

PM 780



PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

SÃO PAULO

APRESENTAÇÃO

Este manual tem como objetivo informar, esclarecer e orientar os servidores sobre as atividades e princípios básicos em Proteção Radiológica.



I.P.E.N.

APRESENTAÇÃO

Este manual tem como objetivo informar, esclarecer e orientar os servidores sobre as atividades e princípios básicos em Proteção Radiológica.



Elaborado pelo Dr. Gian-Maria A. A. Sordi

PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

A proteção radiológica que no IPEN é representada pela Diretoria de Segurança Nuclear, N, tem como seu principal objetivo proteger as pessoas e o seu ambiente dos efeitos maléficos da radiação. Tanto as pessoas como o ambiente, são constantemente irradiados, tanto pela radiação cósmica que vem do espaço (céu aberto), como aquela que está presente no solo e nos vegetais, ou aquela que se encontra naturalmente no nosso corpo.

A radiação cósmica vem dos astros que estão no universo e o nível de radiação aumenta com a altura em relação ao oceano, pois a camada de ar absorve uma parte da radiação. Então, no nível do mar teremos uma radiação cósmica menor do que se vivêssemos nas montanhas e esta menor ainda do que quando viajamos de avião muito acima das montanhas.

A terra (o nosso solo) contém materiais radioativos que nos irradiam constantemente, são os materiais naturalmente radioativos, para distinguí-los daqueles artificialmente produzidos pelo homem. Como a vegetação se alimenta de água e das substâncias que se encontram no solo, absorve materiais radioativos. Estes materiais radioativos são transferidos ao homem quando o vegetal é ingerido, como alface, agrião, arroz, feijão, etc., ou aos animais quando estes comerem capim, folhas, etc. Quando os animais servem de alimento para o homem, como o boi, a vaca, o cabrito, o porco, etc., este material radioativo é transferido, então, para o homem. O nosso corpo, além de ser irradiado por materiais radioativos fora dele, também absorve materiais radioativos provenientes da alimentação. Não somente isso, o nosso corpo já possui materiais radioativos naturais desde o nascimento, como é o caso do potássio 40, que nos irradiam constantemente.

Ver figura 1

PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

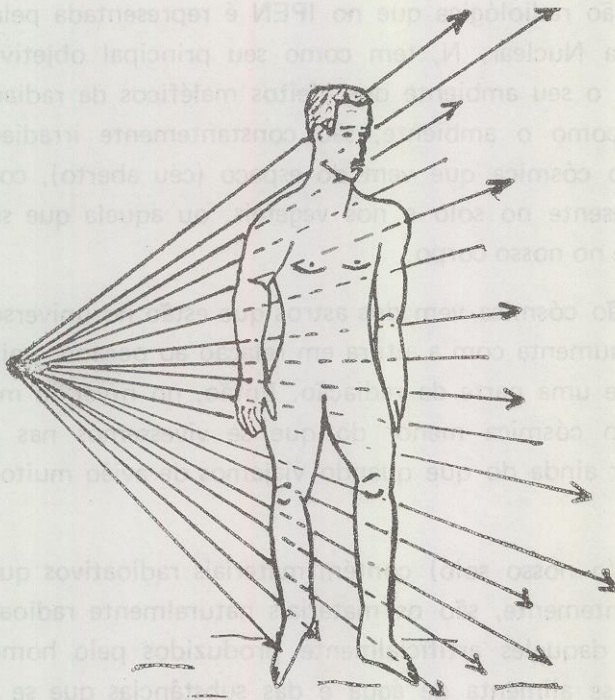


Figura 1-A — Indivíduo exposto à radiação externa.

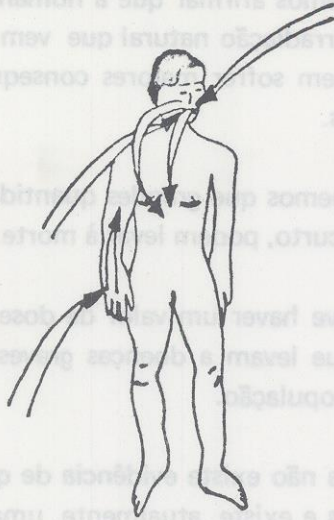


Figura 1-B — Indivíduo exposto à radiação interna.

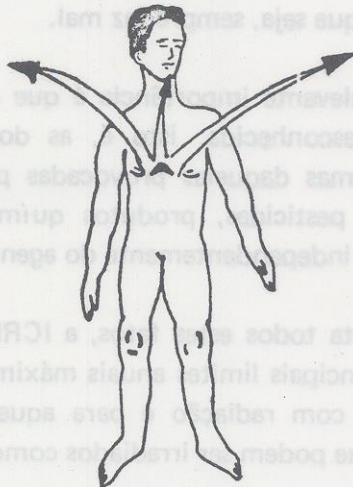


Figura 1-C — Irradiação interna.

Desta maneira podemos afirmar que a humanidade e o seu ambiente é capaz de suportar a irradiação natural que vem recebendo há centenas de milhares de anos, sem sofrer maiores consequências daquelas a que já estamos acostumados.

Por outro lado, sabemos que grandes quantidades de radiação tomadas num tempo muito curto, podem levar à morte.

É evidente que deve haver um valor de dose entre a radiação natural e as altas doses, que levam a doenças graves, que pode ser tomada sem danos à saúde da população.

Até a presente data não existe evidência de que as doses de radiação natural sejam perigosas e existe, atualmente, uma corrente de cientistas que acha que a radiação em baixos níveis faz bem. Como nenhuma das duas teorias (em baixo nível a radiação faz mal ou bem) foi confirmada, a Comissão Internacional de Proteção Radiológica, ICRP, que é o órgão internacional técnico-científico mais competente sobre o assunto, resolveu admitir, para estar a favor da segurança, que a radiação, por menor que seja, sempre faz mal.

Outro fato de relevante importância é que a radiação não provoca nenhuma doença desconhecida, isto é, as doenças provocadas pela radiação são as mesmas daquelas provocadas por outros agentes ambientais tais como pesticidas, produtos químicos, poluição, etc., e a sua cura é a mesma independentemente do agente procoador.

Levando em conta todos estes fatos, a ICRP pode montar a tabela abaixo que dá os principais limites anuais máximos admissíveis (LAMA) para quem trabalha com radiação e para aqueles que não trabalham com radiação, mas que podem ser irradiados como uma consequência.

Rem é uma unidade usada em proteção radiológica capaz de avaliar

a possível doença que surgirá da radiação.

