SBBN REPROLAM IRD

WORKSHOP

RADIOPROTEÇÃO E BIOSSEGURANÇA EM LABORATÓRIOS DE PESQUISAS

26 de junho de 2015

Rio de Janeiro (RJ) - Brasil

Riscos de incorporação de radionuclídeos em operações com aceleradores de partículas e métodos de controle

Eng. João Carlos Pereira da Silva

CNEN/Instituto de Engenharia Nuclear

Radiofármacos

$M^{123}IBG$
(metaiodobenzilguanidina)

$Na^{123}I$
(iodeto de sódio)

^{18}FDG
(fluordexoglicose)

APLICAÇÕES

MIBG
(diagnóstico – tumor e coração)

NaI
(diagnóstico tireóide)

FDG
(metabolismo glicose)

PRODUÇÃO

IRRADIAÇÃO DO ALVO

PROCESSAMENTO (SÍNTESE)

EXPEDIÇÃO

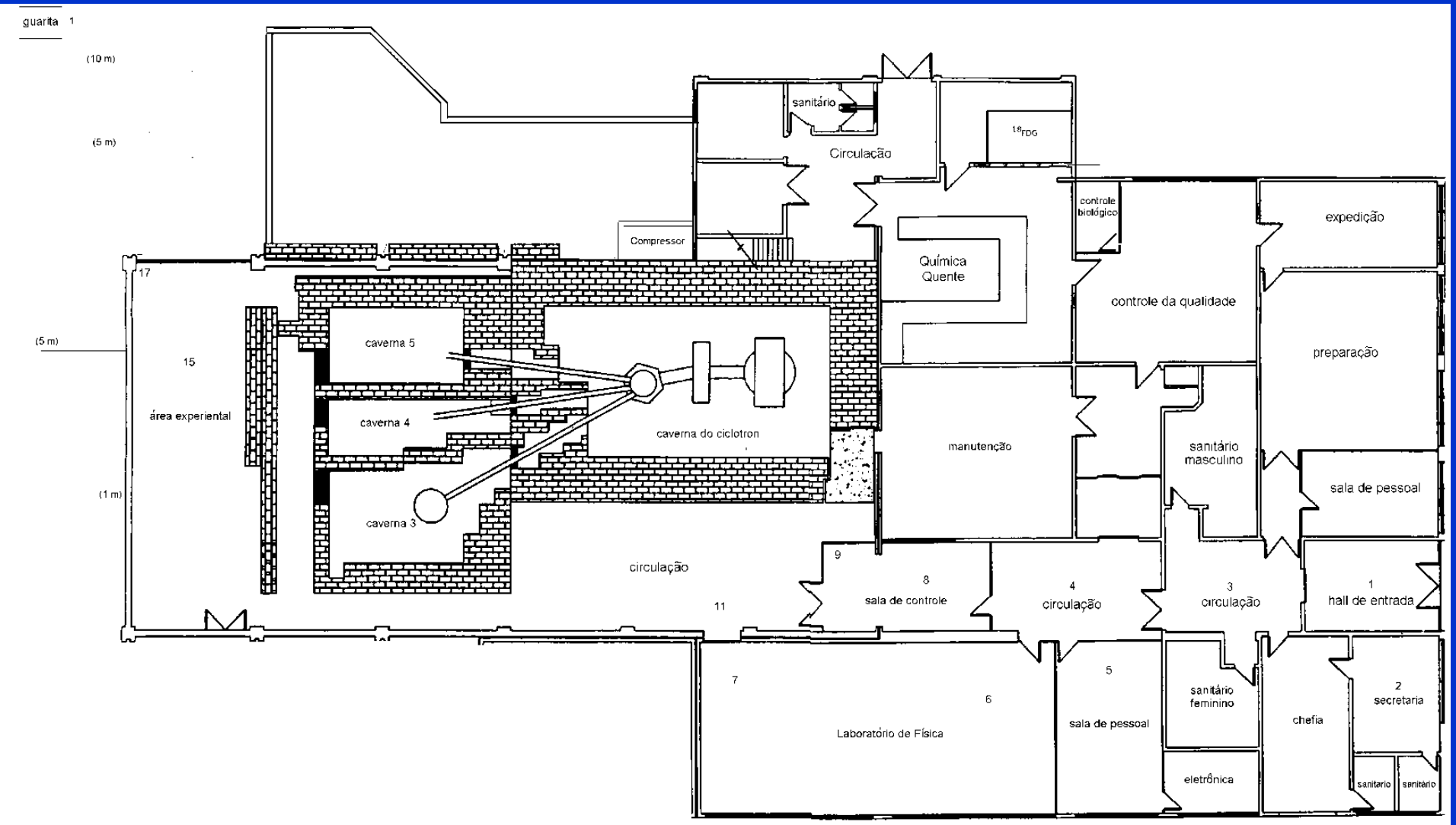
Instalações

Aceleradores (CV-28 e RDS-111)

Células de processamento

Sala para Expedição

Instalações



Aceleradores

CV-28

(p^+ 24 MeV 25 μA)

RDS-111

(H^- 11 MeV 40 μA)

