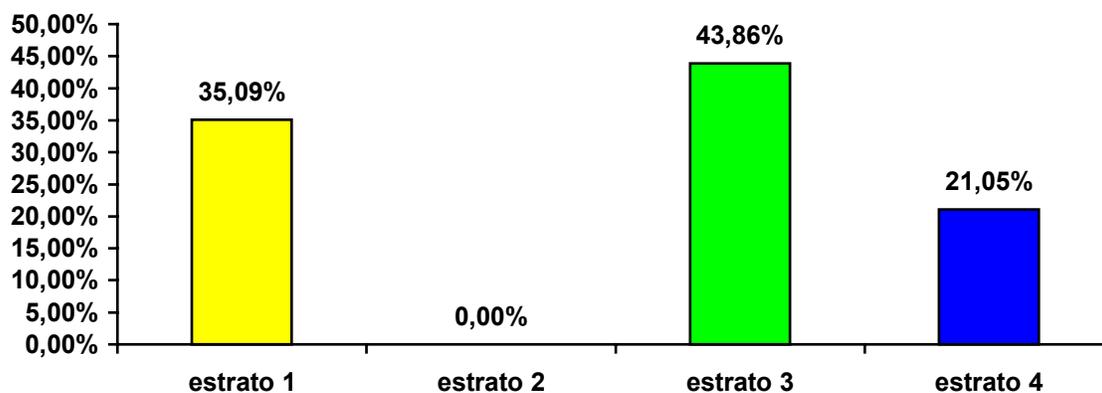


Figura 25 - Itens de Demanda (equipamentos obsoletos)

Os equipamentos obsoletos têm sido um dos grandes problemas da atividade de radiografia industrial. Além de influenciar negativamente na produtividade das equipes, ocasiona sérios riscos de acidentes com trabalhadores, durante as operações com fontes de radiação. Pelos dados da figura 36, é possível observar que a preocupação com os equipamentos obsoletos utilizados em radiografia é maior entre os profissionais com faixa etária superior aos 25 anos, com cerca de 70% de contribuição para o total de pontos desse item de demanda. Porém,

quando se considera o tempo de experiência como critério, profissionais menos experientes na atividade tendem a ter mais preocupação com relação a este item de demanda ergonômica. Isso, porque, na maioria das empresas, os profissionais com menos experiência tendem a executar, durante a jornada de trabalho, tarefas ligadas diretamente à fonte de radiação. Além disso, operações de exposição e recolhimento da fonte de radiação são consideradas, entre os integrantes da equipe, como tarefas não muito nobres. Assim, não é difícil entender o porque da queda no percentual de contribuição quando se compara o estrato 1 e 2 ou, ainda, os estratos 3 e 4 da figura 36.

5.3.7 Falta Competência Administrativa

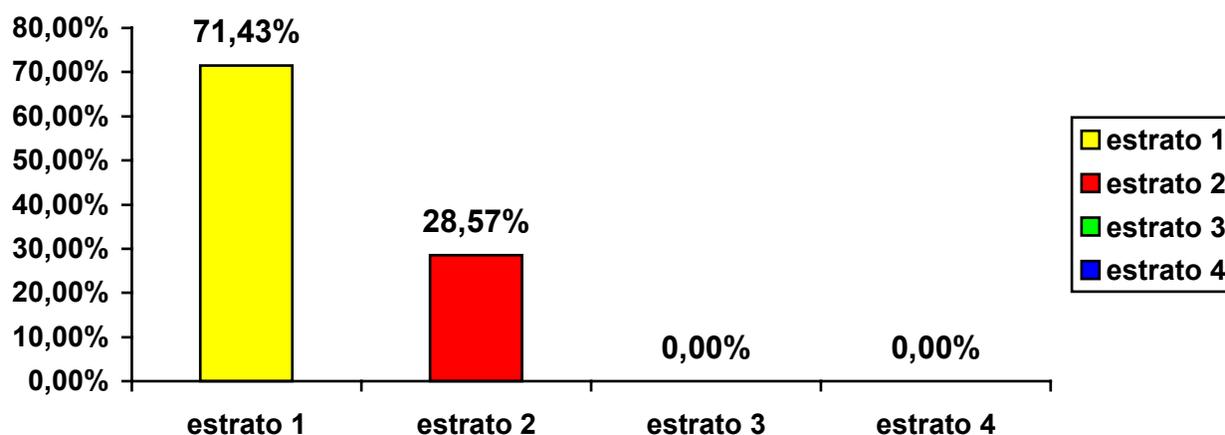


Figura 26 - Itens de Demanda (Falta Competência Administrativa / Profissional)

Além da estrutura departamentalizada, apontada pelos trabalhadores como aspecto que afeta os padrões de segurança em radiografia, a competência administrativa e profissional das pessoas que gerenciam as empresas de radiografia, também é questionada por esses profissionais. A figura 43 nos revela que a competência administrativa e profissional é mais questionada pelos profissionais mais jovens e com menos tempo de experiência na atividade. Muitos problemas administrativos enfrentados pelas empresas de radiografia, refletem direta e significativamente sobre as condições dos trabalhadores.

5.3.8 Risco da Radiação à Saúde

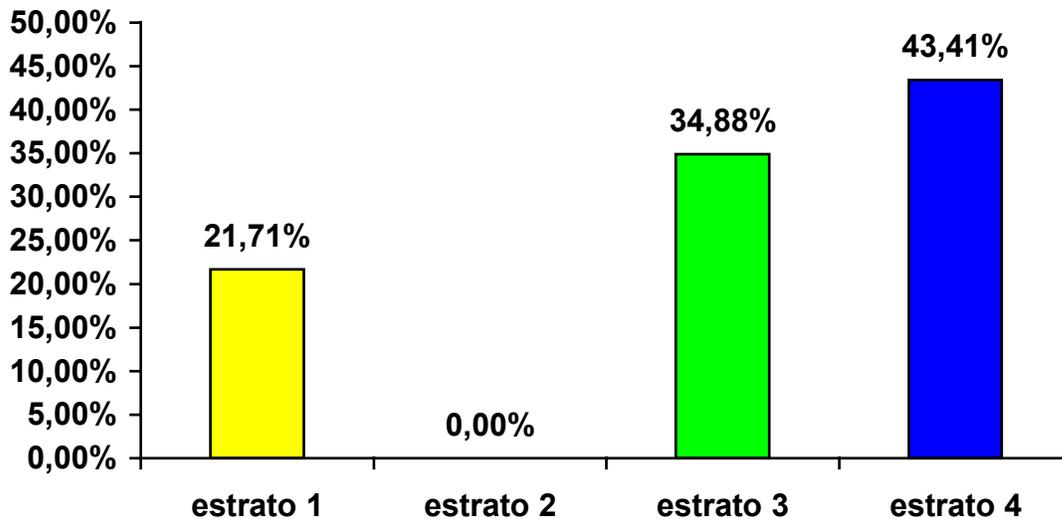


Figura 27 - Itens de Demanda (risco da radiação à saúde)

Os percentuais de contribuição para o total de pontos desse item de demanda, quando considera-se os estratos 3 e 4 da figura 38, somam 78%, percentual esse extremamente representativo. Já os profissionais dos estratos 1 e 2, profissionais mais jovens contribuem com apenas 22%. Percebe-se uma tendência dos profissionais mais velhos, e com mais tempo de experiência na atividade, preocuparem-se mais com os aspectos relacionados à segurança durante as operações com fontes de radiação. Isso talvez porque muitos desses profissionais presenciaram ou, ainda, participaram de acidentes radiológicos. Já os mais jovens e com menos tempo de experiência, tendem a encarar a prática com fontes de radiação, como algo novo e desafiador.

5.3.9 Falta Qualificação dos Profissionais

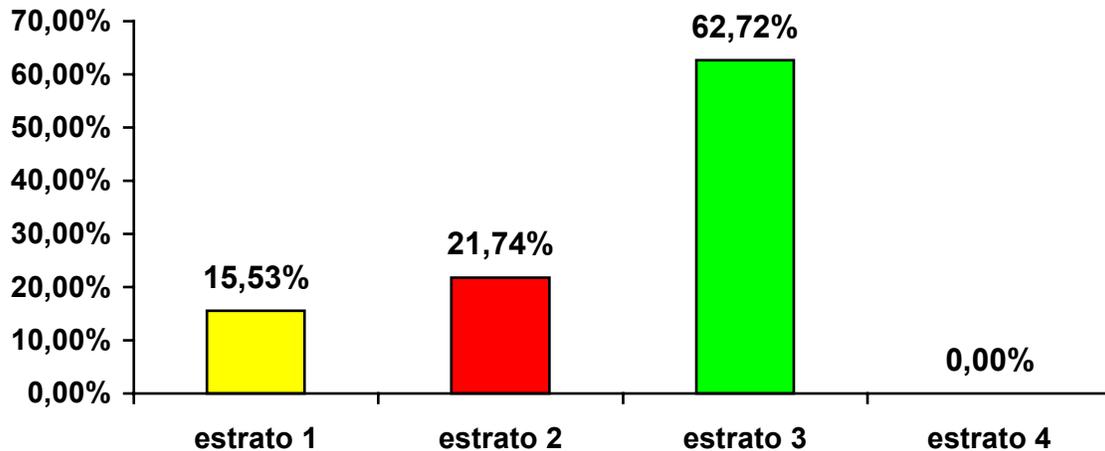


Figura 28 - Itens de Demanda (falta qualificação dos profissionais)

A falta de qualificação de profissionais é uma reivindicação da maioria do pessoal de campo. A figura 45 mostra que os profissionais que mais contribuem para este aspecto de demanda, foram os trabalhadores com mais de 25 anos e com mais de um ano de experiência na atividade, com 62,72%. A falta de qualificação de profissionais, além de não atender os requisitos normativos da CNEN, traz sérios riscos de acidentes radiológicos. O problema da qualificação, hoje, está relacionado à dificuldade das empresas em treinar os profissionais de radiografia. Além disso, problemas de adequação do cronograma de profissionais em vias de se qualificar, com as datas oficiais da Comissão Nacional de Energia Nuclear, parece atrasar muitos processos de qualificação.

5.3.10 Falta Orientação das Chefias

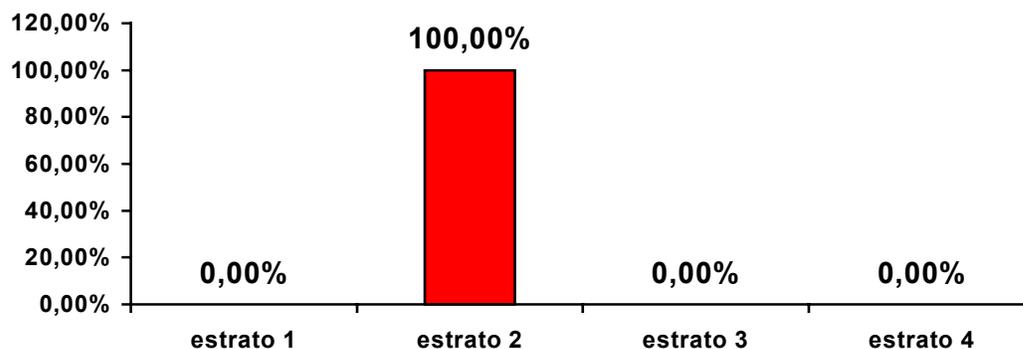


Figura 29 - Itens de Demanda (Falta Orientação das Chefias)

O problema das orientações fornecidas aos trabalhadores pelas chefias (figura 40) decorre principalmente da forma com que as empresas de radiografia se organizam. Assim, a área de segurança radiológica, por exemplo, pode orientar os profissionais a adotar um certo procedimento de segurança radiológica, visto o risco de um acidente radiológico. Em contrapartida, por problemas de produção, o chefe dessa área poderá orientar os mesmos profissionais a proceder de outra forma. Assim, os profissionais ficam sem uma orientação adequada para o trabalho. Na maioria das vezes, a decisão acaba sendo feita pela própria equipe, sem o conhecimento de uma de suas chefias. O profissional tem que analisar os aspectos que estão em jogo na situação. Como tem que produzir para pagar seu próprio trabalho (filosofia estabelecidas por muitas empresas), acabam acatando a ordem da área de produção. Apesar do problema ter sido evidenciado pela opinião de profissionais entre 18 a 25 anos e com mais de um ano de experiência na atividade, pela experiência vivenciada na área, posso concluir que o problema afeta qualquer um dos estratos de trabalhadores.