Sendo esses limites estabelecidos para doses de radiação acumuladas num ano, resta saber que limite dever-se-ia impor para uma única operação. O ideal é que a dose seja uniformemente recebida sobre todo o ano, mas nem sempre é possível e, portanto, devemos limitar a dose para que uma única operação seja considerada segura. Para resolver este problema foi introduzido o limite de dose de radiação trimestral, que se encontra na quarta coluna da Tabela I. Esta dose pode ser recebida numa única operação, em tempo muito curto, até de segundos, desde que o valor dado na tabela não seja ultrapassado em qualquer período de três meses; isto é, a soma das doses recebidas nos três meses anteriores incluindo aquela da operação ou nos próximos três meses, também incluindo a dose da operação não pode ultrapassar o valor da tabela.

Tabela I

Limites Anuais Máximos Admissíveis – LAMA *

Órgãos	Trabalhadores		Indiv.Publ. rem/ano
	rem/ano	rem/trim.	
corpo inteiro , gônadas e medula óssea eritropoética	5	3	0,5
mãos , antebraços , pés e tornozelos (extremidades)	75	40	7,5
ossos , tireóide e pele do corpo inteiro exceto extremidades	30	15	3,0
Demais órgãos	15	8	7,5

Com a finalidade de entendermos os níveis de radiação apresentados na Tabela I, vamos compará-los com outros valores de irradiação que estamos acostumados a receber normalmente.

Na Tabela II apresentamos um quadro da dose média mundial recebida anualmente pela população em mrem (milésimos de rem).

Tabela II

Dose normalmente recebida pela população

Fonte de dose	Dose (mrem/ano)
<u>Natural externa</u>	
Raios gama terrestres	60 a 85
Radiação cósmica	35 a 50
<u>Natural interna</u>	
Potássio 40	17
Carbono 14	0,7
Rádio 226 e 228	0,6
Sub-total	113 a 153
<u>Precipitações causadas por testes nucleares</u>	
Césio	1,2
Estrôncio	0,27
Carbono 14	0,7
Trítio	0,001
Sub-total	2,0
<u>Raios X Médicos</u>	
Diagnósticos	55
Terapêutico	5
Rádio-fármaco	1,2
Ocupacionais	1,0
Mostradores, luminosos, TV, etc.	2
Sub-total	64
TOTAL	180 a 220

Na figura 2 colocamos as doses médias mundiais recebidas anualmente pela população em função da altura em relação ao oceano.

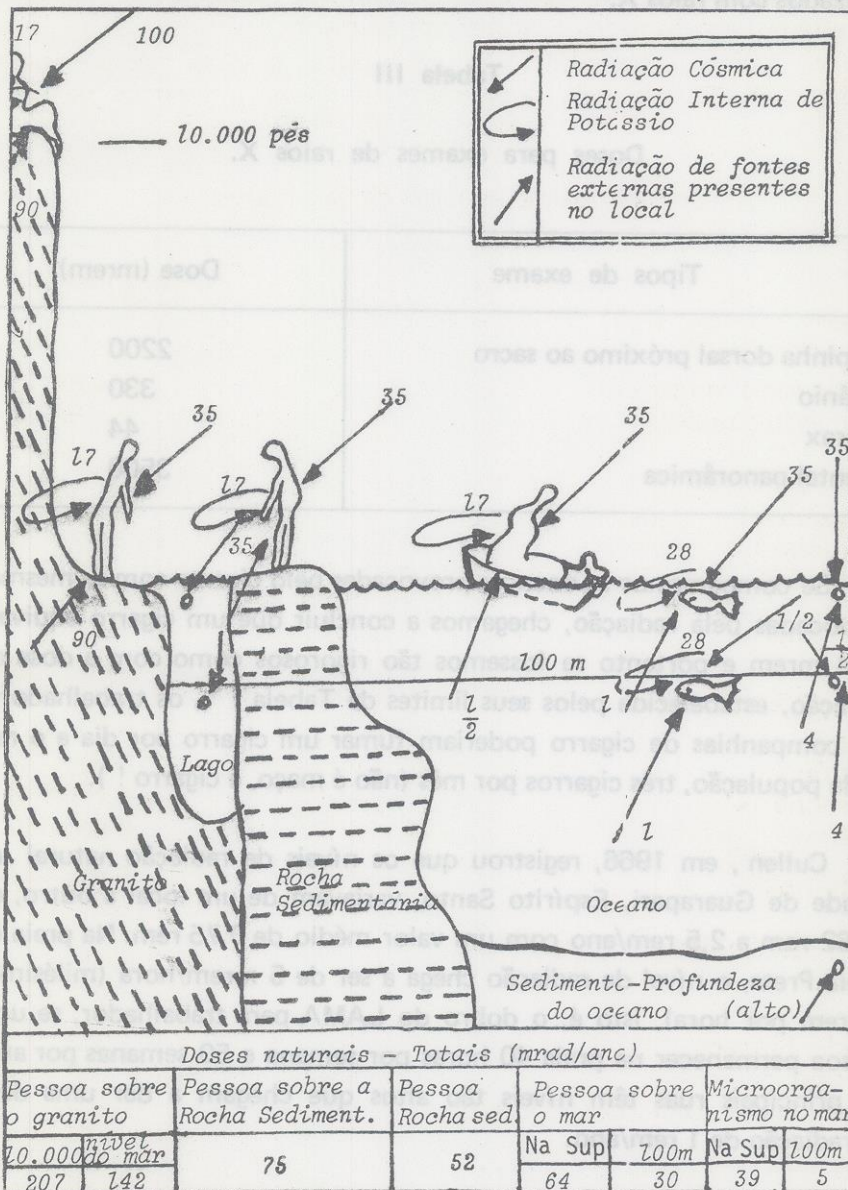


Figura 2

Na Tabela III apresentamos algumas doses recebidas pelos exames realizados com raios X.

Tabela III

Doses para exames de raios X.

Tipos de exame	Dose (mrem)
Espinha dorsal próximo ao sacro	2200
Crânio	330
Tórax	44
Dental panorâmica	3500

Se compararmos as doenças provocadas pelo cigarro com as mesmas provocadas pela radiação, chegamos a concluir que um cigarro equivale a 14 mrem e portanto se fossemos tão rigorosos como com a dose de radiação, estabelecida pelos seus limites da Tabela I *, os trabalhadores das companhias de cigarro poderiam fumar um cigarro por dia e o resto da população, três cigarros por mês (não é maço, é cigarro !).

Cullen , em 1966, registrou que os níveis de radiação natural na cidade de Guarapari, Espírito Santo, variavam de um local a outro, de 0,162 rem a 2,5 rem/ano com um valor médio de 0,75 rem. Na praia da Areia Preta, o nível de radiação chega a ser de 5 mrem/hora (milésimos de rem por hora), isto é, o dobro do LAMA para trabalhador, se uma pessoa permanecer na praia 40 horas por semana e 50 semanas por ano. As principais ruas têm níveis tão altos que chegam a dar uma dose de radiação de 1 rem/ano.

