



AUTARQUIA ASSOCIADA À  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

# **Gestão dos rejeitos radioativos gerados na produção do <sup>99</sup>Mo por fissão nuclear**

MARIA EUGÊNIA DE MELO RÊGO

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

**Orientador:**

**Prof. Dr. Goro Hiromoto**

São Paulo  
2013

À minha Zane e minhas duas Marias,  
Clara e Quitéria.

## **Agradecimentos**

À Comissão Nacional de Energia Nuclear e ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares que viabilizaram a realização deste trabalho.

Ao Grande Arquiteto que não me permitiu cair frente às tormentas.

À minha família pelo apoio incondicional.

Aos amigos do IPEN: Adélia Aparecida Yuka Kakoi, Anna Raquel Petri, César Augusto Bizetto, Daiane Cristini Barbosa de Souza, Eduardo Gurzoni Álvares Ferreira, Fernando Peleias Junior, Leandro Goulart Araújo, Robinson Alves dos Santos, entre tantos outros que me acompanharam nessa jornada e permitiram que eu fizesse parte de suas histórias.

Aos mestres, tutores, companheiros de trabalho, amigos... Goro Hiromoto, Roberto Vicente e José Cláudio Dellamano pelo tempo e respeito dedicados, e que me ajudaram a ser uma profissional melhor.

Às queridas Ieda Venancio, Ruth Camilo e Izilda Araújo pelas horas despendidas em meu socorro.

Aos amigos da GRR-IPEN, pelas sugestões, pela paciência, pelo carinho, pela atenção...Muito obrigada mesmo!

A alegria está na luta, na tentativa, no sofrimento envolvido  
e não na vitória propriamente dita.

**Mahatma Gandhi**



# GESTÃO DOS REJEITOS RADIOATIVOS GERADOS NA PRODUÇÃO DO <sup>99</sup>Mo POR FISSÃO NUCLEAR

Maria Eugênia de Melo Rêgo

## RESUMO

O Brasil planeja construir uma planta de produção do <sup>99</sup>Mo por fissão do <sup>235</sup>U, devido à crescente utilização deste radioisótopo no setor de medicina nuclear. Neste trabalho buscou-se estimar as características físico-químicas e radiológicas dos rejeitos radioativos que serão gerados em tal instalação, além de fornecer subsídios teóricos a serem utilizados na definição do gerenciamento desses rejeitos. Estabelecidos dois cenários de produção para este projeto e utilizando-se o código Scale®, foram calculados os inventários radioisotópicos dos fluxos de rejeitos. Considerando-se o processamento químico dos alvos de urânio, foi possível caracterizar os rejeitos a partir de suas características químicas e radiológicas. Utilizando-se o software MicroShield®, determinou-se então as concentrações de atividade desses rejeitos em até 3 meses de produção. Este trabalho ainda apresenta o cálculo das taxas de dose variando-se tanto a espessura da blindagem, a ser utilizada numa embalagem para transporte *in-site*, quanto a quantidade de rejeito líquido retido em tal embalagem. Os radionuclídeos responsáveis pela maior parcela da dose de radiação foram identificados de forma a facilitar a determinação do método mais apropriado para o gerenciamento dos rejeitos após sua separação e antes de seu armazenamento. Os resultados aqui apresentados constituem uma compilação inicial do que é esperado em termos de rejeitos radioativos líquidos numa planta produtora de <sup>99</sup>Mo e podem auxiliar no desenvolvimento do plano de gerenciamento de rejeitos de tal instalação.

# MANAGEMENT OF RADIOACTIVE WASTE FROM $^{99}\text{MO}$ PRODUCTION BY NUCLEAR FISSION

Maria Eugênia de Melo Rêgo

## ABSTRACT

Brazil intends to build a facility for the  $^{99}\text{Mo}$  production through  $^{235}\text{U}$  fission, once this radioisotope is largely used in nuclear medicine. This study aimed at estimating the physical, chemical and radiological characteristics of radioactive waste expected to be generated in that facility, and to provide theoretical subsidies that can be used on the definition of a proper waste management system. Two production scenarios were established and the radioisotope inventories of the wastes were calculated by Scale®. From the chemical processing of the uranium targets the wastes were characterized on their chemical and radiological features. MicroShield® was used to determine the activity concentrations up to three months of  $^{99}\text{Mo}$  production. In addition, this work presents dose rate calculation for several sizes of shielding and different amount of wastes, collected in a proper package for *in-site* transportation. Radionuclides responsible for higher doses were identified in order to facilitate choosing the most appropriate method for managing the wastes after their chemical separation and before their storage. These results are part of what is expected on radioactive wastes at a  $^{99}\text{Mo}$  production facility and might help on the development of the waste management planning for that facility.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	ESCULTURA ENERGIA NUCLEAR DE HENRY MOORE.....	15
FIGURA 2	PRINCIPAIS RESULTADOS E INDICADORES DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO - DIRETORIA DE RADIOFARMÁCIA.....	17
FIGURA 3	ESQUEMA BÁSICO DA GESTÃO DE REJEITOS RADIOATIVOS.....	27
FIGURA 4	FLUXOGRAMA REPRESENTANDO ETAPAS PARA A PRODUÇÃO DE <sup>99</sup> Mo E FORNECIMENTO DE GERADORES DE <sup>99m</sup> Tc.....	33
FIGURA 5	FLUXOGRAMA DA ETAPA DE DISSOLUÇÃO DO ALVO.....	36
FIGURA 6	FLUXOGRAMA DA ETAPA DE PURIFICAÇÃO DO MOLIBDÊNIO.....	38
FIGURA 7	CENÁRIO II: TEMPO, EM HORAS, ESTIMADO PARA O RECEBIMENTO DE REMESSAS DE RR.....	47
FIGURA 8	REPRESENTAÇÃO DA SEÇÃO “DIMENSION” DO MICROSHIELD®.....	60
FIGURA 9	REPRESENTAÇÃO DA SEÇÃO “MATERIALS” DO MICROSHIELD®.....	61
FIGURA 10	REPRESENTAÇÃO DA SEÇÃO “SOURCE” DO MICROSHIELD®.....	62
FIGURA 11	RELAÇÃO BLINDAGEM DE CHUMBO VERSUS TAXA DE DOSE PARA REJEITOS LÍQUIDOS ÁCIDOS – 3 REMESSAS ACUMULADAS NO CENÁRIO I.....	75
FIGURA 12	RELAÇÃO BLINDAGEM VERSUS TAXA DE DOSE PARA REJEITOS LÍQUIDOS BÁSICOS – 3 REMESSAS ACUMULADAS NO CENÁRIO I.....	75
FIGURA 13	RELAÇÃO BLINDAGEM DE CHUMBO VERSUS TAXA DE DOSE PARA REJEITOS LÍQUIDOS ÁCIDOS – 3 REMESSAS ACUMULADAS NO CENÁRIO II.....	76
FIGURA 14	RELAÇÃO BLINDAGEM VERSUS TAXA DE DOSE PARA REJEITOS LÍQUIDOS BÁSICOS – 3 REMESSAS ACUMULADAS NO CENÁRIO II.....	77
FIGURA 15	TAXA DE DOSE VERSUS NÚMERO DE SEMANAS DE ACÚMULO/DECAIMENTO DOS RLA – CENÁRIO I.....	79
FIGURA 16	TAXA DE DOSE VERSUS NÚMERO DE SEMANAS DE ACÚMULO/DECAIMENTO DOS RLB – CENÁRIO I.....	80
FIGURA 17	TAXA DE DOSE VERSUS NÚMERO DE SEMANAS DE ACÚMULO/DECAIMENTO DOS RLA – CENÁRIO II.....	81
FIGURA 18	TAXA DE DOSE VERSUS NÚMERO DE SEMANAS DE ACÚMULO/DECAIMENTO DOS RLB – CENÁRIO II.....	82

