

3º Congresso Geral de Energia Nuclear

22 a 27 de abril de 1990

ANAIS - PROCEEDINGS

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA NOVA FILOSOFIA INTERNACIONAL DE SEGURANÇA RADIOLÓGICA NO PROCESSAMENTO QUÍMICO DO URÂNIO NATURAL

Teresinha de Moraes da Silva

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR-SP
 INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
 Caixa Postal 11049 - Pinheiros
 05499 - São Paulo - BRASIL

SUMÁRIO

Este trabalho tem por objetivo adaptar o sistema de Segurança Radiológica das instalações referentes ao tratamento químico do concentrado de urânio ("yellow-cake") até a conversão em hexafluoreto de urânio na Usina Piloto do IPEN-CNEN/SP, à nova filosofia internacional adotada pela C.I.P.R. e A.I.E.A. A nova filosofia altera completamente os conceitos de radioproteção da filosofia anterior; altera, também o conceito de monitoração do local de trabalho e individual bem como a classificação das áreas de trabalho. Neste trabalho são apresentadas as monitorações realizadas em cada fase do processo químico de tratamento do urânio natural na instalação de conversão, para irradiação externa, contaminação de superfície e contaminação do ar; acrescenta da interpretação dos resultados de acordo com a nova filosofia. A partir da interpretação desses resultados os locais de trabalho foram reclassificados. O conceito de condição de trabalho introduzido pela nova filosofia foi aplicado levando-se em conta o tempo de permanência do trabalhador.

ABSTRACT

The objective of this work is to adapt the Radiological Safety System in the facilities concerned to the chemical treatment of the uranium concentrated (yellow-cake) until conversion in uranium hexafluoride in the pilot plant of IPEN-CNEN/SP, to the new international philosophy adopted by ICPR and IAEA. The new philosophy changes fully the Radiological Protection concepts of preceding philosophy, changes, also, the concept of the workplace and individual monitoring as well as the classification of the working areas. In this paper we show the monitoring program, in each fase of the natural uranium treatment chemical process in conversion facility for external irradiation, surface contamination and air contamination. The results were analysed according with the new philosophy and used to reclassify the workplace. It was introduced the condition work concept taking account the time spent by the worker in that workplace.

1. INTRODUÇÃO

O projeto de conversão de urânio em UF_6 adotado no IPEN-CNEN/SP, utiliza-se do processo químico úmido, compreendendo as operações de dissolução do concentrado de urânio, sua purificação por extração com solventes, a precipitação do diuranato de amônio D.U.A., a conversão a trióxido de urânio, UO_3 , seguida da redução a dióxido de urânio, UO_2 , a fluoretação a tetrafluoreto de urânio, UF_4 , terminando com a fluoração do tetrafluoreto a hexafluoreto de urânio, UF_6 ⁽⁵⁾.

⊕ objetivo do presente trabalho é introduzir no projeto conversão os novos conceitos das normas internacionais para atender o exigido pela Agência Internacional de Energia Atômica AIEA ⁽⁶⁾ e Comissão Internacional de Proteção Radiológica CIPR ^(10,12,13,14).

2. MÉTODOS DOSIMÉTRICOS PARA PREVENÇÃO E A AVALIAÇÃO DAS DOSES RECEBIDAS PELOS TRABALHADORES DE ACORDO COM A NOVA FILOSOFIA INTERNACIONAL.

As técnicas de monitoração utilizadas na antiga filosofia continuam idênticas nas normas internacionais, mas as concentrações máximas admissíveis no ar estão baseadas nos limites de Incorporação Anual LIA ^(6,13,14).

Pelas novas normas, é necessário, a partir dos resultados das monitorações do local de trabalho, estimar a dose anual que provavelmente o trabalhador receberá ^(6,12,14). É necessário introduzir um modelo matemático que transforme os resultados das monitorações em unidades usadas no sistema de limitação de dose ^(12,14).