(*) Ver pág. 6

No Morro do Ferro, em Minas Gerais, o nível de radiação chega a ser de 3 mrem/h e as pessoas que moram nesta região ficam expostas 24 horas/dia, isto é, uma dose muito mais alta do que a dose permitida para o trabalhador. Penna Franca, em 1970, registrou que das 1670 pessoas que viviam na região do Morro do Ferro, cerca de 200 ingeriam rádio (que é radioativo), em quantidades que variavam de 10 a 100 vezes a quantidade ambiental normal.

Em todos estes casos citados, não foi detectado nenhum dano biológico (doença), superior às demais regiões com menor índice de radioatividade.

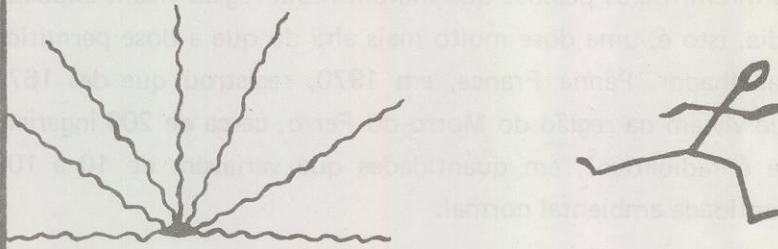
Se um trabalhador permanecer 40 horas por semana durante 50 semanas por ano, isto é, 2000 horas de trabalho por ano, o valor máximo admissível de dose por hora, seria de: $5000 \text{ mrem} / 2000 \text{ horas} = 2,5 \text{ mrem/hora}$. Em alguns ambientes de trabalho a dose de irradiação pode ser superior a este valor. Neste caso é necessário tomar-se medidas de proteção para que a dose acumulada no ano seja menor do que o LAMA de 5 rem (5000 mrem).

Existem três medidas de proteção, a saber: tempo, distância e blindagem.

Sempre que for possível a diminuição do tempo de permanência no local de trabalho, que tem nível de radiação elevado, é a medida de proteção mais fácil e simples. Em vez do trabalhador permanecer no local por 2000 horas/ano, permanecerá um tempo menor tal que o nível de radiação por hora vezes o tempo de permanência por ano seja menor do que o LAMA.

(figura 3)

Fonte de Radiação

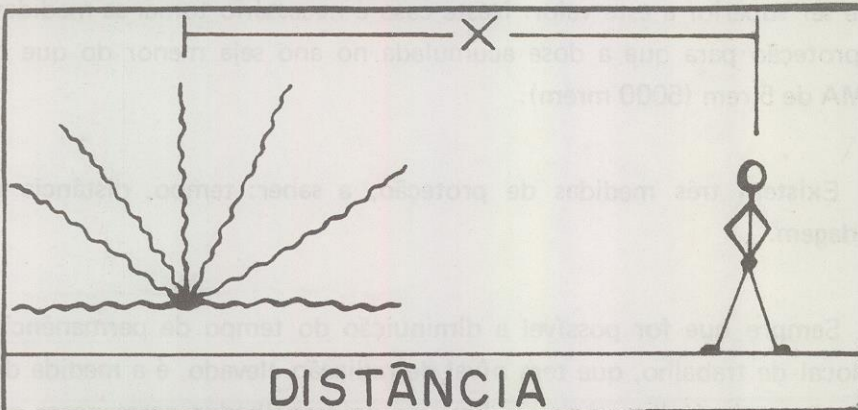


TEMPO

- menos tempo gasto próximo à fonte
- menos radiação recebida

Figura 3

Quando isso não for possível podemos tentar usar a distância, isto é, quanto mais longe ficarmos do material radioativo, menor a dose de radiação que recebemos (figura 4).



- maior distância da fonte
- menos radiação recebida
(atenuação proporcional a x^2)

Figura 4

Este método funciona muito bem e é o melhor, até um metro de distância, mas não se presta para distâncias maiores. Para se ter uma idéia, quando passamos de 1 cm a 1m de distância, a dose de radiação cai 10 mil vezes, entretanto, quando passamos de 1m para 4m de distância, a dose de radiação cai só 16 vezes. Trabalhar com radiação a 1 m de distância é relativamente fácil, pois a extensão do braço mais uma pinça ou garra, como é mostrado na figura 5, são suficientes para se obter esta distância.

O mesmo não se pode dizer para distância de 4 metros, onde o comprimento destes instrumentos atrapalhariam ou impossibilitariam a operação.

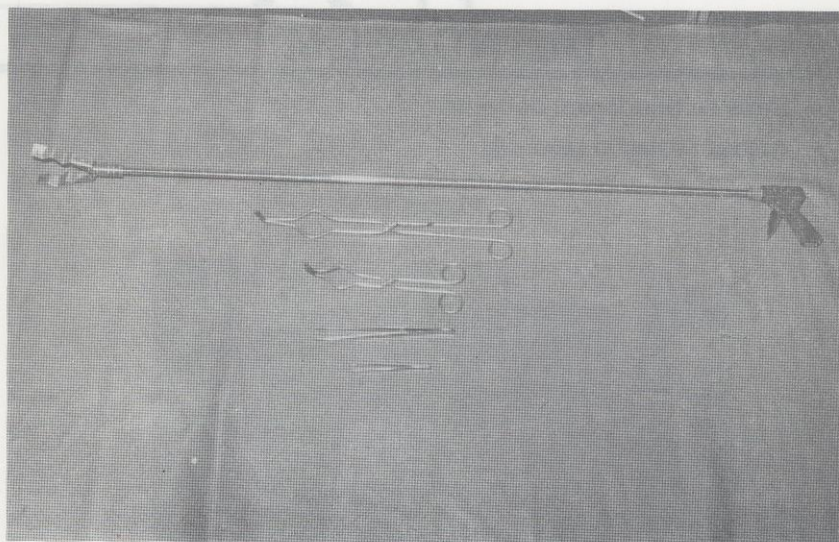
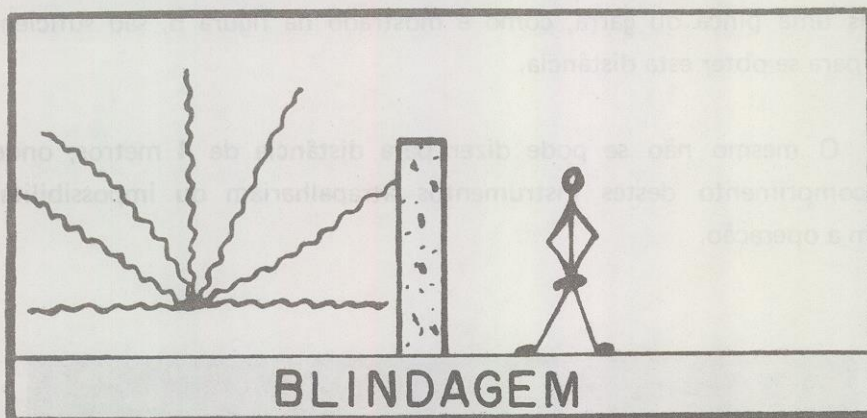


Figura 5 — Instrumentos para aumentar a distância fonte radioativa e pessoa.