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	MAIORES FORNECEDORES DE $^{99}\text{Mo}$ A PARTIR DA FISSÃO DO $^{235}\text{U}$ .....	21
TABELA 2	FORNECEDORES, DE MENOR PORTE, DE $^{99}\text{Mo}$ A PARTIR DA FISSÃO DO $^{235}\text{U}$ .....	23
TABELA 3	CLASSIFICAÇÃO VIGENTE DOS REJEITOS RADIOATIVOS NO BRASIL.....	25
TABELA 4	ALVOS DE ACORDO COM O TIPO DE DISSOLUÇÃO.....	33
TABELA 5	PARÂMETROS DE IRRADIAÇÃO E MASSA DE CADA ELEMENTO POR PLACA. ....	50
TABELA 6	DIMENSÕES CALCULADAS PARA OS COLETORES DE REJEITOS LÍQUIDOS – CENÁRIO I. ....	52
TABELA 7	DIMENSÕES CALCULADAS PARA OS COLETORES DE REJEITOS LÍQUIDOS – CENÁRIO II. ....	53
TABELA 8	PLANO DE ACÚMULO DAS REMESSAS DE RR – CENÁRIO II. ....	54
TABELA 9	RADIOISÓTOPOS PRECIPITADOS NO FILTRO DURANTE A DISSOLUÇÃO DO ALVO.....	57
TABELA 10	RADIOISÓTOPOS PRECIPITADOS E EM FASE LÍQUIDA APÓS DISSOLUÇÃO DO ALVO.....	57
TABELA 11	RADIOISÓTOPOS PRECIPITADOS, EM FASE LÍQUIDA E/OU EM FASE GASOSA APÓS DISSOLUÇÃO DO ALVO.....	58
TABELA 12	RADIONUCLÍDEOS RETIDOS NO TRATAMENTO OFF-GAS – 3 REMESSAS ACUMULADAS NO CENÁRIO I.....	64
TABELA 13	RADIONUCLÍDEOS RETIDOS NO TRATAMENTO OFF-GAS – 3 REMESSAS ACUMULADAS NO CENÁRIO II.....	65
TABELA 14	RADIONUCLÍDEOS RETIDOS NO FILTRO APÓS A DISSOLUÇÃO DO ALVO – 3 REMESSAS ACUMULADAS NO CENÁRIO I. ....	65
TABELA 15	RADIONUCLÍDEOS RETIDOS NO FILTRO APÓS A DISSOLUÇÃO DO ALVO – 3 REMESSAS ACUMULADAS NO CENÁRIO II. ....	66
TABELA 16	TIPOS DE REJEITOS RADIOATIVOS SÓLIDOS ESPERADOS NUMA INSTALAÇÃO PRODUTORA DE $^{99}\text{Mo}$ . ....	68
TABELA 17	RADIONUCLÍDEOS RETIDOS NO PROCESSO DE SEPARAÇÃO DO MOLIBDÊNIO – LÍQUIDO ÁCIDO.....	69
TABELA 18	RADIONUCLÍDEOS RETIDOS NO PROCESSO DE SEPARAÇÃO DO MOLIBDÊNIO – LÍQUIDO ÁCIDO.....	69
TABELA 19	RADIONUCLÍDEOS RETIDOS NO PROCESSO DE SEPARAÇÃO DO MOLIBDÊNIO – LÍQUIDO BÁSICO.....	70

TABELA 20	RADIONUCLÍDEOS RETIDOS NO PROCESSO DE SEPARAÇÃO DO MOLIBDÊNIO – LÍQUIDO BÁSICO .....	71
TABELA 21	CONCENTRAÇÃO DE ATIVIDADE: LÍQUIDO ÁCIDO – 3 REMESSAS ACUMULADAS NO CENÁRIO I. ....	72
TABELA 22	CONCENTRAÇÃO DE ATIVIDADE: LÍQUIDO ÁCIDO – 3 REMESSAS ACUMULADAS NO CENÁRIO II. ....	72
TABELA 23	CONCENTRAÇÃO DE ATIVIDADE: LÍQUIDO BÁSICO – 3 REMESSAS ACUMULADAS NO CENÁRIO I. ....	73
TABELA 24	CONCENTRAÇÃO DE ATIVIDADE: LÍQUIDO BÁSICO – 3 REMESSAS ACUMULADAS NO CENÁRIO II. ....	73
TABELA 25	ESTUDO DE BLINDAGEM: REJEITO LÍQUIDO ÁCIDO – 3 REMESSAS ACUMULADAS NO CENÁRIO I. ....	74
TABELA 26	ESTUDO DE BLINDAGEM: REJEITO LÍQUIDO BÁSICO – 3 REMESSAS ACUMULADAS NO CENÁRIO I. ....	75
TABELA 27	ESTUDO DE BLINDAGEM: LÍQUIDO ÁCIDO – 3 REMESSAS ACUMULADAS NO CENÁRIO II. ....	76
TABELA 28	ESTUDO DE BLINDAGEM: LÍQUIDO BÁSICO – 3 REMESSAS ACUMULADAS NO CENÁRIO II. ....	77

## LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

AECL	<i>Atomic Energy of Canada Limited</i> – Laboratório de Tecnologia e Ciências Nucleares, Canadá.
AIEA	<i>International Atomic Energy Agency</i> – Agência Internacional de Energia Atômica.
AL	Aprovação de Local.
ANSTO	<i>Australian Nuclear Science and Technology Organisation</i> – Organização Australiana de Tecnologia e Ciências Nucleares, Austrália.
AOI	Autorização para operação inicial.
AOP	Autorização para operação permanente.
AUMAN	Autorização para utilização de materiais nucleares.
BATAN	<i>Badan Tenaga Nuklir Nasional</i> – Comissão Nacional de Energia Nuclear, Indonésia.
BR2	<i>Belgian Reactor 2</i> – reator belga 2, Bélgica.
CEA	<i>Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives</i> – Comissão de Energia Atômica e Alternativas, França.
CIPR	<i>International Commission on Radiological Protection (ICRP)</i> – Comissão Internacional de Proteção Radiológica.
CNEA	<i>Comisión Nacional de Energía Atómica</i> – Comissão Nacional de Energia Nuclear, Argentina.
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear, Brasil.
CNEN-NE	Norma Experimental da CNEN.
COVRA	<i>Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval</i> – Organização Central para Rejeitos Radioativos, Holanda.
CQMA	Centro de Química e Meio Ambiente – IPEN, Brasil.
CRL	<i>Chalk River Laboratories</i> – Laboratórios de Chalk River, Canadá.
DIRF	Diretoria de Radiofarmácia – IPEN, Brasil.
EAEA	<i>Egyptian Atomic Energy Authority</i> – Autoridade Egípcia em Energia Atômica, Egito.
ENDF/B	<i>Evaluated Nuclear Data File B</i> – Biblioteca utilizada pelo SCALE para cálculos de reações nucleares em reatores.
EOI	<i>End of Irradiation</i> – momento imediatamente após a irradiação de alvos num reator nuclear.
ETRR-2	<i>Experimental Training Research Reactor 2</i> – Reator experimental de pesquisa e treinamento 2, Egito.
EUA	Estados Unidos da América.
EW	<i>Exempt Waste</i> – Rejeito isento de controles regulatórios.
GRR	Gerência de Rejeitos Radioativos – IPEN, Brasil.
HEPA	<i>High-Efficiency Particulate Air</i> – Filtro de ar de alta eficiência.
HEU	<i>High Enriched Uranium</i> – alvo/combustível contendo urânio enriquecido com 25 - 93% de <sup>235</sup> U.
HFR	<i>High Flux Reactor</i> – reator de alto fluxo, Holanda.

HLW	<i>High Level Waste</i> – Rejeito com alto nível de radiação.
HWR	<i>Heavy Water Reactor</i> – reator refrigerado a água pesada.
IAEA	<i>vide</i> AIEA.
ILW	<i>Intermediate Level Waste</i> - Rejeito com médio nível de radiação.
IOE	Indivíduo(s) Ocupacionalmente Exposto(s)
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brasil.
IPEN-TEC	Gerador de $^{99m}\text{Tc}$ a partir do decaimento radioativo de $^{99}\text{Mo}$ , produzido pelo IPEN.
IRE	<i>Institut des Radioéléments</i> – Instituto de Radioisótopos, Bélgica.
LC	Licença de construção.
LCQ	Laboratório de Controle da Qualidade.
LEU	<i>Low Enriched Uranium</i> – alvo/combustível contendo urânio enriquecido com até 20% de $^{235}\text{U}$ .
LLW	<i>Low Level Waste</i> – Rejeito com baixo nível de radiação.
LQ	Laboratório Químico.
MTR	<i>Materials Testing Reactor</i> – reator de alto fluxo, heterogêneo, e que utiliza alvo/combustível enriquecido.
NECSA	<i>South African Nuclear Energy Corporation</i> – Corporação de Energia Nuclear Sul-Africana, África do Sul.
NRG	<i>Nuclear Research and Consultancy Group</i> – prestador de serviços nucleares, Holanda.
NRSB	<i>Nuclear and Radiation Studies Board</i> – Conselho de Estudos Nucleares e de Radiação, EUA.
NRU	<i>National Research Universal Reactor</i> – reator de pesquisa universal, Canadá.
NTP	<i>Nuclear Technology Products</i> – empresa subsidiária da NECSA e responsável pela planta nuclear Pelindaba , África do Sul.
OPAL	<i>Open Pool Australian Lightwater Reactor</i> – reator nuclear de pesquisa australiano tipo piscina, Austrália.
ORIGEN	Código padrão para simulação de <i>burn-up</i> , decaimento e determinação de inventários radioisotópicos, do ORNL.
ORNL	<i>Oak Ridge National Laboratory</i> – Laboratório Nacional de Oak Ridge, Canadá.
OSIRIS	Reator experimental multipropósito localizado na CEA em Saclay, França.
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento.
PGRR	Plano de Gerenciamento de Rejeitos Radioativos.
PET	<i>Positron Emission Tomography</i> – tomografia por emissão de pósitrons.
RA-3	Reator Argentina 3, Argentina.
RLA	Rejeitos líquidos ácidos.
RLB	Rejeitos líquidos básicos.
RN	Radionuclídeo(s).
RR	Rejeito(s) radioativo(s).