5.3.11 Estrutura Departamentalizada

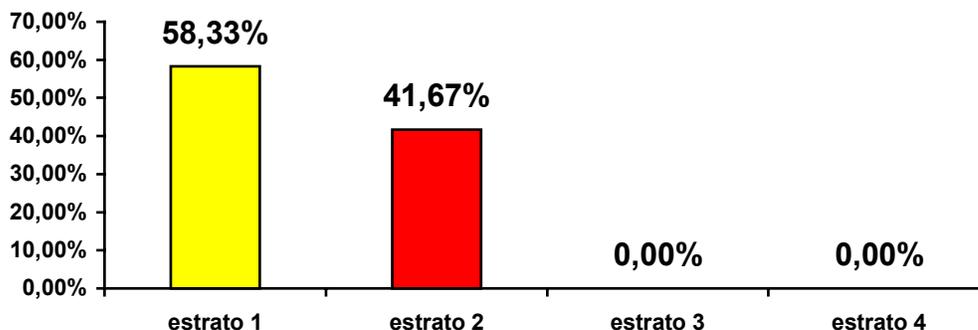


Figura 30 Itens de Demanda (Estrutura Departamentalizada da Empresa)

As empresas de radiografia apresentam-se com características tipicamente departamentalizadas, segundo a opinião dos profissionais pertencentes aos estratos 1 e 2. Contudo, na opinião dos profissionais do estrato 3 e 4, isso não afeta a segurança durante a operação com fonte de radiação (figura 41). Levando-se em consideração a soma dos estratos 1 e 2, tem-se 100% de contribuição. Porém, o estrato 1 se destaca por apresentar um número maior de opiniões. Como pode-se observar, os resultados mostraram que não há unanimidade por parte dos profissionais pesquisados, quanto a departamentalização afetar as condições de segurança. Talvez porque os profissionais do estrato 3 e 4 já estejam acostumados com o sistema de funcionamento de muitas empresas e, talvez de maneira inconsciente, passam acreditar que soluções para os problemas decorrentes da departamentalização não existam.

A estrutura departamentalizada tende a prejudicar o profissional em operação, na medida em que influência na forma de gerenciamento dos serviços, trazendo dificuldades como atraso no repasse de recursos ao pessoal de campo, ocasionando atraso na programação dos serviços. Do outro lado tem-se o cliente, que contratou a empresa de radiografia para fazer o serviço e não tem nada a ver com problemas internos da prestadora do serviço. Havendo atrasos, a equipe deverá dobrar a jornada de trabalho para que a realização dos serviços seja concluída.

Um exemplo muito comum da influência da departamentalização é a manutenção de irradiadores. Por dificuldades de controle e planejamento, em muitas empresas as fontes de

radiação (onde se incluem os irradiadores) operam com problemas. Em situações extremas, em que sem a manutenção requerida, o equipamento não funciona, a substituição do equipamento que estava em operação, ou ainda, uma manutenção ágil e definitiva é necessária. Contudo, a solução do problema poderá levar dois ou três meses, se a área financeira, por exemplo, não considerar esta demanda, como urgente. Se o responsável pela área financeira não estiver na empresa, ou estiver de licença, o problema somente poderá ser resolvido após o seu retorno à empresa.

5.3.12 Burocracia para Liberação de Áreas

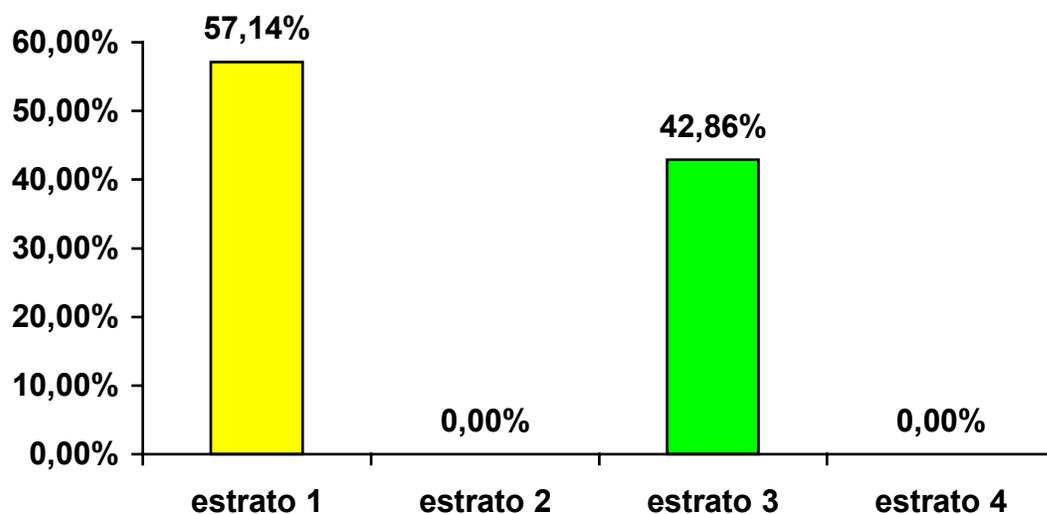


Figura 31 - Itens de Demanda (Burocracia para Liberação de Áreas)

Na figura 42, observa-se que o estrato 1 contribui com 57,44% e o estrato 3, com 42,86%. Em ambos os estratos, os profissionais possuem menos de um ano de experiência na atividade. Os profissionais dos estratos 2 e 4 não se manifestaram com relação a este item. Talvez isso tenha ocorrido em função de uma acomodação dos profissionais mais antigos na atividade.

A burocracia de campo está relacionada, basicamente, à dificuldade em liberar as áreas nos locais onde serão realizados os serviços. Ao que tudo indica, o sistema documental das empresas de radiografia são muito burocratizadas, fazendo com que muitas informações tenham que ser registradas mais de uma vez em formulários diferentes. Assim, a área administrativa solicita uma certa informação, e no outro formulário, é necessário registrar a mesma informação para a área de produção. Isso ocorre porque as informações entre as áreas

não fluem. Como o tempo de produção é limitado e as informações solicitadas pelas áreas serão cobradas, os profissionais podem ignorar procedimentos de segurança relacionados ao uso da fonte de radiação. Isso faz com que a probabilidade da ocorrência dos acidentes aumente significativamente.

5.3.13 Contratos Comerciais com Problemas

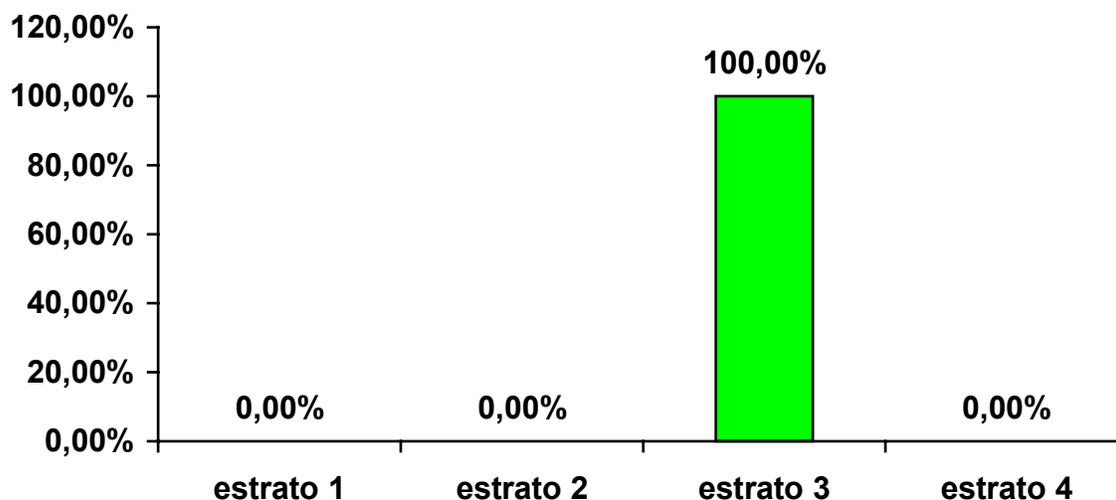


Figura 32 - Itens de Demanda (Contratos Comerciais com problemas)

Os contratos comerciais, em muitas obras, são repassados às equipes, para que possam ter ciência da produtividade a ser feita e providenciar a infra-estrutura de apoio e acomodações para os profissionais escalados para o serviço. O problema dos contratos comerciais tendem a surgir, principalmente em serviços distantes das sedes ou escritórios regionais. A figura 43 revela uma margem de contribuição de 100% do estrato 3. Contudo, em conversas informais, entre os trabalhadores, percebe-se que de uma forma ou outra, o problema dos contratos comerciais fechados com muitos clientes, é uma das pautas das discussões.

5.3.14 Falta Respeito às Atividade de Campo

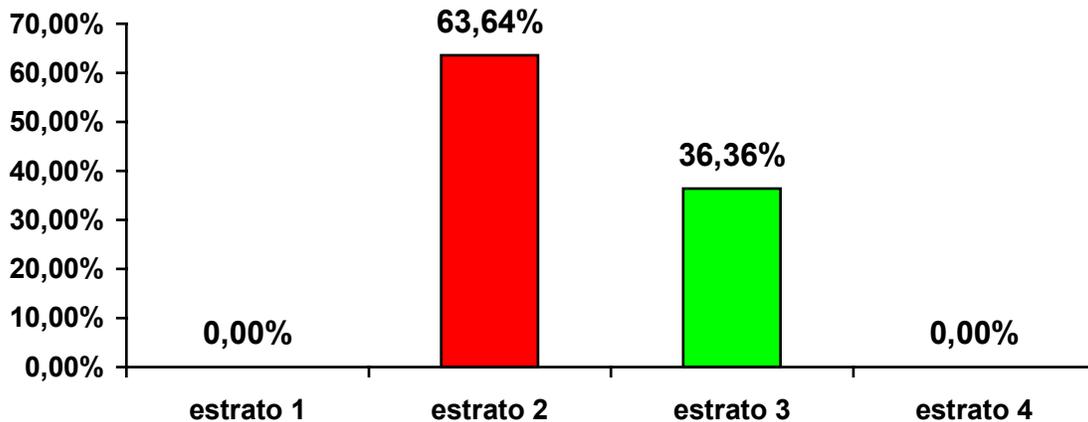


Figura 33 - Itens de Demanda (Falta respeito ao trabalho de campo)

A “falta de respeito ao trabalho de campo”, figura 44, é apontado por trabalhadores categorizados dos estratos 2 e 3, totalizando 100% de contribuição para este item de demanda. Os profissionais do estrato 1 e 4 não se manifestaram com relação a este item de demanda.

Pelos comentários dos profissionais pesquisados, a “falta de respeito ao trabalho de campo” está relacionada à dificuldade dos colegas, que trabalham em funções administrativas e chefias, em perceber as condições de trabalho enfrentadas pelo pessoal de radiografia industrial. Segundo depoimentos, as chefias, ao planejarem as operações, não levam em consideração uma série de questões e requisitos necessários para o trabalho, trazendo problemas durante as operações. Além disso, as chefias cobram resultados de produtividade das equipes, difíceis de serem alcançadas, pois as condições de infra-estrutura que a empresa oferece são limitadas. Ao que tudo indica, a pressão exercida sobre esses profissionais, faz com que os trabalhadores enfrentem um clima de tensão, pois acreditam que deverão desempenhar suas atribuições, buscando o resultado desejado pelas chefias, a qualquer preço. Assim, muitos dos procedimentos e cuidados básicos passam a ficar em segundo plano, contribuindo assim, para o aumento do risco de acidentes com fontes de radiação.

5.3.15 Falta Infra Estrutura para Operações de Campo

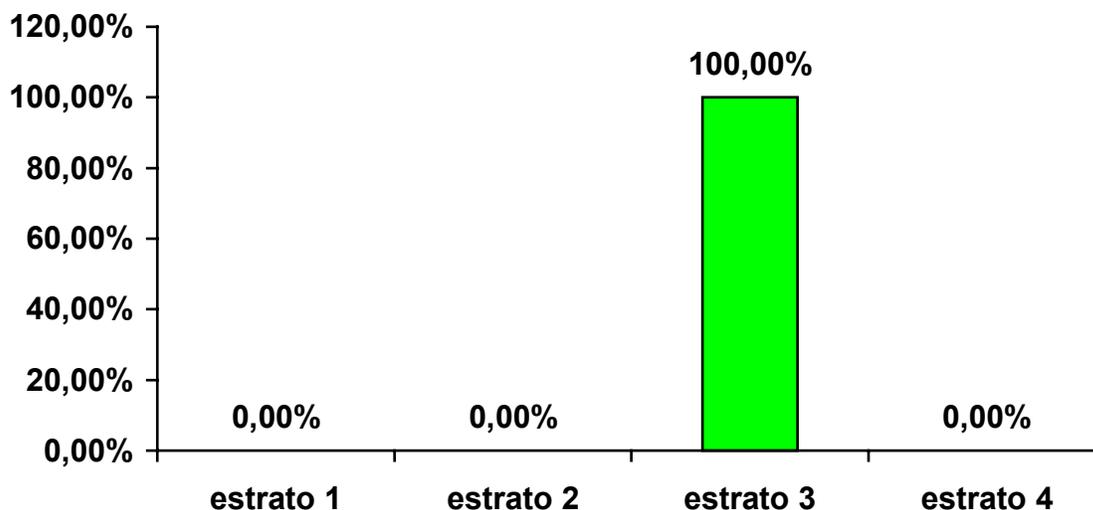


Figura 34 - Itens de Demanda (Infra-estrutura para operações de campo)

A figura 45 mostra que o problema da falta de infra estrutura para as operações de campo é apontado por profissionais na faixa etária acima de 25 anos e com mais de um ano de experiência. Pelas evidências obtidas ao longo de 12 anos de convivência na atividade e com o pessoal de operação, posso dizer que os percentuais de contribuição para a pontuação do item “falta de infra estrutura para operações de campo” obtidas na pesquisa, estão um pouco distorcidos, visto que a reivindicação por melhores condições durante as operações de campo tem sido uma constante entre os profissionais de radiografia, independente da faixa etária ou tempo de experiência na atividade.