A classificação dos locais de trabalho teve alteração, uma vez que, área controlada passou a ser chamada de área restrita e foi subdividida em supervisionada e controlada ^(6,14), considerando o ano de trabalho de 2000 horas. Estabelecem ainda condições de trabalho A e B ^(6,14).

São consideradas condições de trabalho A quando o trabalhador tem possibilidade de tomar doses em atividades normais, acima dos 3/10 do LAMA ou LIA; são justamente nestes casos que são exigidas as monitorações individuais.

São consideradas condições de trabalho B quando o trabalhador dificilmente tomará doses acima dos 3/10 do LAMA ou LIA. Nestes casos não há necessidade de monitoração individual.

As condições de trabalho leva em conta as horas realmente trabalhadas pelo indivíduo.

Dentro da nova filosofia os níveis de referência também foram alterados, assim são sugeridos três ^(6,12,14).

a) Nível de Registro, N.R. Definido para dose equivalente ou dose equivalente efetiva ou ainda incorporação. É um valor abaixo do qual não tem significado do ponto de vista de proteção radiológica, e, portanto, é registrado como zero, independente do valor medido.

b) Nível de Investigação, N.I. Definido para dose equivalente ou dose equivalente efetiva ou incorporação. As normas internacionais aconselham adotar como N.I. os 3/10 do LAMA ou do LIA calculados na fração de tempo em que a medida é feita e não 5/10 como as normas antigas estabeleciam.

c) Nível de Interrupção, N.Int. Deve-se interromper o trabalho para melhoraras condições de proteção e evitar que a sobre-exposição se repita. Geralmente especificado para uso em situações anormais.

Devemos observar que para este caso, não é a fração de tempo em que é feita a medida, mas, sim, o seu valor total que deve ser considerado.

Para 2000 horas de trabalho por ano, na irradiação de corpo inteiro, os valores dos níveis de referência seriam: Nível de Registro $2,5 \mu\text{Sv}=0,25\text{mRem/h}$; Nível de Investigação $7,5 \mu\text{Sv}=0,75\text{mRem/h}$; Nível de Interrupção $50.000 \mu\text{Sv/a} = 5000 \text{ mRem/ano}$.

Dentro desta nova filosofia, para evitar um ulterior trabalho de ter que justificar todas as doses superiores aos 3/10 dos LAMA ou LIA recebidas pelos trabalhadores é de interesse que todos os resultados das monitorações realizadas estejam abaixo do nível de investigação. Isto nos impulsiona a introduzir melhorias nas instalações e nos procedimentos de trabalho; e como consequência nos induz a reavaliar o programa de monitoração a cada melhoria.

Tomando esses conceitos como meta é que desenvolvemos este trabalho.

3. IDENTIFICAÇÃO DOS LOCAIS DE TRABALHO QUE NECESSITAM DE MONITORAÇÃO (14).

Na figura 1 mostra-se o processo químico utilizado no IPEN-CNEN/SP para conversão do concentrado de urânio em UF_6 , bem como os pontos e tipos de monitorações necessárias.

Considerando as 2000 horas de trabalho no ano para o urânio teríamos os seguintes valores como níveis de referência para o trabalhador.

Nível de registro	Irradiação Externa $\mu\text{c/kg.g}$	Contaminação de superfície Bq/cm^2	Contaminação do ar Bq/m^3
	$\geq 0,06$	≥ 20	≥ 1
Nível de investigação	$\geq 0,19$	≥ 60	≥ 3
Nível de interrupção	$\geq 0,625$	-	≥ 20000

4. RESULTADOS DAS MONITORAÇÕES EFETUADAS PARA IRRADIAÇÃO EXTERNA, CONTAMINAÇÃO DE SUPERFÍCIE E DO AR REALIZADAS DENTRO DAS FASES DO PROCESSO DE TRATAMENTO QUÍMICO DO URÂNIO NATURAL; COMO TAMBÉM A CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS E DAS CONDIÇÕES DE TRABALHO EM FUNÇÃO DOS RESULTADOS APRESENTADOS POR ESTAS MONITORAÇÕES SÃO APRESENTADAS NAS TABELAS 1, 2, 3, POSTERIORMENTE.