Quando nem o tempo e nem a distância ou uma combinação de ambos resolvem o problema, é necessário colocar um material absorvedor de radiação entre a fonte radioativa e o trabalhador (fig.6). Este material absorvedor de radiação é chamado de blindagem. Nas figuras a seguir, números 7 a 13, são mostrados tijolos de chumbo, muito usados nas blindagens, e alguns tipos de blindagens.



- atrás da blindagem da fonte
- menos radiação recebida

Figura 6



Figura 7 – Tijolos de chumbo.

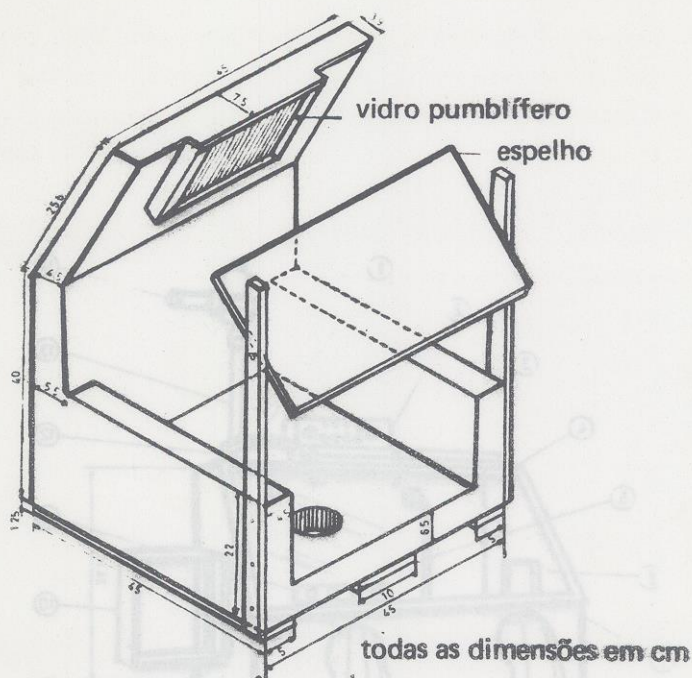


Figura 8 — Banco em L para trabalhar com material radioativo

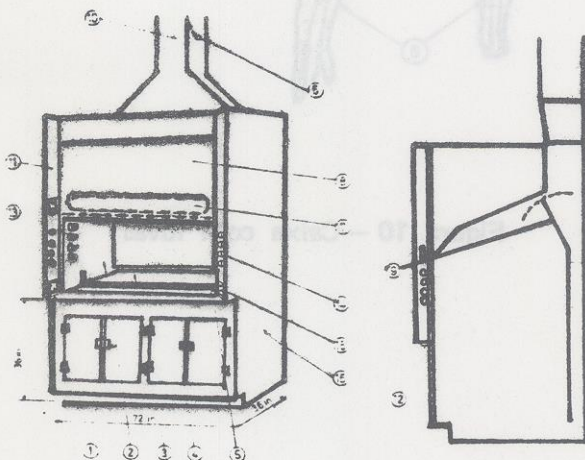


Figura 9 — Capela radioquímica - vistas frontal e lateral

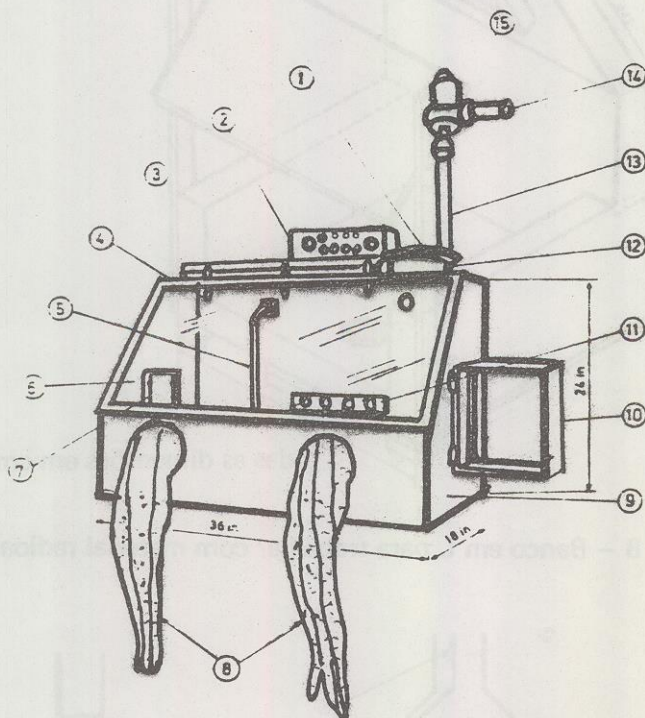


Figura 10 – Caixa com luvas

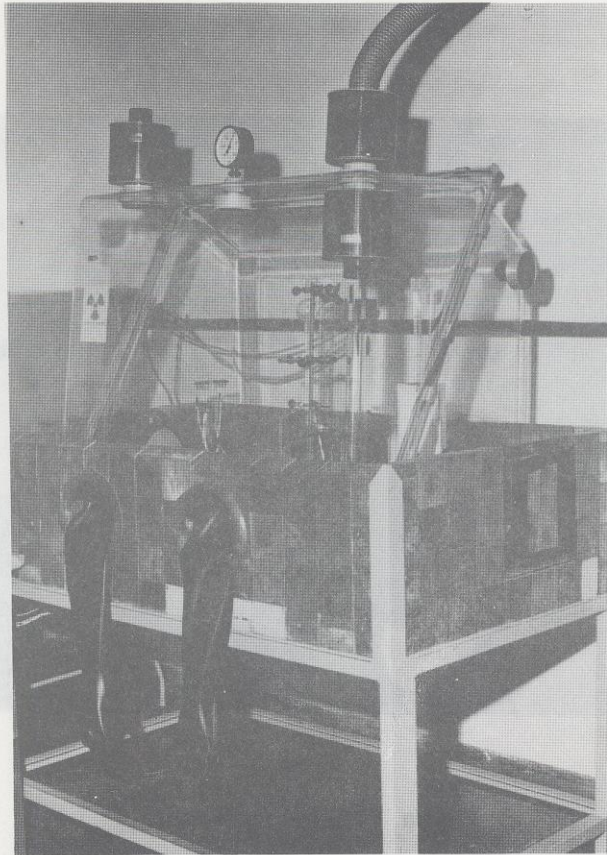