5.3.16 Responsabilidade dos Profissionais

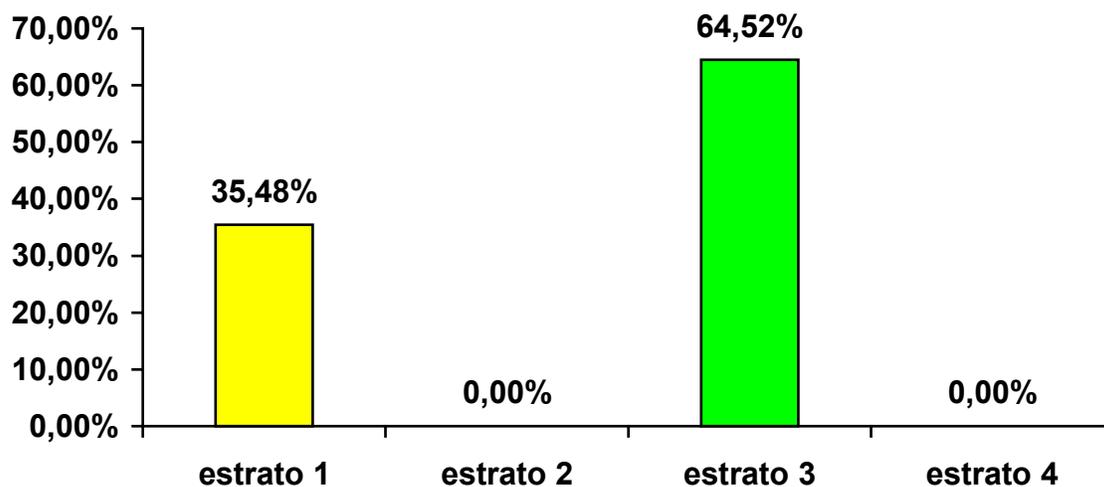


Figura 35 - Itens de Demanda (falta responsabilidade dos profissionais)

Pode-se entender os dados da figura 46, como uma observação dos profissionais com menos tempo de experiência na atividade, com relação à forma com que as tarefas atribuídas às equipes de radiografia vêm sendo praticadas. Muitos procedimentos de segurança sendo ignorados, descaso durante as operações com fontes de radiação, entre outros. Isso pode ser consequência da desmotivação da maioria dos profissionais que hoje atuam em radiografia, face às condições de trabalho que enfrentam.

5.3.17 Sobrecarga de Trabalho

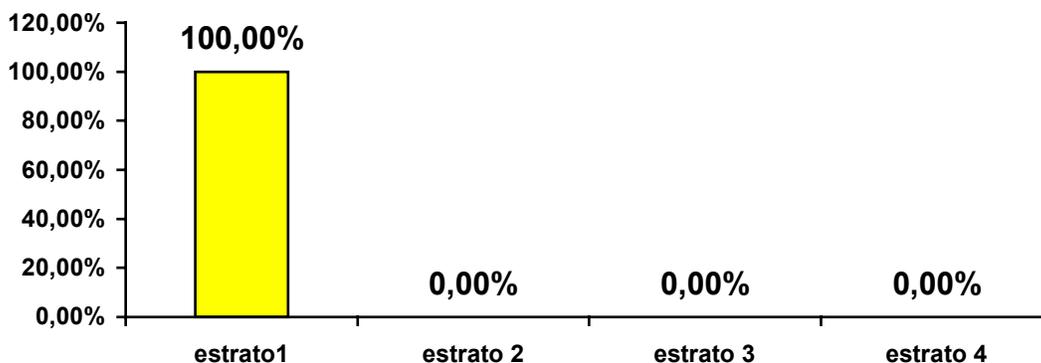


Figura 36 - Itens de Demanda (sobrecarga de trabalho)

A sobrecarga de trabalho em radiografia, apresentada na figura 47, se dá, basicamente, de duas formas: em função da quantidade de tarefas a serem executadas, ou pelo grau de responsabilidade das tarefas que são realizadas.

As atividades executadas diariamente pelas equipes não se limitam às atividades ligadas diretamente à função para qual o profissional foi contratado. Existem outras atividades de apoio, que aparecem em função das características do serviço. Estas atividades vão desde uma simples manutenção dos equipamentos que serão utilizados (isso porque o controle da qualidade dos equipamentos, normalmente não funcionam), até mesmo participação em reuniões relacionadas à programação do serviço e negociação de infra-estrutura. O número de tarefas extras tende a aumentar, à medida em que os serviços são realizados em obras distantes dos escritórios das empresas. Retirada e envio de materiais e equipamentos para a sede das empresas de radiografia, é muito comum. O transporte de material radioativo, por exemplo, deve ser feito somente pela equipe de radiografia pois, por questões legais, pessoas não expostas ocupacionalmente à radiação não podem fazer este tipo de transporte. A menos que a empresa contrate e treine um motorista para realizar o transporte, a equipe deverá se responsabilizar por esta tarefa. O problema tende a agravar-se quando os serviços são distantes

do escritório regional, pois mesmo após uma jornada de oito horas trabalhando com o material radioativo, na maioria das vezes tem que viajar, em veículo próprio, 2 ou 3 horas para chegar na sede ou escritório da empresa. Assim, o risco de acidente rodoviário com o material radioativo tende a aumentar.

Em épocas de paradas de manutenção, em alguns clientes, o número de horas trabalhadas aumenta significativamente.

Outro aspecto a ser considerado é o grau de responsabilidade que o próprio serviço requer dos profissionais, pois praticamente todas as operações com fontes de radiação requer muita atenção por parte desses profissionais. Vale salientar que as condições de trabalho oferecidas pelas empresas aos profissionais, também influencia no estado físico e psicológico desses trabalhadores.

Percebe-se, pela figura 49, que o estrato 1, correspondendo a profissionais na faixa etária entre 18 a 25 anos e com menos de um ano de experiência na atividade, contribuem com 100% para que este item seja considerado como um dos itens que afetam a segurança dos profissionais, durante as operações de campo. Possivelmente isso ocorra em função de ainda não estarem bem habituados aos problemas enfrentados durante as operações de campo.

5.3.18 Falta de Qualidade das Tarefas Campo

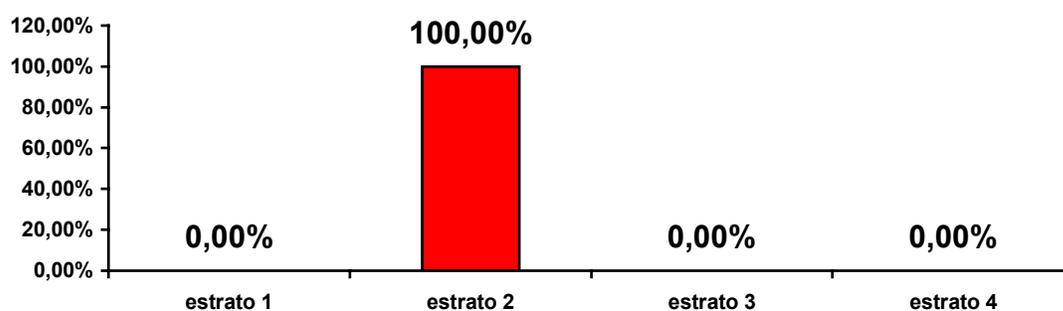


Figura 37 - Item de Demanda (Falta de Qualidade nas Tarefas de Campo)

A questão de falta de qualidade nas tarefas de campo (figura 48), a que os profissionais se referem, estão relacionadas aos procedimentos de segurança que devem ser realizados durante as operações com fontes de radiação. Segundo depoimentos, muitos profissionais de radiografia

não realizam os procedimentos de segurança necessários, alguns por problemas de desmotivação, outros por opção. Observa-se que o estrato 2 (profissionais entre 18 e 25 anos, com um ano ou mais de experiência na atividade) contribui com 100% para que este item fosse apontado como um aspecto negativo para a segurança. Pela experiência de 12 anos na atividade, e em auditorias de segurança, percebo que o problema da não realização de procedimentos de segurança é geral, ou seja, tende a ocorrer com todos os profissionais, sendo menos frequentes com profissionais categorizados no estrato 4.

5.3.19 Falta Manutenção em Equipamentos

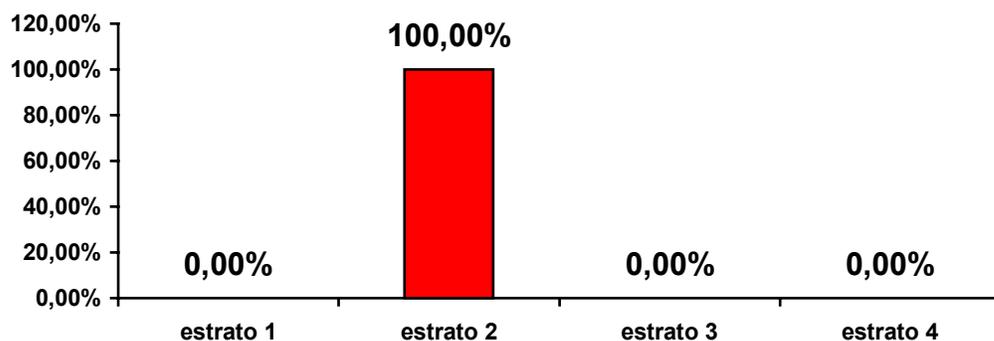


Figura 38 - Item de Demanda (Falta Manutenção em Equipamentos)

Observa-se pela figura 49, que o problema da falta de manutenção de equipamentos é mais evidenciado pelo estrato 2, ou seja, profissionais na faixa etária entre 18 a 25 anos e com um ano ou mais de experiência. Mas apesar desse aspecto ter sido apontado mais pelos profissionais do estrato 2, o problema afeta todos os estratos.

O problema da manutenção de equipamentos está relacionado à manutenção preventiva e corretiva em irradiadores. Não somente as manutenções, mas também as vistorias necessárias e exigidas por legislação da CNEN, tendem a não ser executadas, ou ainda, executados parcialmente. Isso, porque, a falta de política e investimentos em equipamentos, muito comum nas empresas de radiografia, além da necessidade de produzir o máximo possível para a capitalização das empresas, faz com que seja praticamente impossível retirar um irradiador contendo fontes radioativas de operação. Não sendo possível retirá-los de operação, os

irradiadores, funcionando parcialmente, passam a ser considerados um risco em potencial para à saúde do trabalhador, pois a acidente com radiação pode ocorrer a qualquer momento.

5.4 Discussão dos resultados do questionário

A atividade de radiografia industrial, hoje, contribui significativamente para o aumento de doses recebidas por trabalhadores que se expõem ocupacionalmente à radiação, ocasionando acidentes radiológicos que ameaçam a segurança e a saúde dos profissionais dessa área.

As irregularidades das tabelas 2,3 e 4, identificadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, em 1998, fornecem bons indicadores do desempenho das empresas de radiografia, com relação aos padrões de segurança e das condições de trabalho, oferecidos à operadores e responsáveis por instalação aberta.

Pelos relatos apresentados sobre os acidentes radiológicos (seção 4), e as respectivas conseqüências à saúde do trabalhadores, é possível afirmar que os padrões de segurança na atividade de radiografia industrial hoje, sofrem sérios problemas. Problemas cujas soluções nem sempre são obtidas, estabelecendo melhorias nas áreas de segurança radiológica das empresas. Focando a questão na esfera das organizações, percebe-se claramente aspectos ligados a problemas de gerenciamento global nas empresas, percebidas parcialmente pelos próprios profissionais que operam com as fontes de radiação.

Os dados apresentados na tabela 18, onde foram listados os principais aspectos que afetam os padrões de segurança em operações com fontes de radiação na opinião dos trabalhadores, revelam também a preocupação desses profissionais com a segurança durante as operações de campo, em serviços de radiografia industrial. Assim, será feito uma análise considerando os aspectos gerais dentro das empresas de radiografia industrial, focando a forma de gerenciamento dentro dessas empresas.

Para que seja possível discutir a questão, torna-se necessário, primeiramente, conhecer um pouco sobre como as empresas se organizam para o trabalho a atualmente. Então, qual seria o modelo organizacional típico das empresas de radiografia? De que forma esta forma de organização poderia estar afetando a segurança e a saúde desses profissionais?