4.1. MONITORAÇÕES PARA IRRADIAÇÃO EXTERNA.

As monitorações para irradiação externa foram feitas com detector Geiger-Müller (G-M) modelo 760 marca IPEN fornecendo uma medida instantânea dos níveis de radiação (β) e gama (γ). Em obediência ao novo sistema de unidades expressamos as taxas de exposições em microCoulomb por quilograma hora, $\mu\text{C}/\text{kg.h}$.

4.2. MONITORAÇÕES PARA CONTAMINAÇÃO DE SUPERFÍCIE.

As monitorações para contaminação de superfície foram unicamente monitorações indiretas utilizando papel esfregação seco com 47 mm de largura.

Executaram-se cinco esfregaços em diferentes épocas nos equipamentos e pisos das unidades do projeto conversão.

Os resultados apresentados em atividades/ cm^2 das contagens mais elevadas foram comparados com os limites derivados do trabalho para contaminação de superfície.

Estes resultados encontram-se acima dos limites derivados estabelecidos tanto pelo AIEA⁽³⁾, pela norma nacional anterior a 01/08/88⁽¹⁾ bem como para o limite derivado por nós calculado⁽¹⁶⁾.

4.3. MONITORAÇÕES PARA CONTAMINAÇÃO DO AR.

A amostragem das partículas transportáveis pelo ar foi feita com uma bomba à vácuo, um medidor de vazão, um suporte de filtro e filtros de membrana marca Millipore com eficiência de coleta muito alta da ordem de 99,99%⁽⁸⁾.

A bomba de vácuo utilizada foi a da marca Millipore com vazão em torno de 25 l/min. Cabe ressaltar que toda a vazão próxima de 20 l/min. é satisfatório⁽¹¹⁾. Esclarecemos que o suporte contendo o filtro foi preso ao indivíduo próximo à Zona de Respiração do Trabalhador em todas as monitorações de ar executadas; uma vez que desejávamos avaliar a concentração de aerossóis durante a execução da tarefa em torno do trabalhador, pois o ar inalado por este pode ser substancialmente diferente daquele do local de trabalho como um todo⁽⁷⁾.

A sensibilidade do sistema de monitoração do ar adotado consegue detectar até 1/100 da concentração derivada no ar C.D.A., quando em literaturas é desejável detectar-se pelo menos 1/10 da C.D.A.^(2,8).

Os tipos de fitros escolhidos foram pH 0,3 microm (μm), AA 0,8 μm , SS 3,0 μm e Sc 8,0 μm ^(4,15).

Escolhemos essa faixa, pois aerossóis de 10 μm não atingirão os pulmões caso sejam inalados, pararão na região nasofaringial. Os aerossóis de diâmetros menores que 0,2 μm suspensos no ar apresentam um movimento Browniano e portanto do ponto de vista de radioproteção comportam-se como gases, isto é, o que entrar na via respiratória será eliminado, sem haver retenção ⁽¹³⁾.

A cada monitoração feita foi nossa preocupação saber o tempo gasto a fim de termos parâmetros para análise posterior.

A C.D.A. para o concentrado de urânio é de 10 Bq/m³ para 2000 horas de trabalho sendo o N.I = 3 Bq/m³. Aplicado o conceito da nova filosofia a cada monitoração realizada determinamos o respectivo N.I em função do tempo real gasto pelo trabalhador. Determinamos também quantas vezes o trabalhador esteve próximo ou não de atingir o N.I adotado.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados serão discutidos em função de cada tabela.

5.1. TABELA 1 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DAS MONITORAÇÕES EFETUADAS NO BLOCO 30 ⁽¹⁴⁾.

Para este local não existem áreas livres do ponto de vista de exposição direta à irradiação exceto para os tanques de água desionizada, lavagem e ácido nítrico. Para os demais locais deste bloco as taxas de exposição enquadram-se dentro dos limites de área supervisionada e controlada.