Figura 11 - A – Foto de uma caixa com luvas

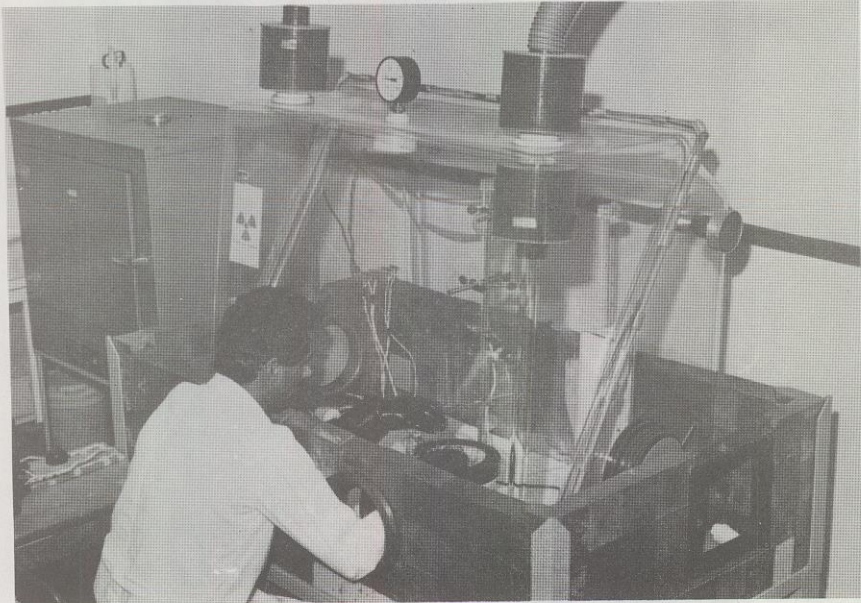
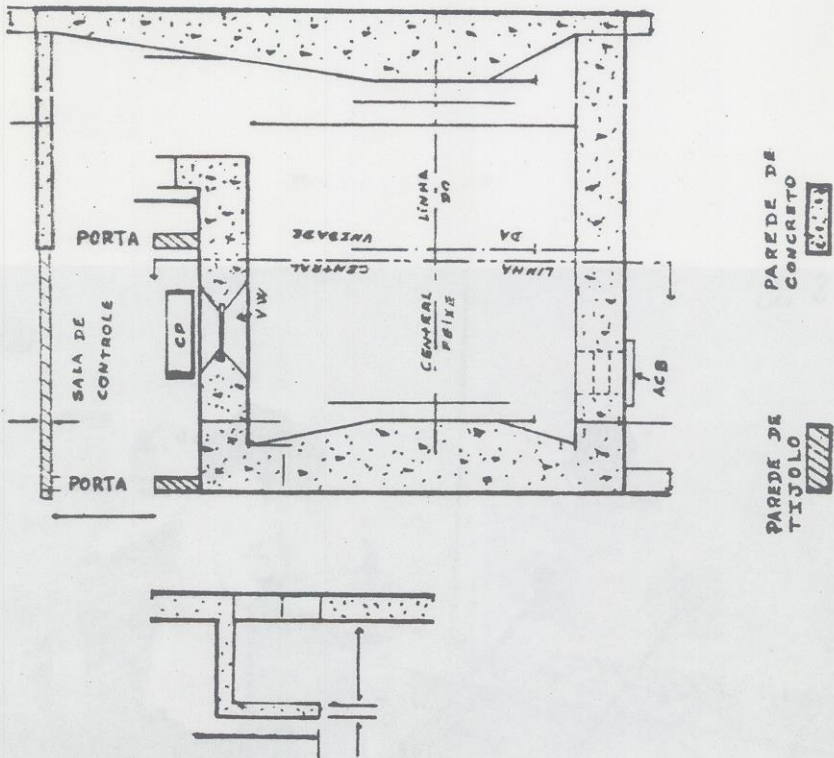


Figura 11 - B - Operador

Figura 11 - A - Foto de uma caixa com luzes



- VW controle
- CP painel
- ABC ar condicionado

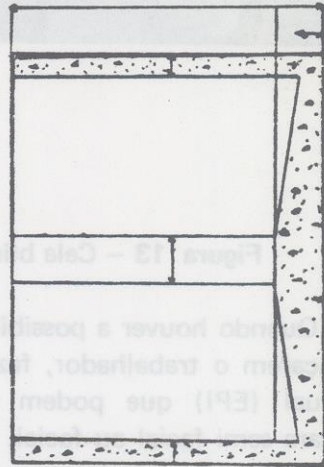


Figura 12 – Sala de irradiação com labirinto

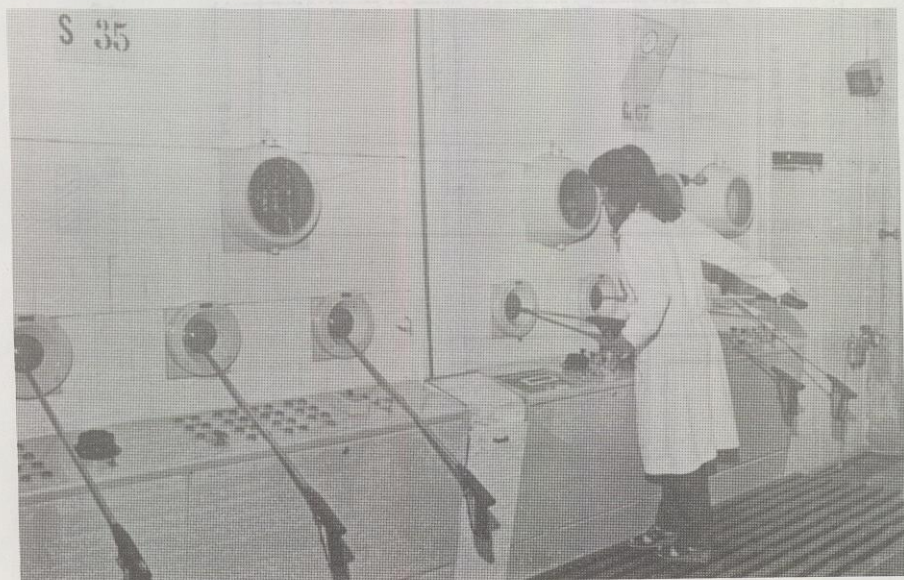


Figura 13 – Cella blindada para trabalho com radiação

Quando houver a possibilidade de gases, vapores ou pós radioativos alcançarem o trabalhador, faz-se uso dos equipamentos de proteção individual (EPI) que podem ser, simplesmente, constituídos de uma máscara semi facial ou facial, luvas, avental ou macacão, até equipamentos mais sofisticados como macacões com suprimento de ar portátil. Veja figuras 14 a 16.