Para que seja possível conhecer melhor as características das empresas de radiografia, será tomado como base os seis modelos organizacionais sugeridos por Gareth (1996).

Para este autor, existem basicamente seis formas de modelos organizacionais, com características bastante peculiares e interessantes. Segundo esse autor, a partir do estudo do modelo ou desenho organizacional das empresas, é possível identificar características gerais que fornecem fortes indícios de problemas e dificuldades dentro das empresas.

5.4.1 Modelos Organizacionais

O primeiro modelo de Gareth (1996) é a burocracia clássica, cuidadosamente esquematizada em departamentos funcionais, desde o topo pelo chefe executivo até várias estruturas, regras, regulamentos, descrições de trabalhos e controles. Este modelo é projetado para trabalhar como máquina, e opera com muita eficácia.

As burocracias, como máquinas, operam bem quando há funções estáveis a serem executadas, especialmente quando elas podem ser distribuídas em uma série de operações separadas e coordenadas do topo. Mas quando as tarefas de uma organização continuam mudando, a história é diferente. As mudanças criam fontes de problemas que ninguém é designado para resolver.

Os problemas assim traçam seu caminho na hierarquia e, eventualmente, caem na escrivaninha do chefe-executivo. Ele é logo sobrecarregado, e inicia uma troca para o Modelo 2, designando uma equipe de administração de topo. Coletivamente, eles lidam agora com os problemas e deixam a máquina burocrática abaixo (isto é, os departamentos funcionais) continuar com o trabalho rotineiro. A figura 50 mostra o desenho do modelo 1.

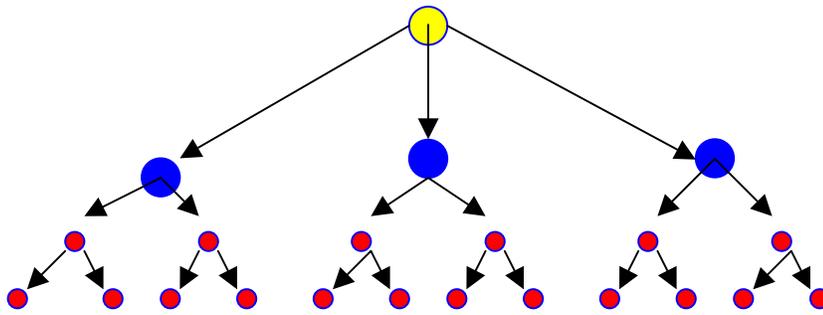


Figura 39 - Modelos Organizacionais : Modelo 1

O modelo 2 , representado na figura 56, funciona razoavelmente para lidar com uma quantidade moderada de mudanças. Mas se o passo acelera, a equipe do topo é sobrecarregada, com uma fonte de decisões operacionais e estratégicas exigindo atenção nas reuniões da equipe.

Gradualmente, ou como resultado de uma reesquematização organizacional específica, a mudança do Modelo 2 para o Modelo 3 é rápida. Comitês interdepartamentais ou equipes de projeto são estabelecidos dentro do corpo da própria organização. As reuniões de equipe, como no estereótipo, ficam ritualistas. Os membros participantes das reuniões normalmente são os representantes dos seus departamentos. Como tal, eles têm lealdades duplas – para com os chefes de seus departamentos, e para com a sua equipe. Mas uma vez que o poder real nas atividades do dia – a – dia e o progresso de carreiras estão com os chefes de departamentos, as equipes não desenvolvem nenhuma real influência. Membros normalmente sentem-se em reuniões de equipe como representante de departamentos em uma espécie de “fala e escuta “. Eles escutam o que está sendo dito, e expressa o ponto de vista do seu departamento. Se os problemas surgem na reunião, decisões são normalmente atrasadas até que os representantes tenham tido uma chance para informar e testar as reações do departamento. Se o assunto é realmente controverso, acaba sendo passado à equipe de topo, de uma forma que chefes de departamentos podem solucioná-los por si próprios.

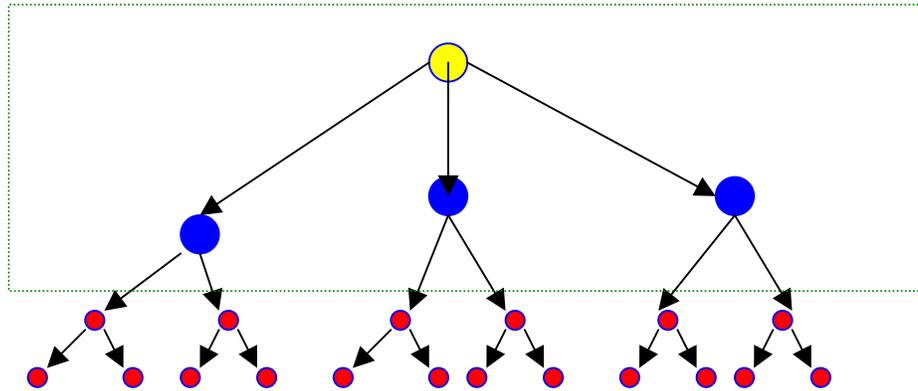


Figura 40 - Modelos Organizacionais - Modelo 2

O modelo 3, apresentado na figura 52, é uma organização caracterizada por pseudo-equipes que só são capazes de lidar com assuntos relativamente secundários. Em efeito, ainda quem rege é o modelo 2 (figura 51).

Todos estes três modelos são evidentes no estereótipo que, em efeito, passou pelos modelos 1 e 2. Ele tem muitos dos problemas. A falta de força e cultura cínica que se desenvolvem nas equipes de projeto são genéricas – compartilhadas por outras incontáveis organizações pegadas pela mesma armadilha burocrática. A estrutura da organização mudou, mas a cultura e política continuam firmemente fixadas no velho modelo.

Empresas podem fazer freqüentemente transações entre os modelos 1, 2 e 3. Mas o modelo 3 somente fica caracterizado quando os assuntos delegados às equipes são em pequeno número, requerendo consulta ao invés de ação, e permitem generosos espaços de tempo para produção de resultados.

No modelo 4 (figura 53), a organização de matriz é uma forma burocrática híbrida. Esta característica especial vem da decisão de dar mais ou menos prioridade a departamentos funcionais como o financeiro, o administrativo, o comercial, o de vendas, o de produção, e o P & D (as colunas da matriz), e para várias áreas de negócios ou produtos (as filas). Assim, as pessoas que trabalham nas várias equipes de produtos ou negócios dentro da organização têm um enfoque duplo. Eles têm que trabalhar com duas perspectivas em mente, combinando

habilidades funcionais e recursos com uma orientação dirigida pelas tarefas para as quais eles foram designados. A orientação dirigida pelas tarefas chaves para as quais eles foram designados. A orientação dupla significa que o poder burocrático típico de Modelos 1,2 e 3 é diluído, uma vez que os chefes dos principais projetos, ou grupos de projetos, podem ser tão importantes e poderosos quanto os chefes dos departamentos funcionais tradicionais. Desta maneira, os membros das equipes de projeto não são necessariamente tirados das linhas tradicionais de responsabilidade. Considerando que os chefes de projeto podem ter grande influência em recompensas e futuros caminhos de carreiras, real compromisso de equipe pode se desenvolver. Em exemplos prósperos de Modelo 4, as equipes de projeto tornam-se a força motriz atrás da inovação, provendo uma habilidade para a organização de mudar-se adaptar-se ao longo de desafios que emergem do ambiente.

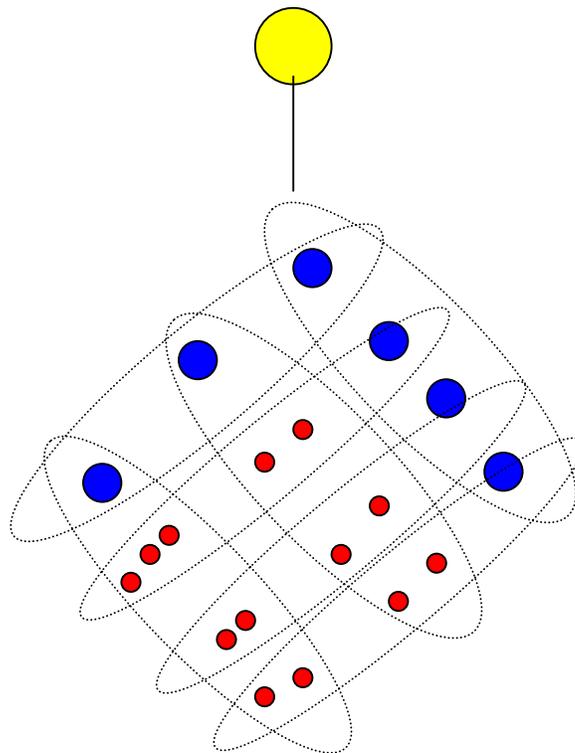


Figura 41 - Modelos Organizacionais Modelo 4

O modelo 5 (figura 54) é típico de pequenas e médias organizações que são altamente inovadoras. É construído com base em equipes. A influência de departamentos funcionais é minimizada. Pessoas são designadas para trabalhar em projetos específicos. Um ou dois projetos podem consumir maior energia de uma pessoa em um momento particular, mas ele ou ela também podem estar contribuindo a outros projetos. Como o trabalho em uma equipe de projeto diminui, o comprometimento em outra equipe aumenta. O progresso da carreira neste tipo de organização baseia-se na movimentação de um projeto para outro.

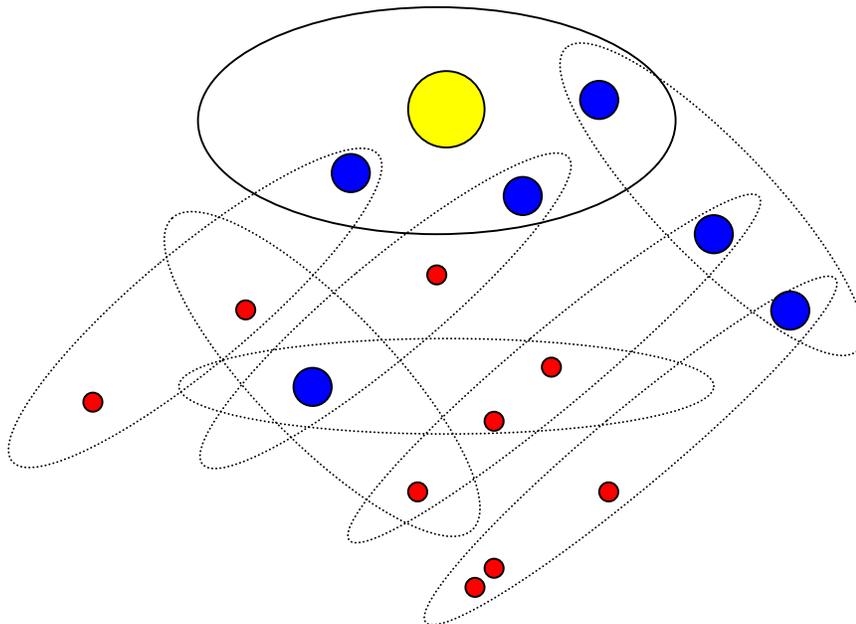


Figura 42 - Modelo Organizacional Modelo 5

Este desenho de organização é ideal para lidar com os desafios de mudança rápida. Ao contrário de matriz do Modelo 4, não tem uma estrutura funcional pesada para levar junto. É o enfoque de trabalho de equipe, inovação, e iniciativas de sucesso, completados em uma maneira oportuna e lucrativa. Os departamentos funcionais, onde eles existem, são departamentos de apoio, comprometidos com a melhoria do trabalho das equipes que são seus clientes. A operação inteira é controlada pela equipe de administração no centro. Este foca em furos estratégicos, definindo parâmetros operacionais, ordenando e canalizando recursos, monitorando resultados, e facilitando a administração geral do sistema como um todo.

O modelo 6 (figura 55) dá outro exemplo de estilo organizacional ideal para as condições que requerem flexibilidade, inovação e mudança. De certo modo, é uma não – organização no sentido que não existe como uma entidade física. É uma rede de subcontratados onde a equipe no centro guia o empreendimento inteiro.

Neste modelo, define-se a estratégia, táticas, e o fluxo de recursos e mantém a estrutura enxuta, minimizando ao máximo seus custos e operando com o máximo de flexibilidade.