REAÇÕES

iodo-123

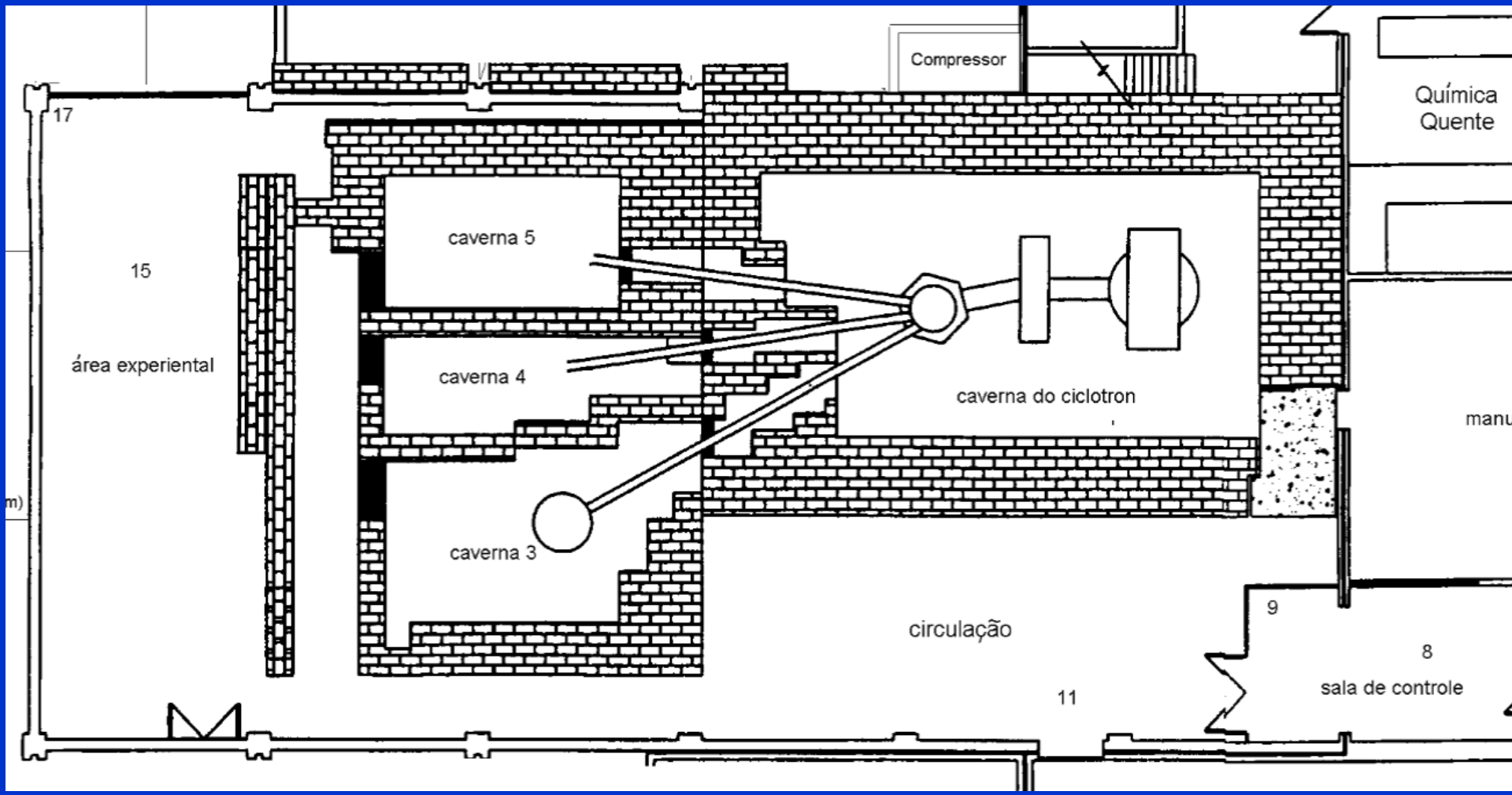
$^{124}Xe\ (p^{+}, 2n)\ ^{123}Cs\ (_{ce,\ 6\ min}) \rightarrow\ ^{123}Xe\ (_{ce,\ 2\ h}) \rightarrow\ ^{123}I\ (_{ce,\ 13\ h})$