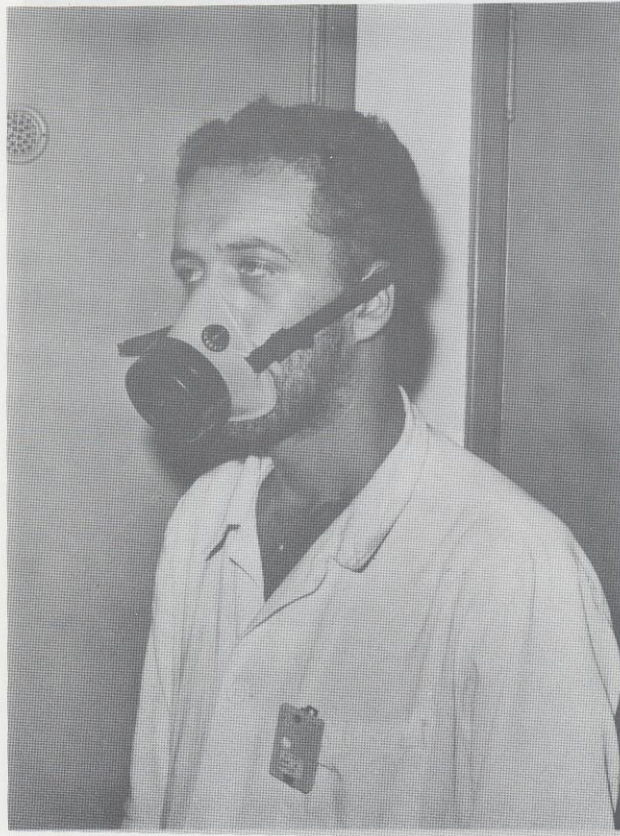


Figura 14 - A - Homem com máscara semi-facial

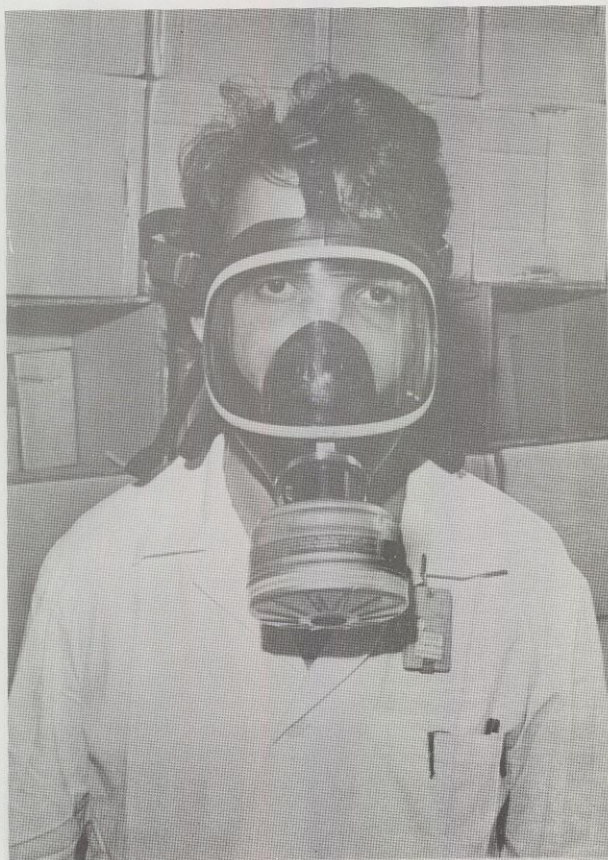


Figura 14 - B – Homem com máscara face completa

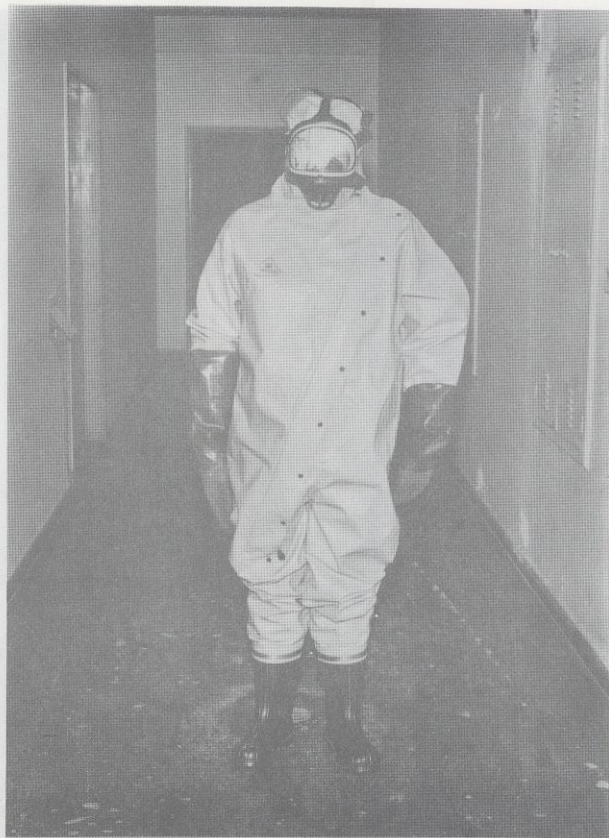


Figura 15 - A— Roupas de proteção com máscara facial
Vista frontal

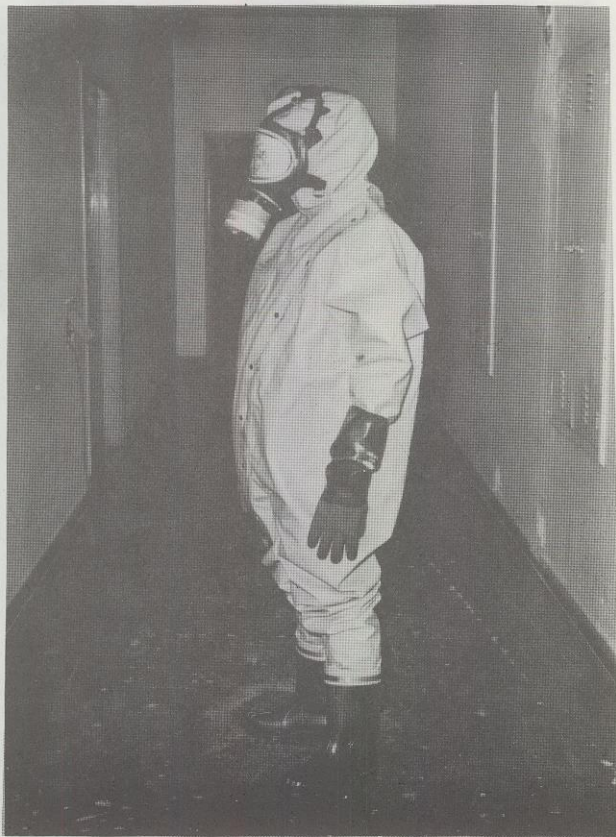


Figura 15 - B— Roupas de proteção com máscara facial
Vista lateral

Figura 16 – Aparatos de respiração com suprimento de ar portado pelo próprio trabalhador - chamado também de aparato de respiração autônomo.