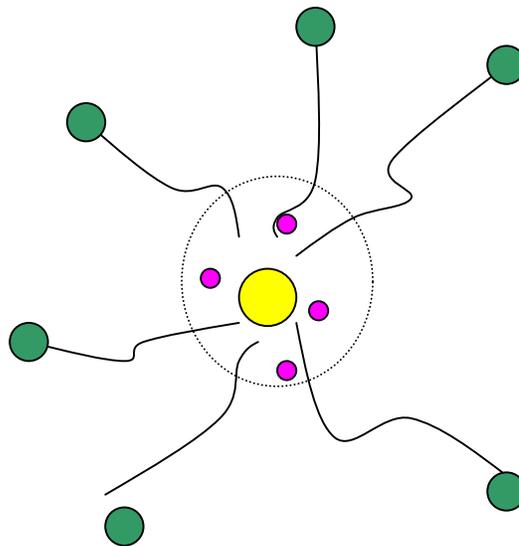


Figura 43 - Modelos Organizacionais Modelo 6

As empresas de radiografia industrial hoje, na sua maioria, vem se organizando dentro de uma visão verticalizada, ou seja, a empresa funciona com de departamentos claramente definidos, e um topo representado normalmente por um ou dois diretores ou sócios. O desenho que mais se assemelha à forma de organização é o modelo 3, sofrendo, em algumas vezes, transições para os modelos 1 e 2.

5.4.2 Modelo Organizacional em Radiografia Industrial

As empresas de radiografia industrial organizam-se, basicamente, em quatro áreas bastante distintas: área de segurança radiológica (ou serviço de radioproteção), área comercial, área de produção e área administrativa. Todas elas são controladas pela cúpula diretiva.

A área de segurança radiológica assume responsabilidades ligadas diretamente ao controle e gerenciamento de fontes de radiação, à segurança dos profissionais de radiografia, e ainda, à segurança do público existente nas proximidades dos locais que serão irradiados. Esta área é administrada por um físico ou engenheiro, contratado normalmente pela cúpula diretiva, dando preferência a profissionais já credenciados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear e mais experientes. Observa-se, atualmente, que as contratações dos profissionais mais antigos na atividade está se tornando mais raro. Isso, porque os salários oferecidos, muitas vezes, não correspondem ao grau de envolvimento na atividade e ao grau de responsabilidade em administrar fontes de radiação. As empresas percebem este fato, e procuram minimizar os custos, contratando profissionais menos experientes.

A área de segurança radiológica tem a função básica de estabelecer e implementar procedimentos e planos, com vistas a garantir a segurança dos profissionais expostos ocupacionalmente à radiação. Apesar de não ser a opinião de muitos especialistas em radioproteção industrial e da CNEN, a importância dessa área para alguns empresários restringe-se à necessidade de comprovar formalmente à CNEN, de que a empresa de radiografia está apta a operar com fontes de radiação. Ou seja, é apenas um requisito normativo a ser contemplado. Dessa forma, a percepção desses empresários é que esta atividade é uma atividade de apoio à área de produção. A consequência imediata disso é que a área de segurança radiológica passa a depender politicamente daquela área. Com isso, a liberação de recursos materiais e investimentos é modesta e o processo de implantação de um efetivo sistema de controle da qualidade nas operações com fontes de radiação, passa a enfrentar muitas barreiras. Em algumas empresas, podem ocorrer sérios conflitos entre a área de segurança e de produção. Isso, porque uma das formas de controlar os níveis de radiação a que os trabalhadores são submetidos é controlar a carga de trabalho dos profissionais, seja com relação às horas trabalhadas, seja em função da quantidade de tarefas que são repassadas aos profissionais. Em muitos casos, problemas internos de organização na área de produção podem provocar problemas na programação de serviços, fazendo com que muitos profissionais tenham que se expor mais do que 08 horas à radiação. O conflito de natureza ética-profissional começa então a surgir entre esses departamentos.

Nessa competição, a área de produção ganha um forte aliado, pois na ânsia de vender serviços, a área comercial pode cair no erro de estimar uma produtividade para o cliente, acima da

capacidade de atendimento das equipes. Com uma expectativa de atendimento, o cliente passa a cobrar da empresa os resultados esperados em termos de produtividade. Apesar de não ser regra geral, problemas dessa natureza ocorrem com relativa frequência.

Com o aumento da carga horária, ocorre uma exposição adicional do trabalhador à radiação, propiciando doses mais elevadas. Quando problemas decorrentes de uma venda mal feita vem à tona, surgem, também, sérios conflitos no relacionamento entre os setores nas empresas. A área comercial, por apresentar grande influência sobre a cúpula, tende a justificar o fato de superestimar a produção, fundamentando a necessidade de aumentar o faturamento na empresa.

Além de questões financeiras e de captação de mercado, as negociações comerciais envolvem muitos aspectos relacionados às tarefas de campo. Tem-se, por exemplo, a infra-estrutura mínima de segurança que depende do acordo firmado com o cliente. Assim, muitas das dificuldades que os profissionais enfrentam durante as operações podem ter influência direta na forma de negociação dos serviços. Instalação de andaimes adequados, iluminação, entre outros, são alguns exemplos. Por exemplo, operar com uma fonte radioativa sem iluminação adequada, pode ser considerado um acidente em potencial, assim como a queda de fontes radioativas de andaimes inseguros. Os problemas ligados à forma de contratação comercial, são apontados pelos profissionais de radiografia, conforme mostra a tabela 18, item 13.

Já com relação à área administrativa, os problemas enfrentados pela segurança estão relacionados à liberação de recursos para o trabalho, pois a área administrativa das empresas de radiografia, normalmente gozam de um poder político e de uma confiança muito grande por parte da cúpula. Essa área normalmente conduz os assuntos relacionados à liberação de recursos, de maneira bastante técnica. Salvo algumas exceções, a maioria dos setores administrativos não possuem muito conhecimento suficiente da atividade de radiografia, nos aspectos ligados à segurança. Em decorrência disso, podem deixar de liberar recursos necessários à área de segurança, para compra ou manutenção de equipamentos, ou mesmo outro tipo de investimento, devendo a segurança, entrar na “fila” de atendimento. Esses problemas, existentes na maioria das empresas, passam a caracterizar um modelo de organização departamentalizada. Além disso, problemas da política para recursos humanos, a falta de informações para assuntos ligados a salários, infra estrutura adequada para operação e outros benefícios, tendem a ocasionar insatisfações nos profissionais (tabela18) . Pode-se citar,

por exemplo, a infra-estrutura para hospedagem e alimentação em obras, ou ainda, condições de funcionamento de veículos para o transporte do material radioativo em condições seguras. Enfim, são inúmeros os exemplos que podem ser observados e listados.

A segmentação nas empresas é uma barreira a ser vencida. Tem-se a nítida impressão de haver pequenas empresas funcionando dentro de uma organização maior. Entre os problemas mais freqüentes estão: o processamento de informações, competição entre setores, falta de agilidade de atendimento (clientes internos e externos) e planejamento estratégicos (incluindo planejamento de mercado e para investimentos).

O sistema de informações é afetado à medida em que as informações, que são fornecidas aos profissionais, são incompletas ou mesmo conflitante. A área de segurança radiológica pode informar o profissional de que um determinado equipamento será consertado em 15 dias, porém a liberação de verbas para isso, feita pela administração, poderá levar 3 meses. Em outro exemplo, a área de produção pode solicitar à equipe que execute toda a programação prevista. Contudo, o atendimento dessa solicitação pela equipe pode representar uma exposição à radiação em excesso de seus integrantes. O item 10 da tabela 18, pode estar relacionado a este problema.

A competição, principalmente entre os gerentes, tende a buscar como prêmio, uma maior influência sobre a cúpula diretiva. A busca, nesta competição é o aumento de “status” na empresa. A competição é vista, pelo trabalhador, como um aspecto que afeta a segurança durante as operações, quando apontam os itens 10 e 11 da tabela 18.

Já a falta de informação ou mesmo a incoerência na forma de fornecê-la aos trabalhadores, associado a posturas autoritárias de algumas chefias, refletem negativamente junto aos profissionais, pois passam a acreditar que o trabalho de campo não recebe a atenção que merece. Isso é percebido no item 14 da tabela 18.

Os planejamentos estratégicos nas empresas de radiografia também demonstram dificuldades. A maioria das empresas tendem a não considerar em seus planejamento, melhoria na qualidade da segurança dos profissionais. Observa-se no mercado que algumas empresas passam a considerar este aspecto em seus planejamentos, pressionados pela ocorrência de acidentes, ou mesmo de exigências definidas pela CNEN.

Os planejamentos estratégicos de mercado, por exemplo, buscam, na maioria das vezes, clientes de grande porte, que gerem receitas substanciais. Isso teoricamente manteria o fluxo de caixa por alguns meses. Contudo, empresas que fundamentam seus negócios única e exclusivamente dentro dessa linha de mercado, correm riscos financeiros significativos. Isso, porque no momento que a empresa se mantém considerando apenas este tipo de perfil de cliente, correm o risco de perder esse tipo de clientela em potencial, visto a forte concorrência que existe entre as empresas de ramo de atividade. Assim, as empresas que adotam esta estratégia, quando perdem uma concorrência, acabam tendo de reduzir seus custos. Um dos primeiros itens de custos que é visado, são as despesas com o quadro de pessoal. A redução temporária do quadro de funcionários passa a ser uma necessidade. Além disso, em muitas empresas, as perdas decorrentes de problemas de administração e organização para o trabalho, agravam ainda mais a situação. Aumenta assim, a rotatividade de pessoal.

Com a rotatividade, o preparo do profissional para o desempenho seguro de suas funções fica prejudicado, pois a segurança em radiografia industrial, depende, em muito, dos treinamentos recebidos e da experiência do profissional. Durante o trabalho de coleta de informações para a confecção dessa dissertação, muitos profissionais da área expuseram essa problemática. A situação também fica difícil para aqueles profissionais que ficam nas empresas, pois têm de atender, pelo menos, a demanda de serviços e a mesma expectativa financeira da empresa. Com essa situação, muitas questões de segurança podem ser esquecidas pelas empresas, pois a ordem agora passa a ser produzir o máximo possível.

Com relação aos investimentos na área de segurança, pode-se dizer que são bastante modestas. Os trabalhadores percebem esta realidade, quando apontam os itens 6 e 19, da tabela 18. Não havendo os investimentos necessários na área de segurança, até mesmo as manutenções em fontes de radiação ficam prejudicadas. Quando danificada, ao invés de receber uma manutenção especializada, poderá ser feita pelos próprios trabalhadores, às vezes, antes mesmo de iniciar a jornada de trabalho. Assim, a confiabilidade nos equipamentos diminui significativamente, aumentando o risco de ocorrência de acidentes radiológicos.

5.4.3 Conseqüências da Forma de Organização para o Trabalhador

Em decorrência do quadro apresentado anteriormente, alguns reflexos sobre os profissionais de radiografia podem ser nitidamente identificados. O estresse excessivo é um deles.

Em linhas gerais, o estresse é a reação do organismo a uma situação ameaçadora. Os estressores são as causas externas, enquanto que o estresse é a resposta do corpo humano aos estressores.

O estresse está presente ao longo de nossa vida, e muitas vezes funciona como uma alavanca para estimular nossas reações. Segundo Grandjean (1998, p.163), “uma vida sem estressores ou sem estresse seria não só artificial, mas também monótona e enfadonha. Estresse pertence à vida assim como o nascimento, nutrição, crescimento, amor e morte”.

Vulgarmente, quando se fala em estresse associa-se a um estado de desconforto. Na verdade, os aspectos negativos do estresse estão associados a períodos prolongados e a frequência de ocorrência. Estudiosos na área apontam que estes aspectos produzem manifestações doentias, exteriorizando principalmente perturbações em órgãos digestivos ou sistema cardio - circulatório. Seriam reações psicossomáticas que podem se manifestar de maneira consciente ou inconsciente no indivíduo.

Os problemas gerados pelo estresse ocorrem em função da discrepância entre o grau de exigência do trabalho e os recursos disponíveis para gerenciá-lo. Pode-se considerá-lo um fenômeno subjetivo e depende da compreensão individual da incapacidade de gerenciar as exigências do trabalho.

Os trabalhadores de radiografia industrial enfrentam tais dificuldades diariamente. Primeiro porque muitos deles têm a consciência de que o trabalho deve ser bem feito. Além disso, a atividade requer um grau de responsabilidade e atenção bastante acentuado. Assim, começa a surgir as sobrecargas dos trabalhadores que estão em operação.

Os aspectos que mais se evidenciam na atividade são:

- supervisão e vigilância do trabalho: aspecto altamente observado na atividade de radiografia industrial, visto a ameaça constante de ocorrência de acidentes radiológicos. Além disso a atenção do trabalhador deve estar dirigida para a qualidade técnica do serviço e da segurança radiológica. A maioria das obras operam quase que de maneira independente em termos operacionais. Por isso os resultados obtidos dependerão da performance de cada trabalhador.
- responsabilidade pela vida e segurança de outras pessoas: fator que contribui em muito para a sobrecarga de estresse. Acidentes com fontes de radiação podem assumir grandes proporções

atingindo, inclusive a segurança de pessoas que não se expõem à radiação ionizante.