flúor-18

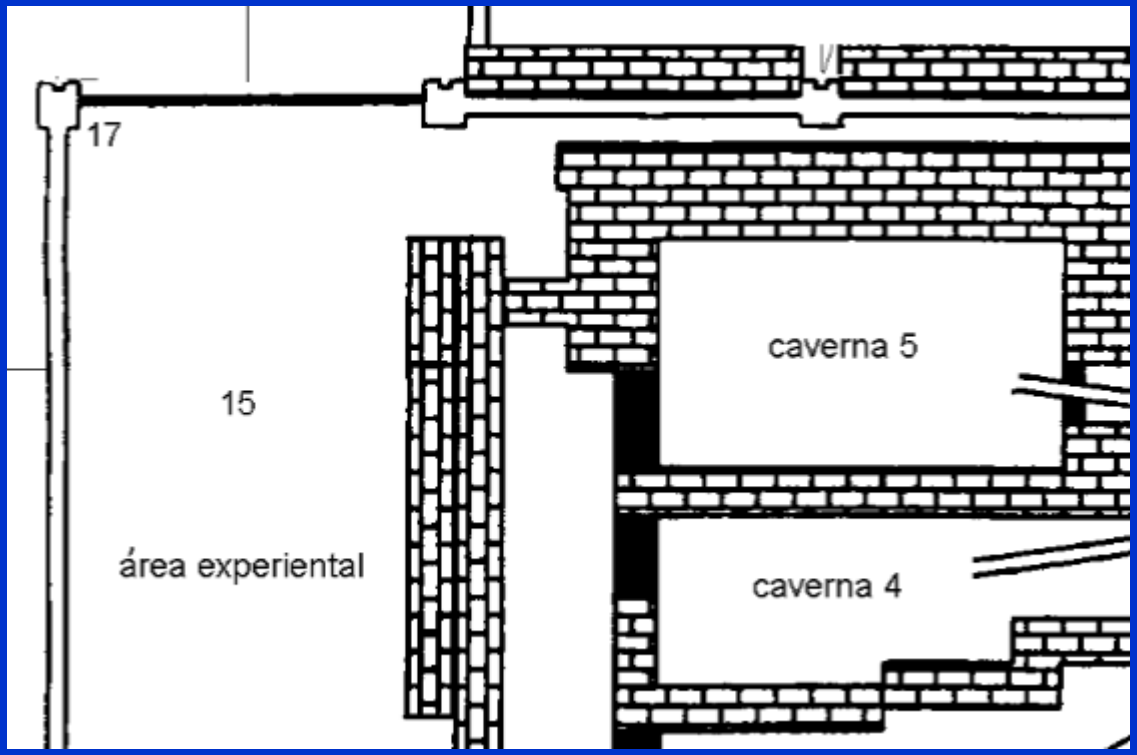
$^{18}O\ (p^{+}, n)\ ^{18}F$

EXIT

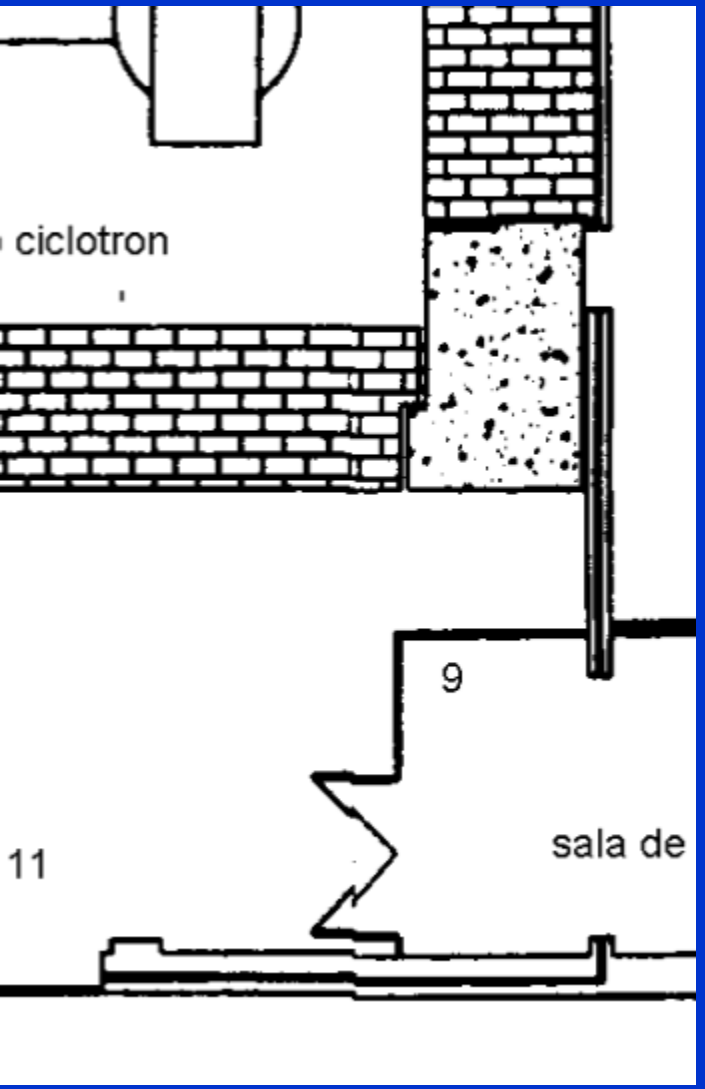
Instalações



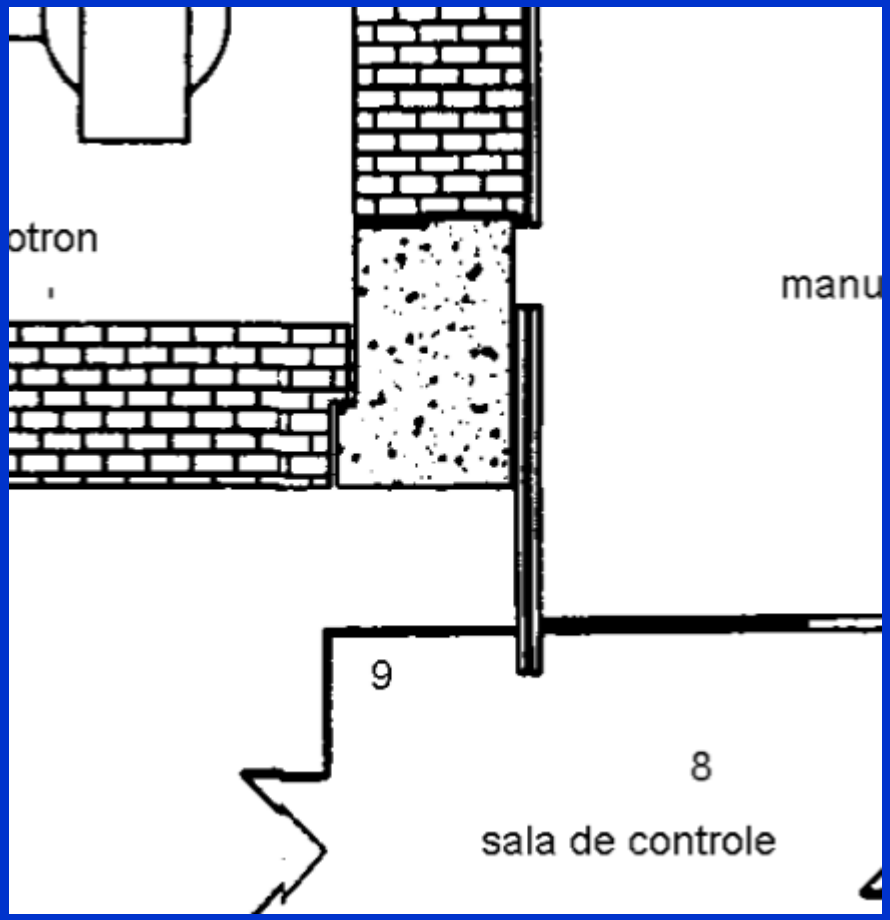
Instalações



Instalações



Instalações



CUIDADO
MATERIAL
RADIOATIVO

VIDRO
METAL
PLASTICO

PRODUÇÃO DE FLÚOR-18							
ANO	VIATURAS	ATIVIDADE (GBq)		EMBALADOS	ATIVIDADE MÉDIA	DOSE PESSOAL (mSV)	
		PRODUZIDA	EXPEDIDA		(GBq/un)	0,5 m	total
2005	308	1.779,1	378,1	127	2,98	0,04	4,8
2006	408	4.431,2	1.215,5	285	4,26	0,05	15,4
2007	687	15.240,1	5.392,3	732	7,37	0,09	68,3
2008	823	17.698,1	6.471,3	900	7,19	0,09	82,0
2009	491	10.378,1	3.051,8	604	5,05	0,06	38,7
2010	608	14.746,3	4.775,8	805	5,93	0,08	60,5
2011	499	8.245,8	2.904,3	549	5,29	0,07	36,8
2012	219	8.100,0	2.578,0	498	5,18	0,07	32,7
2013	396	10.345,4	2.402,3	380	6,32	0,08	30,4
2014	513	8.076,7	3.213,3	393	8,18	0,10	40,7
2015	142	2.568,7	1.014,8	112	9,06	0,11	12,9