Cabe ressaltar que para capela de pesagem e reator de dissolução, respectivamente, existe a possibilidade de situações anormais de contaminação por manusearem o pó do concentrado de urânio enquadrando-se estes locais dentro de área controlada tanto por exposição externa, contaminação interna e contaminação do local.

Para a classificação de condição de trabalho no bloco 30 (setor de purificação) tomou-se por base o tempo de permanência do trabalhador nos diferentes locais deste bloco.

Os trabalhadores permanecem no máximo 1 hora por dia na capela de pesagem, no setor de dissolução durante alimentação do reator de dissolução. Nestes locais em média o trabalhador está submetido a uma taxa de exposição média de $1,56 \pm 1,32 \mu\text{C/kg h}$ e $0,19 \pm 0,11 \mu\text{C/kg h}$ respectivamente. Logo, para o ano de trabalho recebeu uma exposição de 294 $\mu\text{C/kg ano}$ e 46,25 $\mu\text{C/kg ano}$.

Para o filtro a vácuo F101-F101A o trabalhador permanece cerca de 10 minutos por dia recebendo uma exposição de 49 $\mu\text{C/kg ano}$.

Nos tanques de estocagem de N.U.I. V108-V127 os trabalhadores gastam cerca de 10 minutos por dia dando uma exposição anual de 14,75 $\mu\text{C}/\text{kg}$ ano.

Somando-se as exposições o trabalhador receberá 404 $\mu\text{C}/\text{kg}$ ano. Desta maneira, para efeito de exposição externa o trabalhador estará operando em condição de trabalho A.

Examinando as monitorações de ar, levando em conta o tempo de permanência na capela de pesagem e reator de dissolução, observamos que a concentração de material radioativo no ar é inferior ao N.I adotado e portanto o trabalhador ' estará operando em condições de trabalho B. Ocorre que há possibilidades de situações anormais devendo o trabalhador realizar monitoração individual externa.

5.2. TABELA 2 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DAS MONITORAÇÕES EFETUADAS NO BLOCO 31.

De acordo com os resultados apresentados para o setor de precipitação do D.U.A. encontram-se uma taxa de exposição entre um ,limiar de área supervisionada e controlada sob o ponto de vista de irradiação externa.

Sob o ponto de vista de contaminação superficial este setor excedeu os limites derivados de 200 Bq/cm^2 por nós calculado⁽¹⁶⁾. Logo, sob o ponto de vista de contaminação superficial este setor é classificado como Área Controlada.

Considerando a exposição média encontrada para esse local, uma vez que o trabalhador está em contato contínuo uma hora por dia para cada local chega-se a um valor de 57 $\mu\text{C}/\text{kg}$ ano razão pela qual, podemos considerar o trabalhador submetido a condição de trabalho B.

Os resultados apresentados para o forno de calcinação classifica este setor como área controlada em função da taxa de exposição e da contaminação superficial.

No que diz respeito à classificação de condição de trabalho o trabalhador permanece nesse local no máximo 1 hora por dia de trabalho. Dessa forma, estará submetido a uma exposição média de 80 $\mu\text{C}/\text{kg}$ ano significando uma condição de trabalho B para exposição externa.

Para contaminação de ar medimos uma concentração de material radioativo no ar três vezes abaixo do nível de investigação, portanto, típico de uma condição de trabalho B.

Os resultados apresentados para o setor de produção de UF₆ quanto à irradiação externa classifica este local como área supervisionada.

Quanto à contaminação superficial esta unidade classifica-se como área

controlada.

Para contaminação do ar é uma área livre em situações normais de trabalho; porém no caso de entupimento do reator, situação anormal, passa-se a considerar uma área controlada.