Dependendo das circunstâncias, muitas empresas poderão perder definitivamente a licença fornecida pela CNEN para operar com radiação no país. Assim o trabalhador deve operar com tranquilidade, responsabilidade e devidamente treinado, sendo que o treinamento é um aspecto chave para uma operação segura com radiação. A reivindicação quanto à questão dos treinamentos e qualificações fica evidente, observando os itens 5 e 9 da tabela 18. Isso revela a insegura desses profissionais, pois sabem dos efeitos que a radiação pode provocar no homem.

- apoio e reconhecimento de superiores: entre os comentários feitos pelos trabalhadores, o reconhecimento de seu trabalho foi um dos mais evidenciados. Segundo eles, quando ocorre algum problema na obra, as chefias suspeitam de que o trabalhador não executou suas tarefas a contento. Quando é feito um bom trabalho, o profissional não fez mais do que sua obrigação. O problema pode estar relacionado ao fato de que as chefias nas empresas de radiografia possuem, de uma maneira geral, um perfil técnico marcante. Isso faz com que a relação com os funcionários de escalão inferior seja mais de cobrança do que de reconhecimento. Algumas empresas, no entanto, vêm procurando trabalhar o problema de relacionamento. Porém, elas próprias esbarram em uma estrutura burocrática, muito segmentada e ainda no problema cultural, com fortes influências da cúpula diretiva.
- insatisfação com trabalho: o problema da insatisfação possivelmente seja reflexo dos problemas de gerenciamento como um todo, que somados acumulam estresse excessivo, sobrecarga de responsabilidades, falta de perspectivas de melhorias nas condições de trabalho e de crescimento profissional, desejo por reconhecimento, enfim, aspectos que possivelmente não sejam percebidos, ou até mesmo, esquecidos pelos empresários do ramo.
- o ambiente físico e a complexidade do trabalho : as dificuldades das empresas em fornecer aos seus profissionais as condições mínimas para o trabalho dá a impressão de descaso com operações de campo. Sentimentos de revolta e indignação, por parte de quem se expõe à radiação, são muito comuns. Condições de trabalho precárias e excessiva cobrança, tornam o trabalhador de radiografia impotente, pois percebem que não estão conseguindo atingir em seu trabalho, o desempenho esperado. Como já comentado anteriormente, ambientes sem iluminação e andaimes com problemas, comprometem a segurança desses profissionais. Talvez

a angústia percebida nos profissionais quando das entrevistas, seja em função de suas chefias não perceberem esta necessidade dos trabalhadores.

- Outro aspecto apontado pelos trabalhadores e que pode afetar significativamente os profissionais que se expõem ocupacionalmente à radiação é o turno de trabalho. Como já comentado na seção 2, a maior parte dos serviços de radiografia são realizados à noite ou durante a madrugada. Segundo alguns estudiosos, durante à noite os chamados “ritmos cicardianos” sofrem significativas alterações. Os ritmos cicardianos são funções como a temperatura do corpo, frequência cardíaca, pressão sangüínea, volume de respiração, produção de adrenalina, capacidade de produção física que podem interferir na produtividade do trabalhador. Reclamações de cansaço, mesmo após um período relativamente longo de sono, são freqüentes. Possivelmente, estes sintomas indiquem problemas de alterações nos ritmos cicardianos, visto que muitos desses profissionais devem estar operando em condições adversas, há mais de dez anos. O trabalho à noite não traz apenas problemas fisiológicos. Percebe-se, também, que a convivência social tende a afetar o lado psicológico desses profissionais, pois trabalham em horários diferenciados, o que muitas vezes impossibilita uma convivência maior com familiares e amigos. Para esses trabalhadores é difícil agendar compromissos sociais, pois em função da escala de trabalho, não sabem se poderão comparecer. Como o quadro de funcionários é muito justo à capacidade operativa estabelecida pelas empresas, substituições, principalmente de última hora, são difíceis de serem feitas. A ausência de um integrante na equipe (no caso de instalações abertas) faz com que a equipe toda não possa operar e um equipamento de produção (no caso a fonte) fique ocioso. Isso gera uma total desmotivação para o trabalho, podendo trazer, em situações extremas, até mesmo revoltas por parte dos profissionais de campo.

Todos esses aspectos passam a causar uma desmotivação generalizada. Muitos dos acidentes ocorridos com esses profissionais podem estar relacionados a problemas de motivação para o trabalho.

Comparando as respostas de profissionais com menos experiência na atividade e aqueles mais experientes, em conversas informais, quanto a seus planos e metas pessoais, percebe-se claramente que o profissional de radiografia desenha um ciclo na atividade bastante interessante. Nos primeiros dois anos de trabalho na atividade demonstram muita energia para o

trabalho. As dificuldades existentes parecem não afetar o trabalhador. Com o tempo, a motivação vai caindo. Fazem muitos questionamentos sobre a atividade em si, sobre as condições de trabalho e de sua atuação como profissional. Procuram avaliar pontos falhos, na busca de respostas a perguntas como: até que ponto é válido continuar trabalhando em radiografia, já que não há valorização do esforço feito, não se tem condições para trabalhar nas empresas? As cobranças de produção e qualidade dos serviços são constantes. E a segurança de quem se expõe a radiação? Como fica?

Com isso, o profissional vai, aos poucos, se desmotivando. Passa a ver cobranças, às vezes necessárias, como uma afronta, já que não está recebendo seu salário em dia, e seus familiares podem estar passando dificuldades financeiras. Nesse contexto, a execução dos procedimentos de segurança passam a ser questionados pelo trabalhador. As empresas, por outro lado, preocupadas em fazer com que os padrões mínimos de segurança sejam mantidos – até porque precisam disso para continuar faturando- começam a pressionar os trabalhadores no sentido de atender algumas solicitações relativas à segurança. O profissional passa, então, a realizá-los, procurando sempre dificuldades para não executar os procedimentos de maneira correta, ou simplesmente não atender o que foi solicitado. O acidente, então, surge novamente como provável resultado desse impasse. Situações mais graves, o trabalhador passa a não mais importar-se com as condições de segurança em que desenvolve suas tarefas profissionais. Esta forma de percepção da própria atividade profissional leva à acomodação por parte dos trabalhadores, ou até mesmo à desistência de continuar trabalhando em radiografia industrial. Os profissionais que persistem nela, na sua maioria, acreditam não ter mais outras opções profissionais e passam a aguardar ansiosamente a data de sua aposentadoria.

6 Conclusões

Levando-se em consideração o atual quadro de acidentes, as conseqüências à saúde física e mental dos profissionais de radiografia, demonstradas durante a passagem desse estudo, conclui-se que:

- Os dados divulgados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, no encontro sobre segurança radiológica em radiografia industrial, ocorrido em 1998, no Rio de Janeiro, mostram que os resultados das inspeções regulatórias feitas por esta autoridade, podem servir como excelentes indicadores da performance das empresas, quanto à questão da segurança radiológica na atividade.
- Os indicadores acima referenciados possibilitaram trazer à tona uma discussão sobre a questão da segurança em radiografia industrial, sob um prisma até então não explorado: a segurança na atividade no contexto da organização.
- Os problemas de natureza organizacional, gerencial e sistêmicos enfrentados atualmente pelas empresas de radiografia afetam física e mentalmente os profissionais de radiografia industrial, contribuindo, de maneira indireta, para a ocorrência de acidentes na atividade.
- Há necessidade de reavaliar a forma de organização para o trabalho e a própria percepção do negócio radiografia industrial no mercado, a fim de redirecionar as ações de melhorias, principalmente quando se trata da segurança dos profissionais expostos ocupacionalmente à radiação.
- Apesar da significativa contribuição para a ocorrência dos acidentes em empresas de radiografia industrial, os problemas de natureza organizacional, gerencial e sistêmica não parecem funcionar como fatores determinantes dos acidentes radiológicos envolvendo trabalhadores da área. Contudo tendem a funcionar como fatores que influenciam nos padrões de segurança na atividade.
- A participação dos trabalhadores na identificação e planejamento de melhorias, principalmente em temas ligados à questão da segurança, ainda é muito modesta. Talvez a

participação mais efetiva desses profissionais possa ser uma das principais estratégias a serem adotadas pelas empresas de radiografia, auxiliando bastante na identificação de problemas e no estabelecimento de ações mais eficazes, que visem efetivamente melhorar as condições de segurança na atividade.

Muitos estudiosos da área da qualidade acreditam que as melhorias desejadas podem ser atingidas, com a participação mais efetiva de todos os envolvidos. Isso tende a fazer com que um sistema organizacional funcione harmoniosamente como se fosse um organismo vivo. Então, porque não adotar essa linha de pensamento nas atividades de radiografia industrial ? Será que o negócio, hoje, não comporta a adoção de uma nova percepção ?

Acredita-se que, para uma efetiva mudança desse quadro, é necessário, primeiramente, pré – disposição em mudar e em reavaliar a forma de condução das operações e processos nas empresas. É necessário perceber que a qualidade, a segurança e bom atendimento nas atividades de radiografia industrial são aspectos a serem tratados conjuntamente, procurando promover ,não somente a satisfação de clientes e empresários do ramo, como também dos profissionais que atuam nessa atividade. Afinal, os clientes, em radiografia industrial, compram, além dos filmes radiográficos, a satisfação dos profissionais da área, em executar as tarefas que lhes são atribuídas, dentro um de ambiente de trabalho seguro, agradável e motivador.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS – **Curso Básico para Supervisores de Radioproteção Industrial** – São Paulo, 1989.

BITELLI, Thomaz – **Dosimetria e Higiene das Radiações**, E. Grêmio Politécnico, São Paulo, 1982.

CHENG, Lin – SCAPIN, Carlos Alberto – OLIVEIRA, Carlos Augusto et al. – **QFD Planejamento da Qualidade**, Ed. Littera Maciel Ltda, Belo Horizonte, 1995.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR – **Conheça a CNEN**, [on – line]
Disponível na internet via www.URL: [http// cnen.gov.br](http://cnen.gov.br). Arquivo capturado em 16/04/2000.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR – **Norma CNEN NE 3.01 – Diretrizes Básicas de Radioproteção**, Rio de Janeiro, 1988.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR – **Norma CNEN NE 3.02 – Serviços de Radioproteção**, Rio de Janeiro, 1988.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR – **Norma CNEN NN 6.04 – Funcionamento de Serviços de Radiografia Industrial**, Rio de Janeiro, 1988.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR – **Workshop sobre Segurança radiológica em Gamagrafia Industrial**, Rio de Janeiro, 1998.

DUAL, Jan – BERNARD, Weerdmeester – **Ergonomia Prática**, Ed. Blücher, São Paulo, 1998.

EASTMAM KODAK COMPANY – **Radiography in Modern Industry**, New York, 1989.

GRANDJEAN, Etienne: **Manual de Ergonomia – Adaptando o trabalho ao homem**, Ed. Artes Médicas, Porto Alegre, 1998.

GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo – **Ergonomia de Processo 1 e 2** – UFRGS
Departamento de Engenharia de Produção, Porto Alegre, 1998.

GUIMARÃES,L.B; FOGLIATTO,F- **Design Macroergonômico: uma proposta metodológica para projeto de produto** - Porto Alegre, 1999- Revista Produto & Produção, vol. 3, n.3, p-1-15.

HANSEN, Peter Bent – **Gerenciamento e Melhoria de Processos Empresariais**, UFRGS/PPGEP Departamento de Engenharia de Produção, Porto Alegre, 1998.

HARRINGTON, James – **Aperfeiçoando Processos Empresariais**, Ed. Makron Books, São Paulo, 1993.

INTERNATION AGENGY ENERGY ATOMIC – [on – line] Disponível na internet via www.URL: http// iaea.com.org. Arquivo capturado em 16/04/2000.

INTERNATION AGENGY ENERGY ATOMIC - **Radiation Protection Infraestruture**, Vienna, 1996.

INTERNATIONAL AGENCY ENERGY ATOMIC – **Praction Radiation Safety Manual**, Vienna, 1993.

INTERNATIONAL AGENCY ENERGY ATOMIC - **Assessment of Ocupactional Exposure Due to External Sources of Radioation: Safety Guide Safety Standars Series nr RS-G-13 , 1994.**

INTERNATIONAL AGENCY ENERGY ATOMIC - **Derived Intervetion Levels for Application in Controling Radioation Doses to the Public in the Event of a Nuclear Accident or Radiológicaal Emergeny – Principles and Data – Safety Series nr 81, 1991.**

INTERNATIONAL AGENCY ENERGY ATOMIC - **Practical Radiation Safety Manual – Self – Contained Gamma Irradiatiors , categories I, II, III, and IV – Vienna,1996.**

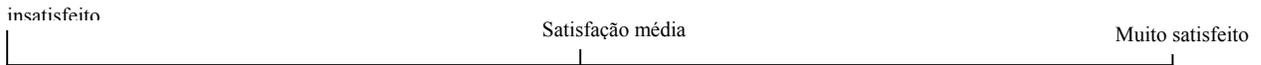
MORAES, Anamaria e MONTALVÃO, Cláudia : **Ergonomia Conceitos e Aplicações**, Ed. 2AB, Rio de Janeiro,1998.