a) considerando um tempo de exposição para medições de 1 min

b) 2015 até maio

PRODUÇÃO DE IODO-123							
ANO	VIATURAS	ATIVIDADE (GBq)		EMBALADOS	ATIVIDADE MÉDIA	DOSE PESSOAL (mSV)	
		PRODUZIDA	EXPEDIDA		(GBq/un)	0,5 m	total
2005	308	695,4	502,1	463	1,08	0,05	25,1
2006	408	690,7	470,4	441	1,07	0,05	23,5
2007	687	719,6	528,4	407	1,30	0,06	26,4
2008	823	684,0	431,8	264	1,64	0,08	21,6
2009	491	217,4	154,5	105	1,47	0,07	7,7
2010	608	409,3	292,4	118	2,48	0,12	14,6
2011	499	149,4	127,1	104	1,22	0,06	6,4
2012	219	219,9	65,3	26	2,51	0,13	3,3
2013	396	609,3	327,1	235	1,39	0,07	16,4
2014	513	1.021,8	542,5	479	1,13	0,06	27,1
2015	142	287,7	179,6	137	1,31	0,07	9,0

a) considerando um tempo de exposição para medições de 1 min

b) 2015 até maio

I O E

Aceleradores

- CV-28 - (6)
- RDS111 - (X)
- Facilidades - (6)
- Manutenção - todos

Processamento (11)

Proteção radiológica (10) (expedição)