A – Frente

Figura 16 - Aparelhos de respiração com suprimento de ar portado pelo próprio trabalhador, chamado também de apar-



B - Lateral

Após a tomada de todas estas medidas de segurança, o pessoal da proteção radiológica avalia, se o grau de segurança exigido está sendo obedecido e confirma a sua odediência. Vejamos como ele faz isso:

- Para avaliar o grau de segurança no local de trabalho, os técnicos de proteção radiológica fazem levantamento dos níveis de radiação, que chamamos de monitorações, para radiação externa, para contaminações de superfície e para contaminação do ar, e, desta

maneira, verificam se o trabalho pode ser desenvolvido em segurança ou que condições devem ser exigidas para que isto aconteça.

- Para confirmar se o trabalho está sendo efetuado em segurança, o pessoal encarregado da proteção radiológica faz a monitoração individual do trabalhador para radiação externa e para contaminação interna, isto é, incorporação de material radioativo. A monitoração individual externa é feita pelo dosímetro portado pelo trabalhador sobre o tronco do corpo e a monitoração individual interna, por análise de material radioativo eliminado na urina e por contador de corpo inteiro. Veja figura 17.

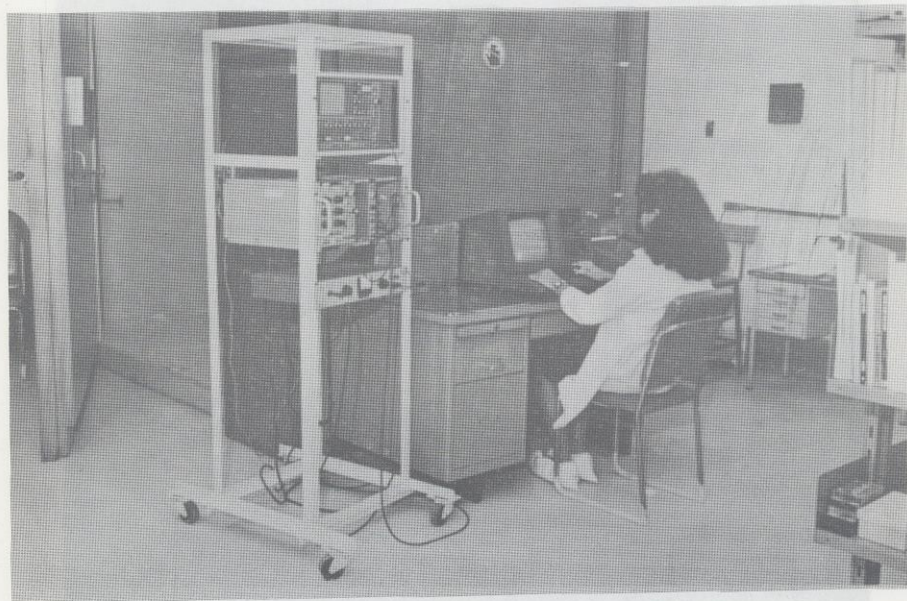


Figura 17 - A — Mesa de controle do contador de corpo inteiro

maneira ventilar se o trabalho pode ser desenvolvido em segurança
ou que condições devem ser exigidas para que isto aconteça

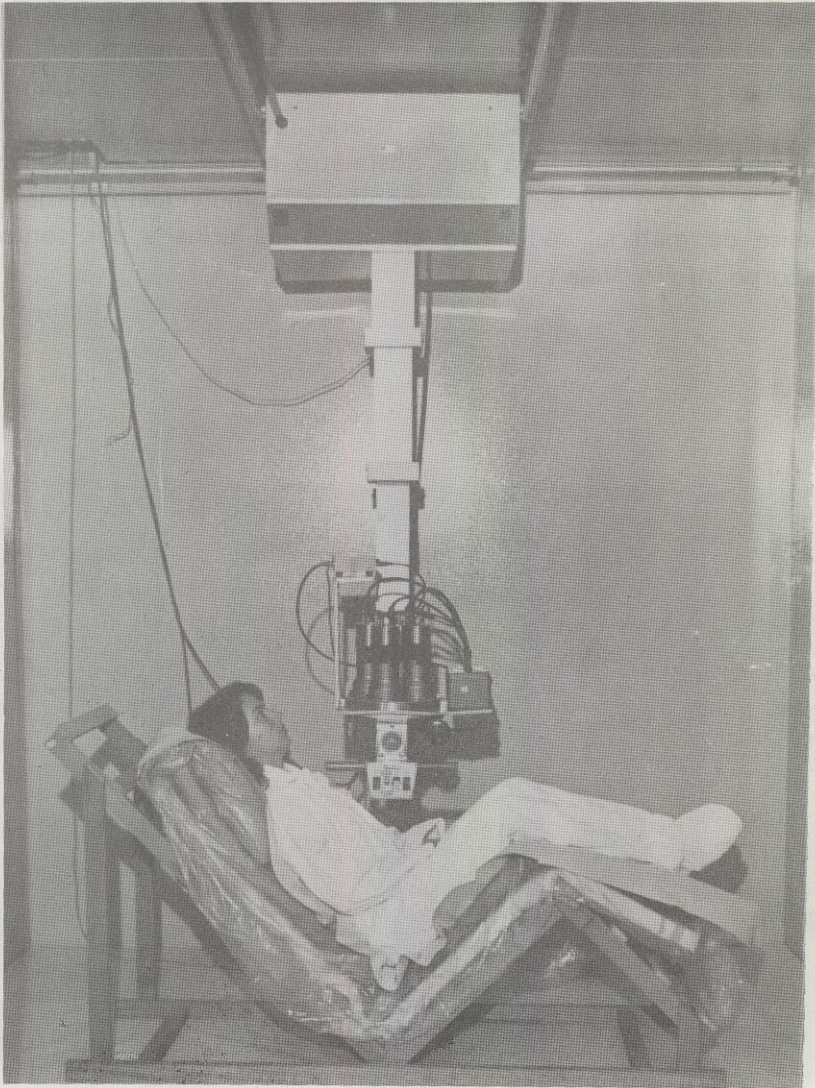


Figura 17 - B — Pessoa sendo monitorada pelo contador de corpo inteiro

Dáí vocês podem ver que é muito fácil avaliar o nível de eficácia da proteção radiológica em manter o ambiente de trabalho seguro, basta verificarmos as doses tomadas pelos trabalhadores, por exemplo, durante um ano. Se as doses forem pequenas, o serviço de proteção radiológica está sendo eficaz e se houver muitas pessoas com doses altas é necessário rever os procedimentos de proteção e de trabalho e fazer as correções necessárias.