MORGAN, Gareth – **Imagens of Organization**, New York,1996.

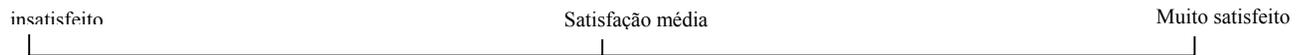
PANERO, Julius – **Las Dimensiones Humanas en Los Espacios Interiores: estándares antropométricos**, Ed. Gustavo Gilli, México, 1993.

SELEME, Alcir – **Análise Organizacional**, UFRGS / PPGEP Departamento de Engenharia de Produção, Porto Alegre, 1998.

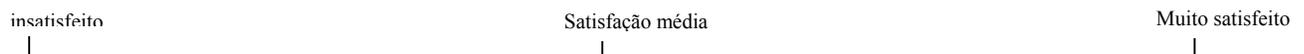
5) Muitos dos equipamentos que você utiliza tem mais de 10 anos. Com relação as condições de segurança e operação dos equipamentos você se considera...



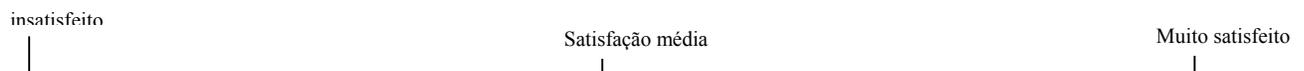
6) Você sabe que muitas das condições de trabalho que usa, depende da forma com que as demais áreas (administrativas, comercial, produção e segurança radiológica) executem suas atividades adequadamente. Com relação a forma com que muitos assuntos vem sendo conduzidos por estas áreas, você se considera....



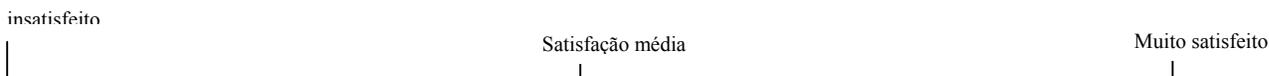
7) Você atua em uma atividade com radiação ionizante, que promove riscos à sua saúde. Com relação aos atuais padrões de segurança durante as operações, qual o seu grau de satisfação?



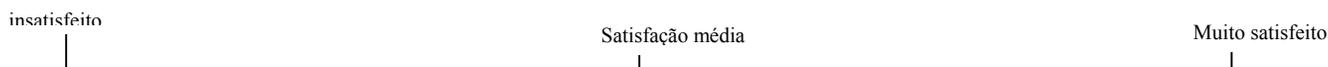
8) Em muitas situações, seus colegas, por problemas de motivação, não concluem a programação prevista, tendo que você e os demais integrantes de sua equipe, completar a programação prevista, mesmo que já tenha sua equipe já tenha concluído sua jornada de trabalho. Com relação a frequência com que isso ocorre, você se considera.....



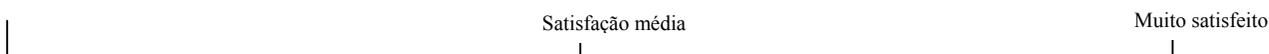
9) Quando você sai para trabalhar, recebe uma série de informações e orientações das chefias. Qual o seu grau de satisfação com relação as orientações que lhe são repassadas pelas chefias?



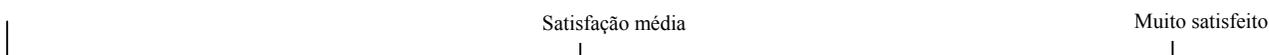
10. Como você se sente com relação a sua qualificação e a qualificação de seus colegas para o trabalho com fontes de radiação?



11. As empresas de radiografia, são na maioria, empresas organizadas por departamentos, onde existem gerentes orientando e supervisionando o seu trabalho. Como você se sente com relação aos resultados dessa forma de organização para trabalhar.....



12. A burocracia de campo é uma constante na atividade de radiografia, pois em muitas situações, uma série de procedimentos de liberação para o trabalho devem ser realizados. Como você se sente com relação a este aspecto?



13. A forma de negociação e fechamento dos contratos comerciais, podem refletir diretamente sobre as condições de trabalho, quando você estiver operando. Como você se sente com relação aos contratos comerciais fechados em sua empresa.....

insatisfeito | Satisfação média | Muito satisfeito

14. Como você se sente com relação ao grau de valorização e respeito as suas atividades, por parte de suas chefias?

insatisfeito | Satisfação média | Muito satisfeito

15. Para que você possa operar com segurança, é necessário uma infra –estrutura mínima em termos de equipamentos, materiais e até alimentação e hospedagem, para serviços distantes. Como você se sente com relação a isso

insatisfeito | Satisfação média | Muito satisfeito

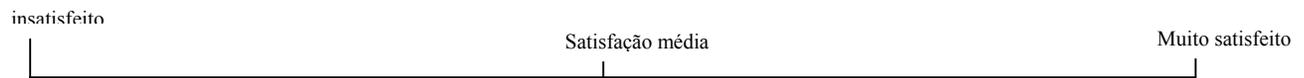
16. Um dos aspectos considerados pelos próprios profissionais de radiografia, é a responsabilidade durante a operação com fontes de radiação. Como você se sente com relação a responsabilidade sua e de seus colegas, quando manuseiam com fontes de radiação?

insatisfeito | Satisfação média | Muito satisfeito

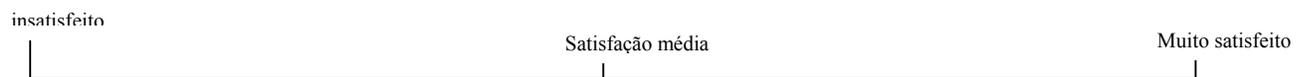
17. Em suas tarefas diárias, você executa operações de campo e atividades de apoio, necessárias para execução dos serviços. Como você se sente com relação ao fato de ter que a carga de atividades e de responsabilidades que a empresa que atribui?

insatisfeito | Satisfação média | Muito satisfeito

18. Alguns de seus colegas apontam que falta qualidade nas operações de campo, quando, por exemplo procedimentos de segurança são executados. Qual o seu grau de satisfação com relação a qualidade nas operações de campo?



19. Muitas vezes você opera com equipamentos que sofreram manutenções necessárias. Qual o seu grau de satisfação com relação as condições de funcionamento dos equipamentos que utiliza?



8.2 Quadro de Acidentes no Mundo (Décadas de 60 a 80)

Ano	Local	Radioisótopo / Atividade (TBq)	Número de Pessoas super-expostos à radiação T= trabalhadores P= Pessoas do Público		Estimativa de dose de radiação (Gy) e região do corpo atingida T= trabalhador P = Público	Sintomas e Conseqüências para as vítimas	Eventos e Causas Principais
			T	P			
1960	URSS	Cs -137 (césio-137) Atividade não especificada		01	14,8 Gy – corpo inteiro(*2) 1,6 Gy – nádegas	- pródomo intestinal - lesões cutâneas nas nádegas - morte depois de 18 horas	Fonte perdida e encontrada no bolso da calça.
1960	México	Co-60 (Cobalto-60) atividade de 0,18 TBq		05	P1 = 47 Gy– corpo inteiro P2 = 35 Gy– corpo inteiro P3 = 28,7 Gy– corpo int. P4 = 30 Gy – corpo inteiro P5 = 12 Gy– corpo inteiro e mãos	P1 : morte em 1 mês, dano severo à medula óssea. P2: morte em quatro meses, depressão severa da medula óssea. P3: morte em 5 meses, leucopenia e anemia. P4: morte em 6 meses, anemia, aplasia da medula óssea. P5: anemia e escurecimento das unhas.	Fonte perdida e encontrada no bolso da calça por uma criança, depois de levada para casa, permanecendo na cozinha por 4 meses
1962	Estados Unidos	Ir – 192, (Iridio – 192) Atividade de 2,6 TBq	02		T1 = 0,25 Gy– corpo inteiro, mais 60 Gy na mão direita T2 = 0,15 Gy – corpo inteiro	T1: inchamento e bolhas nos dedos médio e indicador da mão direita, diminuição da habilidade de flexão com atrofia do dedo indicador direito.	Falha de procedimento: a fonte radioativa desconectou-se do cabo de comando, permanecendo no colimador (*1)
1968	Alemanha	Ir-192 (íridio-192) Atividade não especificada		01	P1 = 1,0Gy – corpo inteiro, 60Gy – pélvis e músculo do peito	P1: reações cutâneas no peito	Fonte perdida e encontrada no bolso da jaqueta.
1968	Índia	Ir-192 (íridio-192) Atividade: 0,052 TBq		01	P1 = 130 Gy – pele do peito e nádegas, 14 Gy medula óssea, 1,3 Gy - gônadas	P1: lesões cutâneas no peito, região glútea, esquerda, esterilidade temporária por 2 anos.	Fonte perdida e encontrada no bolso da jaqueta e da calça.

Legenda:

(*1) colimador – dispositivo utilizado para minimizar a radiação durante as operações.

(*2) corpo inteiro – dose medida a partir do posicionamento do dosímetro, posicionado na altura do tórax.

Figura 44- Quadro de Acidentes em Radiografia Ocorridos no Mundo

Fonte: CNEN – publicado na apostila do Workshop sobre segurança radiológica –1998

Ano	Local	Radioisótopo / Atividade (TBq)	Número de Pessoas super-expostos à radiação T= trabalhadores P= Pessoas do Público		Estimativa de dose de radiação (Gy) e região do corpo atingida	Sintomas e Conseqüências para as vítimas	Eventos e Causas Principais
			T	P			
1968	Argentina	Cs – 137 (Césio – 137) Atividade: 0,5 TBq		01	T1: 20 Gy – coxas das pernas, 10 Gy nas mãos, 30 Gy nos testículos e pênis, 17000 Gy na pele das coxas	Amputação das duas pernas, esterilidade permanente, atrofia testicular, do pênis e dos dedos das mãos.	Fonte perdida e encontrada bolso da calça de trabalho.
1969	Inglaterra	Ir-192 (irídio –192) Atividade: 0,93 TBq	01		T1: 0,6 Gy – corpo inteiro, de 20 a 200 Gy na pele do peito esquerdo, 20 Gy no músculo do coração, e 15 Gy no pulso e parte dos dedos.	Inflamação no peito, necrose nas costelas e coração, transplante de pele nos dedos e pulso esquerdos.	Falha no procedimento: irradiador aberto no transporte e a fonte radioativa foi colocada no bolso da camisa (suposição).
1970	Inglaterra	Iridio-192 (irídio-192) Atividade: 0,8 TBq	01		T1: 300 Gy no peito	eritemas no peito e nos músculos.	Falha de procedimento: manipulação da fonte radioativa com as mãos.
1971	Estados Unidos	Co-60 (cobalto-60) atividade: 0,0004 TBq	01		T1: 30 Gy nas mãos	Dermatite crônica nas mãos.	Falha de procedimento: manipulação da fonte radioativa com as mãos.
1971	Japão	Ir-192 (irídio-192) Atividade: 0,19 TBq		06	P1: 1,3 Gy – corpo inteiro, 30 a 90 Gy nádegas, 1,25 Gy no cristalino, 1,75 nas gônadas e de 26 a 90 Gy nas mãos. P2: 0,5 Gy no corpo inteiro, 26 a 90 Gy nas mãos. P3: 0,1 Gy no corpo inteiro, de 26 a 90 Gy nas mãos. P4: 0,25 Gy corpo inteiro. P5: 0,13 Gy corpo inteiro. P6: 0,15 Gy corpo inteiro.	P1: dermatite na mão e cintura, lesão na pele das nádegas, contração do dedo direito, atrofia testicular e esterilidade temporária. P2: eritemas com bolhas nas palmas das mãos e dedos e perda de cabelo. P3: eritema na mão direita.	Fonte perdida e encontrada no bolso traseiro da calça e levada para casa, permanecendo durante 8 dias.
1971	Inglaterra	Ir-192 (irídio-192) atividade: 0,19 TBq	01		T1: 30 Gy nas mãos.	Lesões cutâneas nas mãos	Falha de procedimento: manipulação da fonte radioativa com as mãos.

Legenda:

(*1) colimador – dispositivo utilizado para minimizar a radiação durante as operações.

(*2) corpo inteiro – dose medida a partir do posicionamento do dosímetro, posicionado na altura do tórax.