vias de contaminação

- inalação / ingestão

- contaminação de pele

Contaminantes

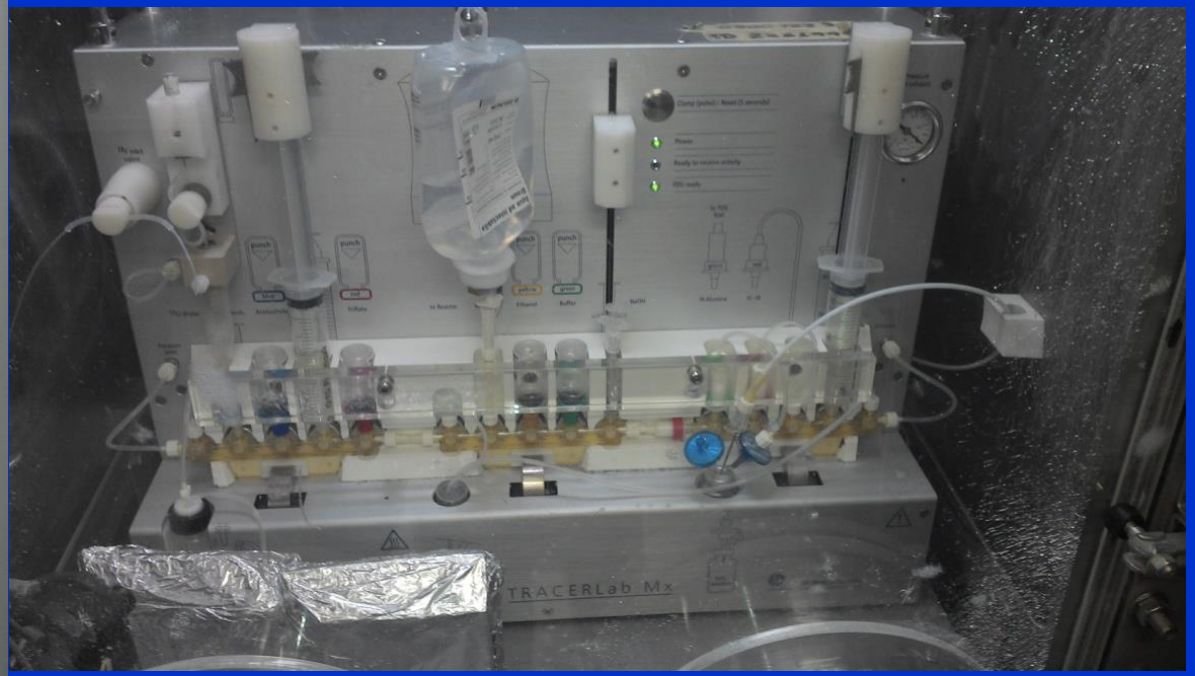
zinco-65

flúor-18

iodo-123

zinco-65

flúor-18



^{18}F	Nuclide Safety Data Sheet Fluorine – 18	^{18}F

I. PHYSICAL DATA

Radiation:	Gamma: 511 keV (194% abundance; positron annihilation radiation)	
	Betas: 634 keV (97% abundance) [Positron]	
Gamma Constant:	1.879E-04 mSv/hr per MBq at 1 meter[1] [6.952E-4 mrem/hr per uCi at 1 m]	
Half-Life [$T_{½}$] :	Physical $T_{½}$:	1.83 hours[2]
	Biological $T_{½}$:	~ 6 hours[3]
	Effective $T_{½}$:	~ 1.4 hours
Specific Activity:	9.51E7 Ci/g [3.52E18 Bq/g] [2]	

II. RADIOLOGICAL DATA

Radiotoxicity[4]:	Ingested:	2.9E-10 Sv/Bq [1.1 mrem/uCi] stomach wall
		3.31E-11 Sv/Bq [0.12 mrem/uCi] CEDE
	Inhaled:	1.4E-10 Sv/Bq [0.52 mrem/uCi] Lung
		2.3E-11 Sv/Bq [0.084 mrem/uCi] CEDE
Critical Organ[4]:	Lung (inhalation); stomach wall (ingestion)	
Exposure Routes:	Ingestion, inhalation, puncture, wound, skin contamination absorption	
Radiological Hazard:	External & Internal Exposure; Contamination	

^{123}I Nuclide Safety Data Sheet Iodine-123 ^{123}I

I. PHYSICAL DATA

Radiation:	Electrons – 3 keV (94%); 23 keV (12%); 127 keV (14%); others (<2%)
	Gamma & X-ray – 159 keV (83%); 27 keV (70%); 31 keV (16%); others (< 10%)
Gamma Constant:	0.277 mrem/hr per mCi @ 1.0 meter [7.478 E-5 mSv/hr per MBq @ 1.0 meter][a]
Half-Life [$T_{½}$] :	Physical $T_{½}$: 13.13 hours[a]
	Biological $T_{½}$: 120-138 days (unbound iodine)
	Effective $T_{½}$: ~ 12 hours (unbound iodine)
Specific Activity:	1.93E6 Ci/g [7.14E16 Bq/g] max.[b]

II. RADIOLOGICAL DATA

Radiotoxicity[c]:	4.42 E-9 Sv/Bq (16 mrem/uCi) of ^{123}I ingested [Thyroid]
	2.25 E-9 Sv/Bq (8.3 mrem/uCi) of ^{123}I inhaled [Thyroid]
Critical Organ:	Thyroid Gland
Intake Routes:	Ingestion, inhalation, puncture, wound, skin contamination (absorption);
Radiological Hazard:	External & Internal Exposure; Contamination

III. SHIELDING

	Half Value Layer [HVL]	Tenth Value Layer [TVL]
Lead [Pb][b]	1 mm (0.04 inches)	2 mm (0.08 inches)

- The accessible dose rate should be background but must be < 2 mR/hr

RADIONUCLIDE SAFETY DATA SHEET

NUCLIDE: Zn-65 **FORMS: SOLUBLE**

PHYSICAL CHARACTERISTICS:

HALF-LIFE: 245 days TYPE DECAY: e^- Capture, beta $^+$

maximum energies: Beta $^+$ 0.330 (1.5%) MeV
Energies of photons (intensity %/d) : 1.115 (51%) MeV

Hazard category: C- level (low hazard) : 0.010 to 2.0 mCi
B - level (Moderate hazard) : > 2.0 mCi to 100 mCi
A - level (High hazard) : greater than 100 mCi

EXTERNAL RADIATION HAZARDS AND SHIELDING:

The gamma exposure constant is 3.1 R-Cm^2/mCi - hr.
The amount of lead necessary to reduce the exposure rate by a factor of ten is 4.1 cm.
Shielding stock vials with lead is usually required. The beta dose at 1 cm from 1 mCi is insignificant.

FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS
FISPQ nº 02: $M^{123}IBG$ – meta-123-iodobenzilguanidina

1. Identificação do produto e da empresa

Nome do produto/substância: $M^{123}IBG$ – meta-123-iodobenzilguanidina

Uso do produto/substância: produto utilizado para estudos de disfunção na tireóide e diagnóstica em oncologia.