RSG-GAS	<i>Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy</i> – Reator nomeado em homenagem a Gerrit Augustinus Siwabessy ex-ministro da saúde da Indonésia.
SAFARI-1	Reator nuclear de pesquisa sul-africano.
SCALE	Código de modelos e simulação para análise de segurança nuclear, desenvolvido e mantido pelo ORNL.
SCK•CEN	<i>Studiecentrum voor Kernenergie•Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire</i> – Centro de Estudos da Energia Nuclear, Bélgica.
TNP	Tratado de Não-Proliferação Nuclear.
TRIUMF	<i>Canada's National Laboratory for Particle and Nuclear Physics</i> – Laboratório Nacional para Física Nuclear e de Partículas, Canadá.
UP	Unidade de Pesquisa.
UTEG	Unidade de Tratamento de Efluentes e Rejeitos Gasosos.
UTERR	Unidade de Tratamento e Estocagem dos Rejeitos Radioativos.
UTQ	Unidade de Tratamento Químico.
VLLW	<i>Very Low Level Waste</i> – Rejeito de nível de radiação muito baixo.
VSLW	<i>Very Short Lived Waste</i> – Rejeito de meia-vida muito curta.



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	15
1.1 TECNÉCIO-99m .....	16
1.2 MÉTODOS DE OBTENÇÃO DO <sup>99</sup> Mo .....	17
1.2.1 FOTO-FISSÃO DO <sup>238</sup> U .....	18
1.2.2 TRANSMUTAÇÃO DO <sup>100</sup> Mo .....	19
1.2.3 PRODUÇÃO DIRETA DE <sup>99m</sup> Tc .....	19
1.2.4 ATIVAÇÃO DO <sup>98</sup> Mo .....	20
1.2.5 FISSÃO DO <sup>235</sup> U .....	20
1.3 REATORES MULTIPROPÓSITO .....	22
1.3.1 LICENCIAMENTO .....	23
1.4 REJEITOS RADIOATIVOS .....	24
2. OBJETIVO .....	28
3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	29
3.1 A PRODUÇÃO DE <sup>99</sup> Mo .....	29
3.1.1 INFRAESTRUTURA .....	29
3.1.1.1 O REATOR .....	30
3.1.1.2 UNIDADE DE TRATAMENTO E ESTOCAGEM DE REJEITOS RADIOATIVOS .....	31
3.1.2 ESQUEMA DE PRODUÇÃO .....	32
3.1.2.1 ALVO .....	33
3.1.2.2 IRRADIAÇÃO .....	34
3.1.3 PROCESSOS DE EXTRAÇÃO E PURIFICAÇÃO .....	34
3.1.3.1 DISSOLUÇÃO ÁCIDA .....	35
3.1.3.2 DISSOLUÇÃO BÁSICA .....	35
3.1.3.3 PURIFICAÇÃO .....	37
3.2 GESTÃO DOS REJEITOS .....	38
3.2.1 REJEITO GASOSO .....	39
3.2.2 REJEITO SÓLIDO .....	39
3.2.3 REJEITO LÍQUIDO .....	41
4. METODOLOGIA .....	43
4.1 PARÂMETROS DE PRODUÇÃO .....	43
4.1.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS .....	43
4.1.2 PROCESSO ESCOLHIDO .....	44
4.1.3 CENÁRIOS DE PRODUÇÃO .....	45
4.1.3.1 CENÁRIO I .....	45
4.1.3.2 CENÁRIO II .....	46
4.2 DETERMINAÇÃO DO INVENTÁRIO RADIOISOTÓPICO .....	48
4.3 ACÚMULO DE REJEITOS .....	51
4.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E RADIOLÓGICA .....	56
4.5 CÁLCULO DE BLINDAGEM .....	59
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	63
5.1 INVENTÁRIO RADIOISOTÓPICO INICIAL .....	63
5.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E RADIOLÓGICA .....	63
5.2.1 REJEITO GASOSO .....	64

5.2.2 REJEITO SÓLIDO.....	65
5.2.3 REJEITO LÍQUIDO.....	68
5.3 CONCENTRAÇÃO DE ATIVIDADE .....	71
5.4 CÁLCULO DE BLINDAGEM PARA REJEITOS LÍQUIDOS.....	74
5.5 DISCUSSÕES .....	83
6. CONCLUSÕES.....	85
7. TRABALHOS FUTUROS .....	87
REFERÊNCIAS.....	88
APÊNDICE A INVENTÁRIOS CONSIDERANDO-SE REMESSAS ACUMULADAS DE REJEITOS NUM PERÍODO DE 3 MESES.....	92
APÊNDICE A.1 ATIVIDADES ESPERADAS NO CENÁRIO I .....	92
APÊNDICE A.1-1 ATIVIDADES (BQ) ESPERADAS NO CENÁRIO I – ELEMENTOS LEVES (EOI A 876H).....	93
APÊNDICE A.1-2 ATIVIDADES (BQ) ESPERADAS NO CENÁRIO I – ELEMENTOS LEVES (1044H A 2220H).....	94
APÊNDICE A.1-3 ATIVIDADES (BQ) ESPERADAS NO CENÁRIO I – ACTINÍDEOS (EOI A 876H).....	95
APÊNDICE A.1- 4 ATIVIDADES (BQ) ESPERADAS NO CENÁRIO I – ACTINÍDEOS (1044H A 2220H).....	96
APÊNDICE A.1- 5 ATIVIDADES (BQ) ESPERADAS NO CENÁRIO I – PRODUTOS DE FISSÃO (EOI A 876H).....	97
APÊNDICE A.1-6 ATIVIDADES (BQ) ESPERADAS NO CENÁRIO I – PRODUTOS DE FISSÃO (1044H A 2220H).....	101
APÊNDICE A.2 ATIVIDADES ESPERADAS NO CENÁRIO II .....	105
APÊNDICE A.2-1 ATIVIDADES (BQ) ESPERADAS NO CENÁRIO II – ELEMENTOS LEVES (EOI A 636H).....	105
APÊNDICE A.2-2 ATIVIDADES (BQ) ESPERADAS NO CENÁRIO II – ELEMENTOS LEVES (708H A 1380H).....	106
APÊNDICE A.2-3 ATIVIDADES (BQ) ESPERADAS NO CENÁRIO II – ELEMENTOS LEVES (1428H A 2148H).....	107
APÊNDICE A.2-4 ATIVIDADES (BQ) ESPERADAS NO CENÁRIO II – ACTINÍDEOS (EOI A 636H).....	108
APÊNDICE A.2-5 ATIVIDADES (BQ) ESPERADAS NO CENÁRIO II – ACTINÍDEOS (708H A 1428H).....	109
APÊNDICE A.2- 6 ATIVIDADES (BQ) ESPERADAS NO CENÁRIO II – ACTINÍDEOS (1476H A 2148H).....	110
APÊNDICE A.2- 7 ATIVIDADES (BQ) ESPERADAS NO CENÁRIO II – PRODUTOS DE FISSÃO (EOI A 636H) .....	111
APÊNDICE A.2- 8 ATIVIDADES (BQ) ESPERADAS NO CENÁRIO II – PRODUTOS DE FISSÃO (708H A 1428H).....	115
APÊNDICE A.2- 9 ATIVIDADES (BQ) ESPERADAS NO CENÁRIO II – PRODUTOS DE FISSÃO (1476H A 2148H).....	119
APÊNDICE B CONCENTRAÇÃO DE ATIVIDADE DOS NUCLÍDEOS PRESENTES NOS REJEITOS LÍQUIDOS .....	123