Figura 44 continuação - Quadro de Acidentes em Radiografia Ocorridos no Mundo

Fonte: CNEN – publicado na apostila do Workshop sobre segurança radiológica –1998

Ano	Local	Radioisótopo / Atividade (TBq)	Número de Pessoas super-expostos à radiação T= trabalhadores P= Pessoas do Público		Estimativa de dose de radiação (Gy) e região do corpo atingida	Sintomas e Conseqüências para as vítimas	Eventos e Causas Principais
			T	P			
1972	Estados Unidos	Ir-192 (irídio-192) atividade: 3,7 TBq	01		T1: de 4 a 10 Gy nas mãos	Eritema nas mãos	Falha de procedimento: fonte radioativa desconectou-se do cabo de comando e foi pega com as mãos.
1972	Estados Unidos	Ir-192 (irídio-192) atividade: 1,4 TBq	01		T1: 2,5 Gy corpo inteiro e de 220 a 300 Gy nos dedos das mãos	Lesões nos dedos	Falha de procedimento: operador confundiu a operação de exposição e recolhimento da fonte radioativa.
1972	Estados Unidos	Ir-192 (irídio-192) atividade: 3,1 TBq	01		T1: 0,22 Gy corpo inteiro e 100 Gy nas mãos	Queimaduras nas mãos a amputação de dedos	Falha de procedimento: esquecimento de retornar a fonte.
1972	Alemanha	Ir-192 (irídio-192) atividade: 1,1 TBq	01		T1: 0,3 Gy corpo inteiro e 50 Gy nas mãos.	Eritema nas mãos e necrose seguida de amputação de um dedo.	Falha de procedimento: manipulação da fonte radioativa com as mãos.
1974	Oriente Médio	Ir-192 (irídio-192) atividade: não especificada	01		T1: 0,3 Gy corpo inteiro	Lesão localizada na perna e perda de cabelo	Falha de procedimento: manipulação da fonte radioativa ficou solta no tubo guia durante 2 a 3 dias.
1975	Iraque	Ir-192 (irídio-192) atividade: 2,3 TBq	01		T1: 0,27 Gy corpo inteiro	Lesão localizada nas mãos	Falha de procedimento: fonte radioativa ficou solta no tubo guia.
1976	Estados Unidos	Co-60 (cobalto-60) atividade: 6,14 TBq	01		T1: 11 a 14 Gy corpo inteiro e 90 Gy no cristalino	Eritema na pele da palma da mão direita	Falha de procedimento: esquecimento de retornar a fonte radioativa e manuseio do tubo guia com a fonte exposta.
1976	Estados Unidos	Ir-192 (irídio-192) atividade: 3,5 TBq	01		T1: 0,05 Gy corpo inteiro e de 4,48 a 37,2 Gy na mão direita.	Lesões na pele da palma da mão direita.	Falha de procedimento: fonte radioativa não estava na posição de blindagem (segurança) e manuseio com o tubo guia.

Legenda:

(*1) colimador – dispositivo utilizado para minimizar a radiação durante as operações.

(*2) corpo inteiro – dose medida a partir do posicionamento do dosímetro, posicionado na altura do tórax.

Figura 44 continuação- Quadro de Acidentes em Radiografia Ocorridos no Mundo

Fonte: CNEN – publicado na apostila do Workshop sobre segurança radiológica –1998

Ano	Local	Radioisótopo / Atividade (TBq)	Número de Pessoas super-expostos à radiação T= trabalhadores P= Pessoas do Público		Estimativa de dose de radiação (Gy) e região do corpo atingida	Sintomas e Consequências para as vítimas	Eventos e Causas Principais
			T	P			
1976	Estados Unidos	Ir-192 (irídio-192) atividade: 2,9 TBq	01		T1: 0,4 a 1,5 Gy corpo inteiro e 15 Gy nos dedos.	Moderada leucopenia, bolhas, eritema e atrofia dos dedos polegar e indicador da mão direita.	Falha de procedimento: fonte radioativa desconectou-se do cabo de comando.
1977	Inglaterra	Ir-192 (irídio-192) atividade: 0,8 TBq	01		T1: 0,1 Gy corpo inteiro	Lesões localizadas nos dedos.	Falha de procedimento: manipulação da fonte com as mãos por 20 segundos.
1977	África do Sul	Ir-192 (irídio-192) atividade: 0,25 TBq		03	P1: 1,16 Gy corpo inteiro, 50 Gy dedos e de 50 a 100 Gy no peito esquerdo P2: 0,17 Gy corpo inteiro P3: 0,1 Gy corpo inteiro	P1: eritema nos dedos polegar e indicador direito e esquerdo, amputação dos dedos polegar, indicador e médio esquerdos, eritema, escamação e necrose no peito esquerdo.	Fonte perdida e encontrada no bolso da camisa e depois levada para casa.
1978	Estados Unidos	Ir-192 (irídio-192) atividade: 3,7 TBq	01		T1: 0,05 Gy corpo inteiro	T1: queimadura, eritema e bolha nos dedos indicador, polegar e médio direitos, amputação parcial do dedo indicador esquerdo.	Falha de procedimento: manipulação da fonte radioativa com as mãos.

Legenda:

(*1) colimador – dispositivo utilizado para minimizar a radiação durante as operações.

(*2) corpo inteiro – dose medida a partir do posicionamento do dosímetro, posicionado na altura do tórax.

Figura 44 continuação - Quadro de Acidentes em Radiografia Ocorridos no Mundo

Fonte: CNEN – publicado na apostila do Workshop sobre segurança radiológica –1998

Ano	Local	Radioisótopo / Atividade (TBq)	Número de Pessoas super-expostos à radiação T= trabalhadores P= Pessoas do Público		Estimativa de dose de radiação (Gy) e região do corpo atingida	Sintomas e Consequências para as vítimas	Eventos e Causas Principais
			T	P			
1978	Argélia	Ir-192 (irídio 192) atividade: 0,93 TBq		07	P1: 28 Gy corpo inteiro, 15 Gy nas mãos, de 1'2 a 14 Gy na medula óssea, 30 Gy metacarpo. P2: 28 Gy corpo inteiro, de 11 a 14 Gy na medula óssea P3: 26 Gy corpo inteiro, de 11 a 14 na medula óssea. P4: 23 Gy corpo inteiro e de 10 a 12 Gy na medula óssea.	P1: lesões na boca e nas mãos, amputação do dedo polegar. P2: lesões na mão direita e nádegas. P3: morte	Fonte perdida e encontrada no bolso da calça, colocada por duas crianças, e depois levada para casa, permanecendo por 6 meses.
1979	Estados Unidos	Ir-192 (irídio-192) atividade: 1,04 TBq	01	10	T1: de 28 a 38 Gy corpo inteiro, 0,09 Gy no cristalino, 0,95 Gy nas gônadas, de 115 a 230 Gy nos dedos. P5: 0,01 a 0,1 Gy corpo inteiro, de 400 a 600 Gy nos dedos. P6: 0,007 Gy corpo inteiro, 230 Gy nos dedos. P7: 0,02 Gy corpo inteiro, 115 Gy nos dedos. P10:DE 0,007 a 0,5 Gy corpo inteiro e 0,7 Gy nas mãos. P11: 1 Gy corpo inteiro e de 400 a 800 Gy nas nádegas, 150 Gy nas gônadas.	T1: eritema nos dedos polegar e indicador direito, opacidade lenticular, P5; eritema nos dedos indicador e médio direitos. P6: adormecimento de dois dedos. P11: queimação e eritema na nádega direita, adormecimento e diminuição do tato nos dedos anelar, médio, indicador e polegar da mão direita.	Fonte perdida e encontrada no bolso da calça, permanecendo por 45 minutos e depois mostrada a várias pessoas.
-	Inglaterra	Ir-192 (irídio 192) atividade: 0,26 TBq	01		Não mencionada	Amputação de um dos dedos e das unhas dos dedos das mãos	Falha de procedimento: irradiador aberto no transporte.
-	Estados Unidos	Ir-192 (irídio 192) atividade: 3,7 TBq	01		Não mencionada	Sintomas clínicos nas mãos	Falha de procedimento: fonte radioativa se desconectou e o resgate foi feito sem o material adequado.

Legenda:

(*1) colimador – dispositivo utilizado para minimizar a radiação durante as operações.

(*2) corpo inteiro – dose medida a partir do posicionamento do dosímetro, posicionado na altura do tórax.

Figura 44 continuação - Quadro de Acidentes em Radiografia Ocorridos no Mundo

Ano	Local	Radioisótopo / Atividade (TBq)	Número de Pessoas super-expostos à radiação T= trabalhadores P= Pessoas do Público		Estimativa de dose de radiação (Gy) e região do corpo atingida	Sintomas e Conseqüências para as vítimas	Eventos e Causas Principais
			T	P			
-	Estados Unidos	Ir-192 (íridio 192) atividade: 1,5 TBq	01	10	T1: 0,14 Gy corpo inteiro, 0,5 Gy nas mãos P1: 15000 Gy nas nádegas P2 a P10: 0,01 a 0,6 Gy corpo inteiro e 50 Gy nas mãos.	P1: lesões nas nádegas P1 a P10: eritema nas mãos.	Fonte perdida e encontrada no bolso esquerdo da calça.
-	Canadá	Ir-192 (íridio 192) atividade: 1,3 TBq	01		T1: 0,93 Gy corpo inteiro, 10 Gy dedo polegar, 50 Gy dedo indicador direito e 20 Gy dedo indicador esquerdo.	P1: amputação do dedo indicador direito.	Falha de procedimento: esquecimento de retornar a fonte radioativa ao irradiador e manuseio do tubo guia com as mãos.
-	Canadá	Ir-192 (íridio 192) atividade: 1,63 TBq	01		P1: 0,014 Gy corpo inteiro e de 5 a 40 Gy dedos esquerdos.	P1: bolhas e ulceração nos dedos da mão esquerda.	Falha de procedimento: manipulação da fonte radioativa com as mãos.
1984	Marrocos	Ir-192 (íridio 192) atividade: 1,63 TBq		26	Não mencionada	6 mortes	Fonte perdida e encontrada no bolso traseiro da calça, levada para casa permanecendo por vários dias.
1985	Brasil	Ir-192 (íridio 192) atividade: 3,28 TBq	02	01	T1: 0,024 Gy corpo inteiro T2: 0,027 Gy corpo inteiro P1: 0,04 Gy superfície das gônadas, 0,26 Gy superfície do cristalino, 408,18 Gy pela da mão esquerda.	P1: lesões, bolhas, necrose, perda do tecido e atrofia dos dedos da mão esquerda e do dedo indicador direito.	Encontrada a fonte radioativa e manuseada com as mãos por mais de 1 minuto.

Legenda:

(*1) colimador – dispositivo utilizado para minimizar a radiação durante as operações.

(*2) corpo inteiro – dose medida a partir do posicionamento do dosímetro, posicionado na altura do tórax.

Figura 44 continuação - Quadro de Acidentes em Radiografia Ocorridos no Mundo

Fonte: CNEN – publicado na apostila do Workshop sobre segurança radiológica –1998

Ano	Local	Radioisótopo / Atividade (TBq)	Número de Pessoas super-expostos à radiação T= trabalhadores P= Pessoas do Público		Estimativa de dose de radiação (Gy) e região do corpo atingida	Sintomas e Consequências para as vítimas	Eventos e Causas Principais
			T	P			
1985	Brasil	Ir-192 (Iridio 192) atividade: 0,88 TBq		18	Região atingida: Gônadas (mGy) P1: 2,54 P2: 2,91 P6: 10,9 P7: 1,72 P10: 2,00 P11: 0,25 P18: 2,15 Região atingida: mãos (Gy) P1: 25 P2: 18,72 P6: 162,24 P7: 21,84 P10: 18,70 P11: 0,23 P18: 52,43	P1: lesões nos dedos indicador direito e polegar esquerdo. P2: lesões nos dedos médio e polegar esquerdos. P6: lesões severas, perda de movimento e atrofia dos dedos, indicador, médio e polegar direitos. P7 e P10: lesões nos dedos indicador e polegar direitos. P11: lesões na mão e dedo mínimo direitos. P18: lesões nos dedos polegar, indicador e médio esquerdos.	Encontrado o irradiador, que foi roubado do carro de transporte, tendo sido a fonte retirada da blindagem e manuseada por várias pessoas, depois levado o irradiador e a fonte radioativa para casa, sendo novamente manuseada por familiares, permanecendo lá por vários dias.
1988	Brasil	Ir-192 (Iridio 192) atividade: 3,29 TBq	03		Região atingida: corpo inteiro (Gy) T1: 0,303 T2: 0,255 T3: 0,302 Região atingida: gônadas T1: 0,098 T2: 0,255 T3: 0,238 Mãos T1: 74,55 T2: 30,95 T3: 33,13 (esquerda) T3: 55,19 (direita)	T1: lesões nos dedos indicador, polegar e médio esquerdos. T2: lesões nos dedos indicador e médio esquerdo T3: lesões nos dedos indicador e polegar direitos e esquerdos	Falha de procedimento: fonte radioativa desconectou-se do cabo de comando permanecendo no tubo guia e foi manuseado com a dentro.

Legenda:

(*1) colimador – dispositivo utilizado para minimizar a radiação durante as operações.

(*2) corpo inteiro – dose medida a partir do posicionamento do dosímetro, posicionado na altura do tórax.

Figura 44 continuação - Quadro de Acidentes em Radiografia Ocorridos no Mundo

Fonte: CNEN – publicado na apostila do Workshop sobre segurança radiológica –1998