Identificação da empresa

Instituto de Engenharia Nuclear – IEN/CNEN

Rua Hélio de Almeida, 75 – Ilha da Cidade Universitária
Rio de Janeiro (RJ) - 55-21-2173-3852/2173-3719
http://www.ien.gov.br Fax 55-21-2590-2692

Emergência
55-21-2173-3735

2. Composição e informações sobre os ingredientes

Composição	Nº CAS	Max	Sinônimos
metaiodobenzilguanidina	63503-12-8	7,4 GBq	MIBG

3. Identificação de perigo

Este produto é radioativo devendo ser manipulado apenas por pessoal devidamente treinado e autorizado pela Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. Mantenha o produto dentro da blindagem de chumbo e permaneça afastado sempre que possível, evitando exposição desnecessária à radiação.

2. Composição e informações sobre os ingredientes

Composição	Nº CAS	Max	Sinônimos
metaiodobenzilguanidina	63503-12-8	7,4 GBq	MIBG

3. Identificação de perigo

Este produto é radioativo devendo ser manipulado apenas por pessoal devidamente treinado e autorizado pela Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. Mantenha o produto dentro da blindagem de chumbo e permaneça afastado sempre que possível, evitando exposição desnecessária à radiação.

4. Primeiros socorros

Após inalação: o produto não é volátil em condições normais de temperatura. Em caso de acidente durante o manuseio ou transporte do produto, contatar imediatamente a equipe de proteção radiológica ou responsável autorizado pelo manuseio no local.

Contato com a pele: lavar o local de contato com água até que a radioatividade diminua o máximo possível e não ocorra transferência para outros meios. Contatar imediatamente a equipe de proteção radiológica ou responsável autorizado pelo manuseio no local e, em caso de irritação, consultar um médico.

Contato com os olhos: lavar os olhos com água por 15 minutos mantendo as pálpebras abertas ou até que a radioatividade diminua o máximo possível. Contatar imediatamente a equipe de proteção radiológica ou responsável autorizado pelo manuseio no local e, em caso de irritação consultar, um médico.

Ingestão: não há reações adversas, mas pode causar exposição interna. Contatar a equipe de proteção radiológica para avaliar a extensão da contaminação interna. Se necessário, em caso de irritação, consultar um médico e informar a contaminação radioativa.

5. Medidas de combate a incêndio

Meios de extinção apropriados: o produto não é inflamável, podendo tornar-se volátil dependendo da intensidade do fogo. Em caso de incêndio, utilizar pó químico CO_2; quando usar água, é preciso ter cuidado para evitar o espalhamento do material, aumentando o risco de contaminação.

Perigos específicos: substância oferece risco a saúde por exposição externa ou interna à radiação podendo se acentuar em caso de permanência prolongada junto ao produto ou altos níveis de atividade.

Proteção aos bombeiros: utilizar sempre equipamentos de proteção individual de combate a incêndio. Os materiais utilizados para proteção devem ser mantidos em local isolado e seguro até ser avaliado por pessoal autorizado pela equipe de proteção radiológica para posterior descarte ou reutilização.

6. Medidas de controle para derramamento ou vazamento

Medidas de precaução pessoal: manter o produto sempre protegido na blindagem de chumbo devidamente identificada.

Precaução ao meio ambiente: o produto oferece risco de contaminação radioativa quando derramado no meio ambiente. Em caso de acidente envolvendo o meio ambiente comunicar as autoridades competentes. Comunicar imediatamente o IEN pelo telefone 55-21-2173-3735.

Métodos para limpeza: em caso de acidente com o produto, isolar e sinalizar a área afetada mantendo as pessoas afastadas. Não iniciar trabalhos de descontaminação nem de limpeza até receber instruções da proteção radiológica no local ou se necessário contatar o IEN para mais informações.

7. Manuseio e armazenamento

Manuseio: utilizar as recomendações normais de manuseio asséptico de produtos injetáveis incluindo dispositivos de segurança radiológica que evitem o contato direto com o material durante a operação.

Armazenamento: conservar o produto em temperatura inferior ou igual a 30 °C mantendo-o sempre protegido na embalagem intermediária e na blindagem de chumbo devidamente identificada e fechada. Não utilizar após o término da validade determinada na embalagem, descartando de acordo com a seção 13.

8. Controle de exposição e proteção individual

Limite de exposição ocupacional: a substância oferece risco à saúde por exposição externa à radiação que pode se acentuar em caso de permanência prolongada junto à embalagem. Exposições essas que podem causar efeitos similares a queimaduras no caso de altas doses. O limite para exposição ocupacional estabelecido pela CNEN é de 20 mSv/ano

Medidas de higiene: manter o produto dentro da embalagem de chumbo fechada e em local limpo.

FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS
FISPQ nº 02: M^{123}IBG – meta-123-iodobenzilguanidina

9. Propriedades físico-químicas e radiológicas

Estado físico	Cor	Odor	Esterilidade	Solubilidade	pH:	Ponto de ebulição:
líquido	incolor	inodoro	produto injetável, estéril e livre de pirogênio	solúvel em água	5,5 – 7,5	Não determinado

Dados radiológicos						
Decaimento	Radiação	Constante de taxa de exposição[1] (μSv (h MBq)$^{-1}$ a 1 metro)	Meias-vidas (h)			Atividade especifica[2] (Bq kg^{-1})
			Física[1]	Biológica[3]	Efetiva	
Captura eletrônica	Gama (γ), 159 keV	0,75	13,1	3.000	12	7,14 10^{19}

[1] Shlein et al, Eds. Handbook of Health Phys. & Rad. Health, 3ed., Baltimore: MD: Williams & Wilkins, p. 6-11, 1998.