APÊNDICE B.1	CONCENTRAÇÃO DE ATIVIDADE DOS REJEITOS LÍQUIDOS ÁCIDOS NO CENÁRIO I .....	123
APÊNDICE B.2	CONCENTRAÇÃO DE ATIVIDADE DOS REJEITOS LÍQUIDOS BÁSICOS NO CENÁRIO I .....	125
APÊNDICE B.3	CONCENTRAÇÃO DE ATIVIDADE DOS REJEITOS LÍQUIDOS ÁCIDOS NO CENÁRIO II .....	127
APÊNDICE B.4	CONCENTRAÇÃO DE ATIVIDADE DOS REJEITOS LÍQUIDOS BÁSICOS NO CENÁRIO II .....	129
APÊNDICE C	TAXAS DE DOSE EM FUNÇÃO DA ESPESSURA DA BLINDAGEM DE CHUMBO NO RECIPIENTE PARA TRANSPORTE INTERNO E DO TEMPO DE DECAIMENTO ..	131
APÊNDICE C.1	TAXA DE DOSE VERSUS BLINDAGEM E DECAIMENTO DOS REJEITOS LÍQUIDOS ÁCIDOS – CENÁRIO I .....	131
APÊNDICE C.2	TAXA DE DOSE VERSUS BLINDAGEM E DECAIMENTO DOS REJEITOS LÍQUIDOS BÁSICOS – CENÁRIO I .....	134
APÊNDICE C.3	TAXA DE DOSE VERSUS BLINDAGEM E DECAIMENTO DOS REJEITOS LÍQUIDOS ÁCIDOS – CENÁRIO II .....	136
APÊNDICE C.4	TAXA DE DOSE VERSUS BLINDAGEM E DECAIMENTO DOS REJEITOS LÍQUIDOS BÁSICOS – CENÁRIO II .....	138

## 1. INTRODUÇÃO

*Energia Nuclear* (MOORE, 1967), nome dado à escultura de Henry Moore apresentada na Figura 1, pode ser vista no sítio do primeiro reator nuclear do mundo – Chicago Pile - na Universidade de Chicago, EUA. A escultura foi pertinentemente dedicada à comemoração do 25º aniversário da primeira fissão em cadeia auto-sustentada. As dimensões da mesma dependem de como o espectador interpreta a forma daquela escultura, causando discordâncias entre opiniões de diferentes áreas.



**Figura 1** – Escultura *Energia Nuclear* de Henry Moore.

Por outro lado, *energia nuclear* é a energia liberada em reações envolvendo núcleos atômicos, como a quebra dos mesmos (fissão) ou sua fusão. Os benefícios e riscos de suas aplicações também causam discórdias, podendo acarretar conflitos de aceitação pública local a conflitos diplomáticos internacionais.

Este tipo de energia ficou mundialmente conhecido quando do lançamento das bombas atômicas sobre o Japão, em 1945, e foi também no Japão que a geração de energia elétrica a partir de usinas nucleares voltou a ser fortemente questionada depois que fenômenos naturais devastaram parte do país, em 2011.

É inegável que nos últimos 67 anos o número de setores que utilizam a energia nuclear – direta e/ou indiretamente - cresceu consideravelmente, porém as divergências ainda existem e, como na escultura supracitada, dependem da “interpretação do espectador”.

Preservação de obras de arte, geração de energia elétrica, terapias e diagnósticos médicos, estudo metabólico de plantas e animais, controle de pragas e conservação de produtos no setor agrícola etc. (CARDOSO, 2011), compõem a lista de aplicações da energia nuclear. Neste caso, por sua vez, o setor nuclear é cercado por questionamentos devido à falta de compreensão e informação por parte da população em geral; porém, pesquisadores do ramo se mantêm diante do desafio provando que os benefícios são reais.

A produção de radioisótopos se encontra naquela lista e, mais especificamente, o tecnécio tem nela uma posição de destaque.