Quanto à exposição externa temos a considerar que o tempo de permanência do trabalhador neste local por dia são respectivamente uma hora para o andar térreo com uma exposição anual de $38 \mu\text{C}/\text{kg}$ ano e de $36 \mu\text{C}/\text{kg}$ ano para o andar superior onde se localiza o silo de alimentação do reator de leito móvel. Essas exposições apresentam condições de trabalho B para esse setor.

Quanto à situação anormal, tal como, o entupimento do reator de leito móvel, a concentração de material radioativo dispersa no ar está bem abaixo do nível de investigação real, razão pela qual apresenta uma condição de trabalho B.

5.3. TABELA 3 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DAS MONITORAÇÕES EFETUADAS NO BLOCO 84 - TORRE DE PRODUÇÃO DE UF_6 .

Quanto à exposição externa o piso térreo onde encontra-se barricas contendo pó de UF_4 , colhedor de cinza e o 5º piso onde têm-se o silo de alimentação da torre de produção de UF_6 são classificados como área controlada. O sexto piso onde encontra-se os cristalizadores primários é classificado como área controlada. Os demais pisos isto é 1º, 2º, 3º, 7º e 8º são considerados área livre.

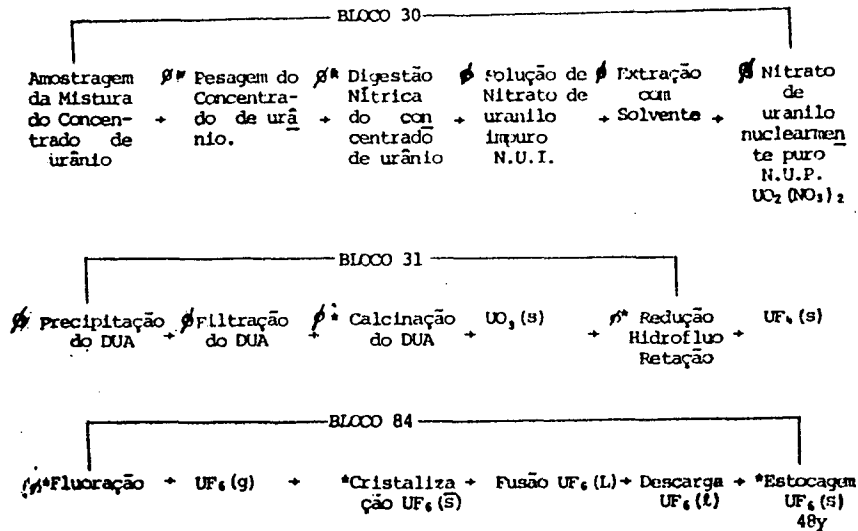
Quanto à contaminação superficial podemos verificar pela tabela 3 ser área controlada.

Relativamente à contaminação do ar encontra-se os pisos térreo e quinto como áreas controladas, os demais como áreas livres.

Para classificação das condições de trabalho sabe-se que os trabalhadores permanecem 20, 30 e 15 minutos diariamente, nos seguintes locais respectivamente colhedor de cinza, barricas de UF_4 e balança: uma hora por dia para alimentação do silo de UF_4 localizado no quinto piso de torre de UF_6 , e uma hora duas vezes por mês próximo aos vasos de armazenagem de UF_6 , 48y durante a fase de descarga de UF_6 . Assim os trabalhadores submetem-se a uma exposição média anual de $80 \mu\text{C}/\text{kg}$ ano.

Para essa faixa de exposição enquadraremos esses pontos dentro de uma condição de trabalho B.

FIGURA 1 - PROCESSO QUÍMICO UTILIZADO NO IPEN-CIEN/SP PARA CONVERSÃO DO CONCENTRADO DE URÂNIO EM UF₆.



Localidades dentro das fases do processo que necessitam de monitorações para irradiação externa e contaminação de superfície.

* Locais dentro das fases do processo que necessitam de monitorações para contaminação do ar durante o trabalho com pó de urânio.