Resta ainda informar que os laboratórios são classificados de acordo com os níveis de radiação e que sempre que haja material radioativo existe uma etiqueta, do tipo das figuras abaixo, que especifica o grau de risco em I, II e III, na sequência do menos radioativo para o mais radioativo. Veja figuras 18 a 20. Nos locais de passagem do pessoal, onde existe radiação vocês encontrarão etiquetas iguais as da figura 21, onde descreve o risco e as precauções a serem tomadas.



Figura 18 – Etiqueta branca para níveis de radiação baixos.

Figura 19

Etiqueta amarela para níveis de radiação intermediários.

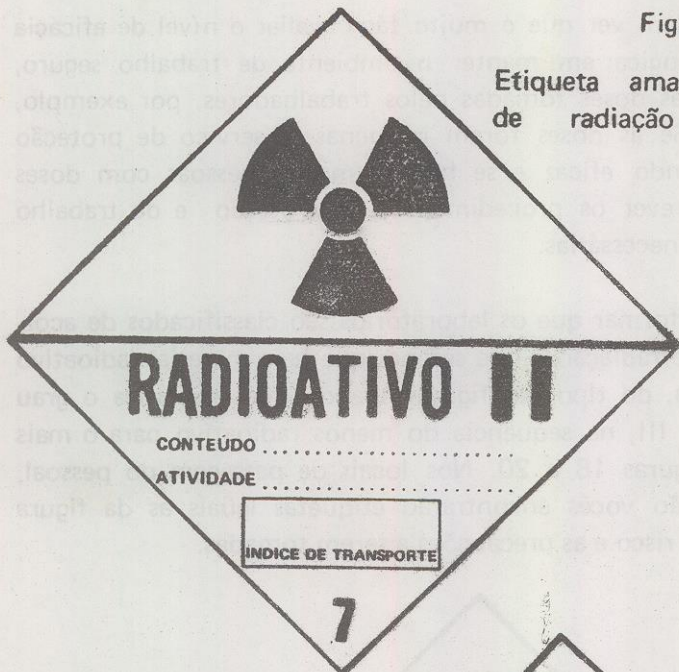


Figura 20

Etiqueta amarela para níveis de radiação alta.

Figura 21 – Cartão com o símbolo de radiação avisando o seu nível, material radioativo e precauções.



A – Frente

Figura 21 - Cuidado com o símbolo de radiação existente o seu nível.
materiais radioativos e precauções

RADIAÇÃO



RISCO

DESCRIÇÃO _____

PRECAUÇÕES (VEJA OUTRO LADO)

B - Verso

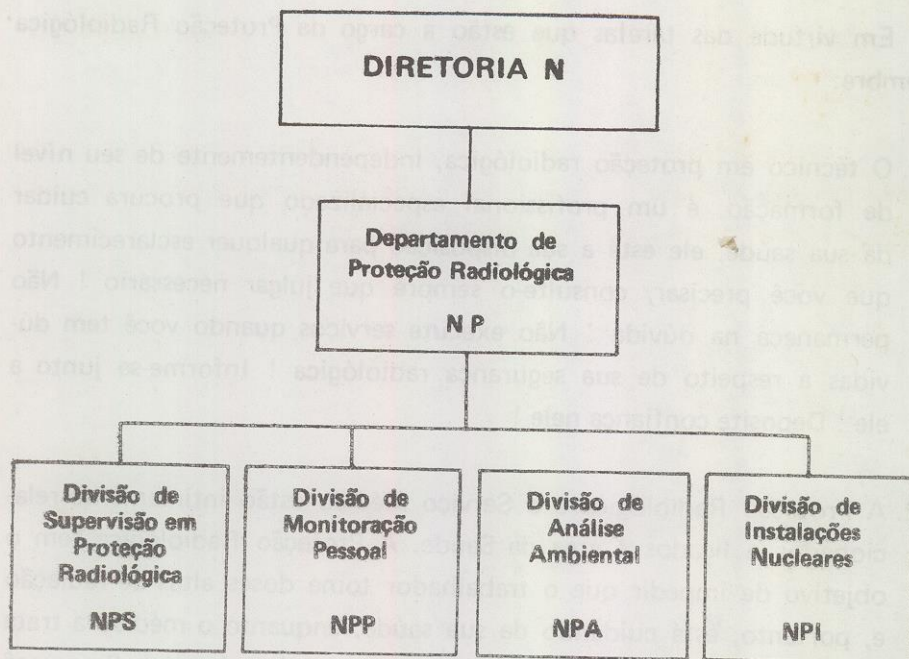
Em virtude das tarefas que estão a cargo da Proteção Radiológica lembre:

1. O técnico em proteção radiológica, independentemente de seu nível de formação, é um profissional especializado que procura cuidar da sua saúde, ele está a sua disposição para qualquer esclarecimento que você precisar, consulte-o sempre que julgar necessário ! Não permaneça na dúvida ! Não execute serviços quando você tem dúvidas a respeito de sua segurança radiológica ! Informe-se junto a ele ! Deposite confiança nele !
2. A Proteção Radiológica e o Serviço Médico estão intimamente relacionados e ligados à área da Saúde. A Proteção Radiológica tem o objetivo de impedir que o trabalhador tome doses altas de radiação e, portanto, está cuidando da sua saúde, enquanto o médico a trata no caso de uma irradiação acidental (dose muito elevada). Para você ter uma idéia, os primeiros sintomas de uma doença só irão aparecer se o indivíduo tomar uma dose única de radiação acima de 150 rem em menos de meia hora, ou seja, ele deve tomar 30 vezes o LAMA em menos de meia hora.

Junto com este relatório você receberá uma planilha com:

1. Os LAMA para que você sempre os lembre e use quando precisar;
- *2. O nome e os ramais telefônicos do pessoal da proteção radiológica que poderá atendê-lo em todas as suas dúvidas, consulte-o sempre que desejar ou precisar !

Finalizando, daremos um quadro explicativo da organização da Diretoria de Segurança Nuclear, N.



- A **Divisão de Supervisão em Proteção Radiológica** cuida de você, trabalhador, para que o seu serviço seja feito em segurança radiológica.
- A **Divisão de Análise Ambiental** cuida dos indivíduos do público. Evita que o IPEN libere material radioativo no ambiente em níveis superiores ao LAMA:
- A **Divisão de Instalações Nucleares** cuida da Calibração dos instrumentos de medida e das fontes de radiação.
- A **Divisão de Monitoração Pessoal** é o cérebro da Proteção Radiológica, dá assessoria técnica às demais divisões e executa auditorias junto a elas, além de controlar todo o material radioativo do IPEN.
- Informamos que o tratamento de rejeitos radioativos, tanto sólido

como líquido, é feito pelo Departamento de Ciclo do Combustível da Diretoria M.

Fazemos votos que venha gostar de sua nova casa, que realize um trabalho profícuo em segurança e que lhe traga prazer em cooperar para elevar ainda mais o nome desta Instituição.