### 1.1 TECNÉCIO-99m

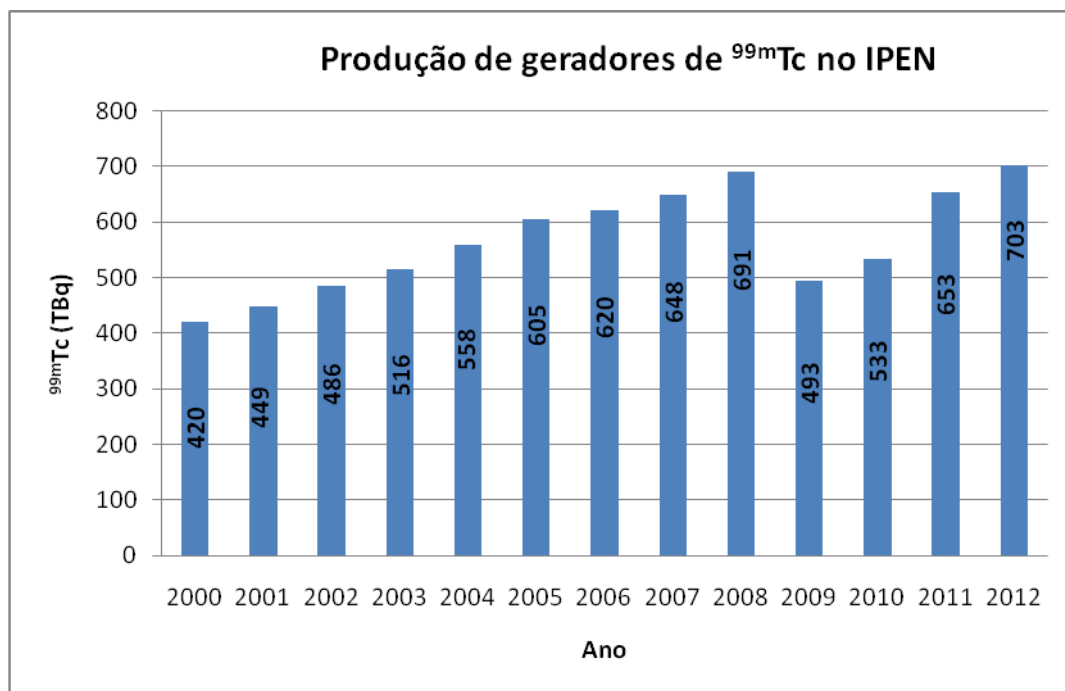
Tecnécio-99m ( $^{99m}\text{Tc}$ ) é um isômero metaestável do tecnécio-99 ( $^{99}\text{Tc}$ ) cuja meia-vida de 6 horas propicia segura administração em pacientes, garantindo pequenas doses internas de radiação e fácil gerência de rejeitos. O  $^{99m}\text{Tc}$  decai por transição isomérica emitindo fótons de 140 keV, sendo estes adequados para a detecção e o estudo de imagens (DIRF,2011). Produzido a partir do decaimento do molibdênio-99 ( $^{99}\text{Mo}$ ), o  $^{99m}\text{Tc}$  é atualmente utilizado em aproximadamente 80% dos procedimentos não invasivos de diagnóstico em medicina nuclear. Ele ainda é classificado como um isótopo de baixa toxicidade, enquanto que o  $^{99}\text{Mo}$  é de média toxicidade (AIEA, 1998).

Entre as aplicações têm-se a detecção de inflamações e tumores ósseos; estudos para avaliar a função de filtração glomerular dos rins; investigação de patologias relacionadas ao sistema nervoso central (tais como Parkinson e Alzheimer); detecção de anormalidades como o infarto do miocárdio; mapeamento de pulmões, fígado, baço, medula; entre outras (ARAÚJO, 2011).

A partir da injeção deste radioisótopo com ligantes específicos obtêm-se diagnósticos em menos tempo e maior precisão que outros métodos, como o PET ou tomografia computadorizada.

No Brasil os geradores IPEN-TEC são fornecidos pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), que atende a demanda nacional por radiofármacos em

aproximadamente 300 clínicas e hospitais. Em 2012 foram comercializados cerca de 703 TBq (19 kCi) em geradores de  $^{99m}\text{Tc}$  (DIRF,2012); a Figura 2 apresenta a produção de IPEN-TEC nos últimos 12 anos.



**Figura 2** – Principais Resultados e Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação - Diretoria de Radiofarmácia (DIRF,2012).

Diante da crescente procura por  $^{99m}\text{Tc}$  no país, um empreendimento cujo maior objetivo será a auto-suficiência brasileira na produção de radioisótopos para fins médicos, tem sido estudado e discutido pelos órgãos competentes. Dessa forma, pretende-se chegar ao fim da dependência dos fornecedores internacionais que o país apresenta atualmente, principalmente em relação ao  $^{99}\text{Mo}$ . Esse empreendimento viabilizaria a construção de um reator multipropósito para a produção de  $^{99}\text{Mo}$ , entre outras finalidades.

## 1.2 MÉTODOS DE OBTENÇÃO DO $^{99}\text{Mo}$

O molibdênio (Mo) ocorre naturalmente mas não como um metal livre na Terra, e sim em diferentes estados de oxidação em sais minerais. Sua composição isotópica natural é de, aproximadamente: 14,8% de  $^{92}\text{Mo}$ , 9,2% de  $^{94}\text{Mo}$ , 15,9% de  $^{95}\text{Mo}$ , 16,7% de  $^{96}\text{Mo}$ , 9,6% de  $^{97}\text{Mo}$ , 24,1% de  $^{98}\text{Mo}$  e 9,7% de  $^{100}\text{Mo}$ . O elemento livre, que é um metal prateado, tem o sexto ponto de fusão mais alto entre os elementos. Ele em geral forma carbonetos duros e estáveis, utilizados em ligas metálicas, e por este motivo a maioria da

produção mundial do Mo (cerca de 80 %) tem como finalidade produzir ligas de aço, nomeadas ligas de alta resistência e superligas.

Por outro lado, o molibdênio-99 ( $^{99}\text{Mo}$ ) é produzido artificialmente como descrito a seguir. Ele é dito ser o radionuclídeo mais importante entre os feitos pelo homem por causa do extensivo uso de seu nuclídeo filho, o  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ , em medicina nuclear (AIEA, 1998). A meia-vida do  $^{99}\text{Mo}$  é de aproximadamente 66h, e seu decaimento ocorre por meio da emissão de um  $\beta^-$  para  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  (87,5% de probabilidade) e para  $^{99}\text{Tc}$  (12,5% de probabilidade).

Como o país ainda não produz  $^{99}\text{Mo}$ , todo o material para suprir a necessidade nacional é importado. Com três remessas semanais provindas da Argentina, Canadá e África do Sul, o IPEN, em parceria com as instituições médicas, otimiza o abastecimento de  $^{99}\text{Mo}$  administrando quantidade disponível, prioridades e distância de envio.

O  $^{99}\text{Mo}$  pode ser obtido de diversas formas, distintas em relação ao custo-benefício e outras características. Nesta seção procurou-se explicar resumidamente cada um dos métodos e explicitar as principais diferenças entre eles.