TABELA 1 - RESULTADOS DAS MONITORAÇÕES REALIZADAS NA UNIDADE DE PURIFICAÇÃO DO PROJETO CONVERSÃO CORRESPONDENDO AO BLOCO 30.

Local Bloco 30	Irradiação Externa $\mu\text{C/kg h}$	Contaminação de superfície Bq/cm^2	Contaminação do ar Bq/m^3
Capela (1) de Pesagem	$1,56 \pm 1,32$	817	2,28 $t=10$ min. N.I. = 144 Bq/m^3 63 N.I.
Reator de Dissolução (1)	$0,19 \pm 0,11$	463,23	23,78 $t=15$ min. N.I. = 96 Bq/m^3 4 N.I.
Filtro a vácuo F101-F101A (1)	$0,21 \pm 0,10$	405,16	Não há manuseio de pó de urânio neste local.
Tanques N.U.I V108-V127 (1)	$0,35 \pm 0,20$		Não há manuseio de pó de urânio neste local.
Coluna de Extração (1)	$0,39 \pm 0,26$	2549,18	Não há manuseio de pó de urânio neste local.
Coluna de Lavagem (2)	$0,17 \pm 0,12$	813,05	Não há manuseio de pó de urânio neste local.
Coluna de Reversão (2)	$0,08 \pm 0,04$	290,14	Não há manuseio de pó de urânio neste local.

(1) Área controlada condição de trabalho A

(2) Área supervisionada condição de trabalho B

N.I. = Nível de Investigação

Obs: Considerando às 2000 horas de trabalho, os valores apresentados para contaminação do ar são iguais ou maiores que o N.I. estabelecido para o radionuclídeo urânio (3 Bq/m^3). Analisando estes valores dentro do conceito da nova filosofia determinou-se as horas reais trabalhadas no ano; chegando-se a 250 horas reais ampliando de um fator g o N.I. para 1 hora de trabalho. Porém para os resultados apresentados gastou-se 1/6 hora e 1/4 hora. Esse tempo faz com que o N.I. seja novamente alterado; evidencia que o trabalhador não atingiu o N.I. adotado como também esteve trabalhando em condições de 4 e 63 vezes abaixo do N.I. adotado. Esse mesmo tipo de análise se aplica as tabelas 2 e 3 para a contaminação do ar.

TABELA 2 - RESULTADOS DAS MONITORAÇÕES REALIZADAS NA UNIDADE DE PRECIPITAÇÃO DO DUA, FORNO DE CALCINAÇÃO E PRODUÇÃO DE UF₆ CORRESPONDENDO AO BLOCO 31.

Local Bloco 31	Irradiação Externa $\mu\text{C}/\text{kg/h}$	Contaminação de superfície Bq/cm^2	Contaminação do ar Bq/m^3
Precipitação do D.U.A.			
Tanques com N.U.P.	$0,19 \pm 0,03$	520,79	Não é necessário para a unidade de precipitação do D.U.A., pois o material utilizado está na forma líquida ou pastosa.
Válvulas	$0,11 \pm 0,05$	445,55	
Reator de Precipitação	$0,16 \pm 0,07$	860,74	
Filtro de vácuo	$0,50 \pm 0,15$	363,52	
Tanque de Decantação	$0,17 \pm 0,06$	26,30	
	(a)	(b)	
Forno de Calcinação	$0,33 \pm 0,13$	273,46	13,78 $t = 38 \text{ min.}$ N.I. = 38 Bq/m^3 3 \pm N.I.
	(b)	(b)	(c)
*Torre de Produção de UF ₆	$0,15 \pm 0,06$	904,06	35,83 $t = 5 \text{ min.}$ N.I. = 288 Bq/m^3 8 \pm N.I.
	(a)	(b)	(c)

(a) Área Supervisionada Condição de Trabalho B

(b) Área Controlada Condição de Trabalho B

(c) Área Livre

* Nas operações de desentupimento do reator passa a ser Área Controlada e Condição de Trabalho B.