[2] Delacroix et al. Radiation Protection Dosimetry – Radionuclide and Radiation Protection Data Handbook. Kent: England: Nuclear Technology Publishin, p. 87, 1998.

[3] Saha, G. Fundamentals of Nuclear Pharmacy. 2 ed., New York: Springer-Verlag, p. 238, 1984.

monitoramento individual

Dosímetros
(normal)

corpo inteiro
(periódico/eventual)

dosimetria pessoal

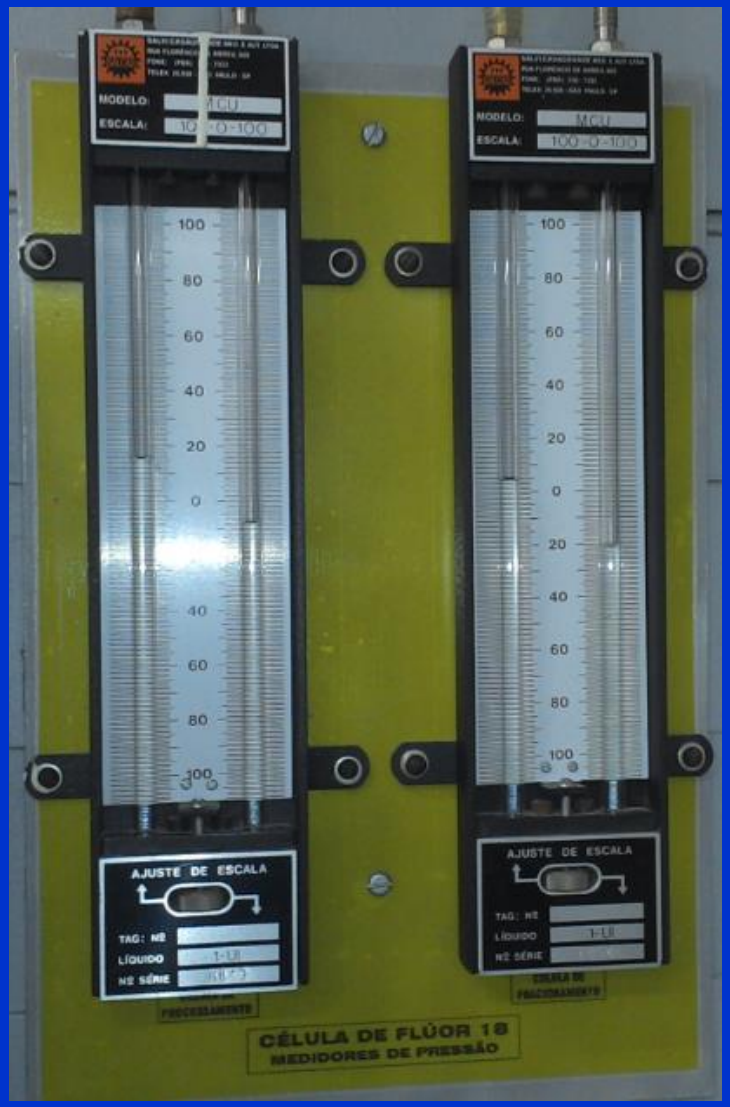
monitoramento ambiental

monitoramento de área

monitoramento de superfícies

amostragem de ar

monitoramento ocupacional
amostragem de ar



Proteção individual - EPI

Controle de eventos
(mSv)

0,60 < investigação < 1,6

1,6 < intervenção

Instituto de Radioproteção e Dosimetria
Divisão de Dosimetria
Laboratório de Monitoração In Vivo

RELATÓRIO DE MONITORAÇÃO IN VIVO

ID: DLI_2015_[redacted]
Nome: [redacted]
Empresa: IEN-CNEN
Setor: SECIC

RAD	DM	DET	GEO	TC(min)	ATIV(Bq)	AMD(Bq)
Zn-65	26/03/2015	NaI (8X4)	Corpo Inteiro	30	151 +/- 41	147

LEGENDA: RAD = Radionuclídeo, DM = Data da Medição, DET = Detector, GEO = Geometria de Medição, TC = Tempo de Contagem, ATIV = Atividade, AMD = Atividade Mínima Detectável.

IRD **INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA**
DIVISÃO DE DOSIMETRIA

RELATÓRIO DE CÁLCULO DE DOSE

Nome: [redacted]
Empresa: IEN-CNEN
Setor: SECIC

Metodologia: Bioanálise in Vivo – Contador de Corpo Inteiro
Radionuclídeo: Zn-65
Geometria: Corpo Inteiro
Atividade medida em 26/03/2015 = 151 Bq

Considerações adotadas para a estimativa da dose efetiva comprometida

Via de incorporação: INALAÇÃO
Tipo de incorporação: ÚNICA
Data da incorporação: 22/12/2014
Forma física: PARTICULADO
AMAD = 5 μm

Solubilidade: Tipo S
Programa: AIDE – versão 6
Modelos Biocinéticos: ICRP 67 (Zn) / ICRP 66 (HRTM) / ICRP 30 (GIT)
Modelo Dosimétrico: ICRP 60

Resultado

Atividade incorporada em 22/12/2014 = **1071 Bq**
Dose Efetiva Comprometida = **$3{,}0 \times 10^{-3}$ mSv**

Observação: Não consta registro de incorporações anteriores. Esta estimativa de dose considera apenas a atividade incorporada em 22/12/2014. As considerações adotadas nesta estimativa de dose descrevem o cenário mais conservativo possível baseado nas informações fornecidas pela empresa.