### 1.2.1 FOTO-FISSÃO DO $^{238}\text{U}$

O processo de foto-fissão de  $^{238}\text{U}$  em alvos contendo urânio natural é realizado em aceleradores lineares. Nesta opção, um feixe de fótons de alta intensidade é utilizado para induzir reações  $^{238}\text{U} (\gamma, f) ^{99}\text{Mo}$ , a fim de fissionar átomos de  $^{238}\text{U}$  dando origem a nêutrons e produtos da fissão, entre eles o  $^{99}\text{Mo}$ .

Este método possui como desafio a necessidade de equipamentos que forneçam um feixe de intensidade suficientemente alta para superar a diferença entre a seção de choque desse método, cerca de 1000 vezes menor, e a de fissões envolvendo  $^{235}\text{U}$  e nêutrons (NRSB *et al*, 2009). Essa característica leva a um consumo significativo de energia, o que pode inviabilizar sua implantação em escala comercial.

Mesmo com essa e outras desvantagens, os rendimentos deste método e do método de produção a partir da fissão do  $^{235}\text{U}$  são similares, o que faz com que este processo seja discutido em muitos países atualmente.

Entre as vantagens tem-se a diminuição, ou até a eliminação, dos riscos associados ao uso de urânio enriquecido na proporção utilizada para construção de armas, e o processo de descomissionamento da instalação é comparavelmente mais barato. Além disso, um acelerador pode ser ligado e desligado de acordo com a vontade

da gerência da instalação e conforme autorizações do órgão regulador (MORRISON, 2009), de forma que a instalação tem seu descomissionamento facilitado pela ausência de alvos usados contendo urânio enriquecido.

### 1.2.2 TRANSMUTAÇÃO DO $^{100}\text{Mo}$

O processo de transmutação do  $^{100}\text{Mo}$  é realizado em aceleradores lineares. Nesta opção, um feixe de fótons de alta intensidade é utilizado para induzir reações  $^{100}\text{Mo} (\gamma, n) ^{99}\text{Mo}$ . Os alvos utilizados são enriquecidos em  $^{100}\text{Mo}$ , dando origem a um nêutron e  $^{99}\text{Mo}$ , em cada reação.

O desafio principal desse método é a produção dos alvos, já que o enriquecimento em  $^{100}\text{Mo}$  implica em investimentos tecnológicos e estruturais.

Entre as vantagens tem-se a não geração de rejeitos radioativos, o custo e as dificuldades quanto ao licenciamento são relativamente pequenos e tem-se maior previsibilidade quanto ao cronograma de produção (TRIUMF, 2008). Todas essas vantagens são percebidas com mais facilidade quando comparados os métodos que utilizam aceleradores lineares aos dos reatores nucleares.

### 1.2.3 PRODUÇÃO DIRETA DE $^{99m}\text{Tc}$

O processo de produção direta do  $^{99m}\text{Tc}$  é realizado em cíclotrons. Nesta opção, um feixe de prótons de alta intensidade é utilizado para induzir reações  $^{100}\text{Mo} (p, 2n) ^{99m}\text{Tc}$ . Os alvos utilizados são enriquecidos em  $^{100}\text{Mo}$ , dando origem a dois nêutrons e  $^{99m}\text{Tc}$ , em cada reação.

Este método possui como desafio principal, assim como na transmutação do  $^{100}\text{Mo}$ , o desenvolvimento de alvos capazes de suportar os feixes de altas energias produzidos pelos cíclotrons. O tratamento radioquímico para uso em larga escala, incluindo a reciclagem do material rico em  $^{100}\text{Mo}$ , faz parte do processo de estudo da viabilidade deste método a fim de garantir que o mesmo atenda às especificações de qualidade para alvos (RUTH *et al*, 2013).

Entre as vantagens tem-se que o isolamento químico de  $^{99m}\text{Tc}$  a partir do alvo rico em  $^{100}\text{Mo}$  é bastante direto e menos complexo que o método de separação do  $^{99}\text{Mo}$  dos produtos de fissão, e ainda permite a reciclagem do  $^{100}\text{Mo}$  para irradiações subsequentes.



Assim a produção de  $^{99m}\text{Tc}$  supre a demanda local, permitindo que os geradores sejam usados principalmente em localidades mais distantes dos cíclotrons (RUTH, 2010).

#### 1.2.4 ATIVAÇÃO DO $^{98}\text{Mo}$

O processo de ativação do  $^{98}\text{Mo}$  é realizado em reatores nucleares. Nesta opção, um fluxo de nêutrons é utilizado para induzir reações  $^{98}\text{Mo} (n,\gamma) ^{99}\text{Mo}$ . Os alvos utilizados são de molibdênio natural ou altamente enriquecidos em  $^{98}\text{Mo}$  dando origem a radiação gama e  $^{99}\text{Mo}$ , em cada reação de captura neutrônica.

Este método possui como desafio principal a produção de  $^{99}\text{Mo}$  de alta atividade específica. Caso o alvo utilizado seja de molibdênio natural, um feixe de  $1.10^{14} \text{ n}/(\text{cm}^2.\text{s})$  produziria cerca de 37 GBq/g, enquanto que um alvo enriquecido a 100% de  $^{98}\text{Mo}$  produziria 370 GBq/g apenas (RYABCHIKOV *et al*, 2004). Essa característica limita a produção de  $^{99}\text{Mo}$  e a subsequente produção de  $^{99m}\text{Tc}$ .

Entre as vantagens tem-se que o processamento do alvo pós-irradiação é mínimo, os alvos utilizados não são de urânio altamente enriquecido, excluindo a possibilidade de proliferação nuclear, e quase não há geração de rejeitos, uma vez que o único produto é o  $^{99}\text{Mo}$  (ZOLLE, 2007). Ainda, é relativamente fácil adaptá-lo a reatores de médio/alto fluxo para cobrir a demanda local ou em casos de escassez temporária de  $^{99}\text{Mo}$  (KÖSTER,2011).

#### 1.2.5 FISSÃO DO $^{235}\text{U}$

O processo de fissão do  $^{235}\text{U}$  é realizado em reatores nucleares. Nesta opção, um fluxo de nêutrons térmicos é utilizado para induzir reações  $^{235}\text{U} (n,f) ^{99}\text{Mo}$ . Os alvos utilizados são enriquecidos em  $^{235}\text{U}$  dando origem a nêutrons e produtos de fissão, entre eles  $^{99}\text{Mo}$ .