TABELA 3 - RESULTADOS DAS MONITORAÇÕES REALIZADAS NA UNIDADE DE PRODUÇÃO DE UF₆ CORRESPONDENDO AO BLOCO 84

Local Bloco 84	Irradiação Externa $\mu\text{C}/\text{kg/h}$	Contaminação de superfície Bq/cm^2	Contaminação do ar Bq/m^3
Torre de Produção de UF ₆			
Colhedor de Cinza andar térreo.	$0,45 \pm 0,20$	1623,35	130 $t = 11 \text{ min.}$ N.I. = 131 Bq/m^3 Atingiu-se o N.I.
Barricas com UF ₆ andar térreo.	$2,01 \pm 0,95$	1925,02	—
Balança andar térreo.	$0,55 \pm 0,70$	1391,31	—
Silo de Alimentação 5º andar.	$0,21 \pm 0,12$	880,25	86,11 $t = 8 \text{ min.}$ N.I. = 180 Bq/m^3 2 \pm N.I.
			84 $t = 10 \text{ min.}$ N.I. = 144 Bq/m^3 21 N.I.
			35,22 $t = 9 \text{ min.}$ N.I. = 160 Bq/m^3 4 \pm N.I.

Área controlada condição de trabalho B

Na tabela e apresenta-se os resultados das monitorações realizadas no andar térreo e 5º andar.

Para o 5º andar pode-se observar o resultado referente a três monitorações de ar realizadas independentemente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. DEPARTAMENTO DE FISCALIZAÇÃO DO MATERIAL RADIOATIVO. *Normas Básicas de Proteção Radiológica*. 19 set. 1973 (CNEN-06-73) (Publicado no D.O. nº 180, Brasília, Seção I Pt II).
2. BRESLIN, A.J. *Guidance for air sampling at nuclear facilities*. New York, N.Y. Health and Safety Lab. 1976 (HASL-312).
3. CLAYTON, R.F. *Monitoring of Radioactive Contamination on Surfaces*. Vienna, International Atomic Energy Agency, 1970 (Technical Report Series, 120).
4. DETECTION AND ANALYSIS OF PARTICULATE CONTAMINATION. Millipore-Filter Characteristics, 26, 29, 31. October, 1966 (Catálogo Comercial).
5. GABURO, J.C.G., SILVA, T.M.; SORDI, G.M.A.A. *Segurança Ocupacional no processo de conversão de urânio da unidade piloto do IPEN-CNEN/SP*. São Paulo, out. 1988. (IPEN-Publ. 223).
6. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Basic Safety Standards for Radiation Protection*. Vienna, 1982 (Safety Series, 9).
7. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *The basic requirements for personal monitoring*. Vienna, 1980. (Safety Series, 14).
8. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Radiological Surveillance of Airborne Contaminants in the Working Environment*. Vienna, 1979 (Safety Series, 49).
9. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. *Report of Committee II on permissible dose for internal radiation*. Oxford, Pergamon, 1959 (ICRP-2).
10. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. *Implications of Commission recommendation that doses be kept as low as readily achievable*. Oxford, Pergamon, 1973 (ICRP 22).
11. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. *Report of the task group on reference man*. Oxford, Pergamon, 1975. (ICRP 23).
12. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. *Recommendation of the International Commission on Radiological Protection*. Oxford, Pergamon, 1977 (ICRP 26).
13. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. *Limits for intakes of Radionuclides by Workers*. Oxford, Pergamon, 1978 (ICRP 30), part.I)
14. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. *General principles of monitoring for radiation protection of workers*. Oxford, Pergamon,
15. LIPPMANN, M. Filter Media for air sampling. In: AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNAMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS. *Air Sampling instruments for evaluation of atmospheric contaminants*. 5.3d. 1978. p.N-8.
16. NATIONAL RADIOLOGICAL PROTECTION BOARD. *Derived limits for surface contaminants*. Harwell, Nov. 1979 (NRPB-DL2).