Rio de Janeiro, 16/04/2015.

Comissão Nacional de Energia Nuclear

Instituto de Engenharia Nuclear

Coordenação de Segurança e Proteção Radiológica

CSPR

Nº DI_15_004

ANÁLISE DE MEDIÇÕES *IN VIVO*

Nome: **Cargo:**

XCORPO INTEIRO:	URINA	FEZES	SANGUE

MEDIÇÕES *IN VIVO*

DATA	RADIONUCLÍDEO	ATIVIDADE (Bq)	AMD (Bq)
26/03/2015	^{65}Zn	151 ± 41	147

ANÁLISE

RADIONUCLÍDEO	LIA (Bq)	H_{50} (µSv)
^{65}Zn	10^7	3

DISCUSSÃO

O exame é realizado para investigar a incorporação de radionuclídeos resultantes da manutenção no ciclotron CV-28 (exposição ao radionuclídeo zinco-65).

Do ponto de vista radiológico, a atividade encontrada é muito inferior ao LIA. A atividade incorporada levaria a um comprometimento de dose por inalação em 50 anos em cerca de 3 µSv, muito inferior aos limites estabelecidos em normas regulamentares (20 mSv por ano).

Ass Data: / /

CONCLUSÕES

1) O valor encontrado não representa risco radiológico significativo para o IOE.
2) A incorporação foi devida à atividade ocupacional ao realizar raspagem em peças irradiadas.
3) Recomendável o uso de máscaras de menor porosidade.

Ass Data: / /

Ciência chefe da CSPR:	Data: / /
Ciência servidor:	Data: / /
Ciência chefe do servidor	Data: / /

MEDIÇÕES *IN VIVO*

DATA	RADIONUCLÍDEO	ATIVIDADE (Bq)	AMD (Bq)
26/03/2015	^{65}Zn	151 ± 41	147

ANÁLISE

RADIONUCLÍDEO	LIA (Bq)	H_{50} (μSv)
^{65}Zn	10^7	3

DISCUSSÃO

O exame é realizado para investigar a incorporação de radionuclídeos resultantes da manutenção no ciclotron CV-28 (exposição ao radionuclídeo zinco-65).

Do ponto de vista radiológico, a atividade encontrada é muito inferior ao LIA. A atividade incorporada levaria a um comprometimento de dose por inalação em 50 anos em cerca de 3 μSv, muito inferior aos limites estabelecidos em normas regulamentares (20 mSv por ano).

Ass Data: / /

CONCLUSÕES

1) O valor encontrado não representa risco radiológico significativo para o IOE.
2) A incorporação foi devida à atividade ocupacional ao realizar raspagem em peças irradiadas.
3) Recomendável o uso de máscaras de menor porosidade.

Ass Data: / /

Ciência chefe da CSPR:	Data: / /
Ciência servidor:	Data: / /
Ciência chefe do servidor	Data: / /

O nível de investigação para monitoração individual de IOE deve ser, para dose efetiva, 6 mSv por ano ou 1 mSv em qualquer mês.

Comissão Nacional de Energia Nuclear
Instituto de Engenharia Nuclear
Coordenação de Segurança e Proteção Radiológica CSPR

Nº_____
__/__/__

RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO POR EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL

Nome	Período

FILME:	ANEL:	ALBEDO:	INCORPORAÇÃO:

Limites para investigação (mSv/mês): **1,0 (filme + albedo + incorporação)** **20,0 (anel).**

Por haver sido alcançado/ultrapassado o limite para investigação, solicitamos o preenchimento dos campos abaixo, conforme indicado.

Entrevista com o servidor (descrição sucinta das atividades e práticas no período)		
Técnico Sepra/matrícula	Assinatura	Data:

SEPRA (análise/orientações):		
Nome/função (carimbo)	Assinatura	Data:

Chefia CSPR (comentários e encaminhamento)		
Nome/função (carimbo)	Assinatura	Data:

Ciência do servidor	Data: / /
Ciência Chefia do servidor	Data: / /

ien	Comissão Nacional de Energia Nuclear Instituto de Engenharia Nuclear Coordenação de Segurança e Proteção Radiológica CSPR	Nº_____ __/__/__

RELATÓRIO DE INTERFERÊNCIA POR EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL

Nome	Período

FILME:	ANEL:	ALBEDO:	INCORPORAÇÃO:

Limites para interferência (mSv/mês): **1,6 (filme + albedo + incorporação)** **41,6 (anel).**

Por haver sido alcançado/ultrapassado o limite para interferência, solicitamos o preenchimento dos campos abaixo, conforme indicado.

Entrevista com o servidor (descrição sucinta das atividades e práticas no período)		
Técnico Sepra/matrícula	Assinatura	Data:

SEPRA (análise/orientações):		
Nome/função (carimbo)	Assinatura	Data:

Chefia CSPR (comentários e encaminhamento)		
Nome/função (carimbo)	Assinatura	Data:

Ciência do servidor	Data: / /
Ciência Chefia do servidor	Data: / /

AGRADECIMENTOS

Comissão organizadora

Sepra / Dira / IEN

Obrigado pela atenção!

João Carlos Pereira da Silva
Serviço de Proteção Radiológica – IEN/CNEN
Ilha da Cidade Universitária (UFRJ) - Rio de Janeiro (RJ)
jcarlos@ien.gov.br
www.ien.gov.br