Este método possui como desafio principal a geração de rejeitos contendo muitos radionuclídeos de meia-vida longa com atividade total que excede a do  $^{99}\text{Mo}$  produzido. Além disso, os requisitos tecnológicos e de infraestrutura são muito mais complexos e caros, o que diminui o número de produtores, uma vez que apenas países com tecnologia nuclear avançada conseguem manter esse tipo de empreendimento.

Entre as vantagens tem-se que o  $^{99}\text{Mo}$  gerado apresenta alta atividade específica, chegando a milhares de TBq/g (GERASIMOV *et al*, 1989). Em relação à quantidade esta

também é de longe a melhor opção de produção do  $^{99}\text{Mo}$ . Visando o suprimento da demanda local e possível exportação, muitos países estão investindo em P&D de técnicas de otimização e métodos mais seguros que garantam a superioridade deste método (GERASIMOV *et al*, 1989).

Como o foco deste trabalho envolve este método de produção, na Tabela 1 estão listados os responsáveis pelas maiores unidades produtoras de  $^{99}\text{Mo}$  a partir do processo de fissão do  $^{235}\text{U}$ , os respectivos reatores de pesquisa, e países onde estas instalações se encontram.

**Tabela 1**– Maiores fornecedores de  $^{99}\text{Mo}$  a partir da fissão do  $^{235}\text{U}$  (IAEA, 1998; IAEA, 2010; IAEA, 2012).

Responsável	Reator	Tipo	Fluxo (n/cm <sup>2</sup> .s)	Potência (MW)	Alvo	Processamento do $^{99}\text{Mo}$	País
Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire(SCK•CEN)	BR2	Tanque	1.0.10 <sup>15</sup>	100	HEU	Institut des Radioéléments (IRE)	Bélgica
Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA)	Osiris	Piscina	1.7.10 <sup>14</sup>	70	HEU	Centre at Saclay	França
Atomic Energy of Canada Limited (AECL)	NRU	HWR	4.0.10 <sup>14</sup>	135	HEU	Chalk River Laboratories (CRL)	Canadá
Nuclear Research & Consultancy Group (NRG)	HFR	Tanque em piscina	2.7.10 <sup>14</sup>	45	HEU	Covidien	Holanda
South African Nuclear Energy Corporation (NECSA)	Safari-1	Tanque em piscina	2.4.10 <sup>14</sup>	20	HEU	Nuclear Technology Products (NTP)	África do Sul
Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)	OPAL	Tanque em piscina	3.0.10 <sup>14</sup>	20	LEU	ANSTO	Austrália

Três dos maiores produtores mundiais utilizam alvos enriquecidos numa faixa entre 20 - 93% de  $^{235}\text{U}$ , conhecidos como alvos de urânio altamente enriquecido (HEU, sigla para *high enriched uranium*). Há também os que utilizam alvos de urânio pouco enriquecido (LEU, sigla para *low enriched uranium*), até 20%.

Devido às restrições do Tratado da Não-Proliferação Nuclear (TNP), o uso atual de HEU vem diminuindo. Alguns grupos de pesquisa ao redor do mundo tentam desenvolver métodos cada vez mais eficazes para a conversão de processos, que inicialmente utilizavam HEU, para LEU (VANDEGRIFT *et al*, 1997).

Esta conversão acarreta modificações no gerenciamento de rejeitos radioativos, uma vez que é necessária maior quantidade de urânio nos alvos LEU, para compensar o menor enriquecimento. Desta forma, os núclídeos resultantes da irradiação dos alvos LEU são distintos dos provindos de HEU devido à diferença entre a atividade e quantidade dos mesmos, e esta discrepância implica em modificações nas técnicas de dissolução, blindagem e gestão dos rejeitos gerados.

A Argentina obteve sucesso na produção de alvos LEU tanto para consumo nacional quanto para suprir a demanda de nações como a Austrália, em contrato firmado em 2008, que vem expandindo sua atual produção com LEU. O quarto maior produtor de  $^{99}\text{Mo}$  do planeta, África do Sul, está convertendo seus processos para se adequar à nova tendência (IAEA,2010a).

### 1.3 REATORES MULTIPROPÓSITO

*Reatores Multipropósito*, como a semântica propõe, são reatores de pesquisa que têm usos e propósitos múltiplos.

Suas aplicações e benefícios são comparáveis a um reator de pesquisa comum em relação à pesquisa com nêutrons e análises por ativação de materiais; o ensaio de materiais estruturais de reatores de potência entre outros componentes caracteriza uma das principais utilidades deste tipo de reator mas o carro-chefe ainda permanece com a produção de radioisótopos para uso médico e industrial.

Na Tabela 2 estão listadas as unidades regionais produtoras de  $^{99}\text{Mo}$  que utilizam LEU. Essas instalações são semelhantes ao que se espera realizar no Brasil, diferenciando-se principalmente na quantidade de  $^{99}\text{Mo}$  a ser produzido semanalmente.

**Tabela 2** – Fornecedores, de menor porte, de  $^{99}\text{Mo}$  a partir da fissão do  $^{235}\text{U}$  (IAEA, 2010; IAEA, 2012).

Responsável	Reator	Tipo	Fluxo (n/cm <sup>2</sup> .s)	Potência (MW)	Alvo	Tempo máx de operação (dia/ano)	Produção semanal (GBq)	País
Comisión Nacional de Energía Atómica(CNEA)	RA-3	Piscina	4,8.10 <sup>13</sup>	5	LEU	230	740	Argentina
Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN)	GA SIWABESSY MPR(RSG-GAS)	Piscina, MTR	2,5.10 <sup>14</sup>	30	LEU (em processo de conversão)	147	555	Indonésia
Egyptian Atomic Energy Authority(EAEA)	ETRR-2	Piscina	2,8.10 <sup>14</sup>	22	LEU	294	925	Egito

A construção de um reator de pesquisa multipropósito é considerada, na maioria dos países, o caminho de menor risco para suprir a demanda nacional de produção do  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ . Os custos gerais, relacionados à instalação do empreendimento, processamento do alvo, treinamento e requisitos de licenciamento, segurança e gestão dos rejeitos, são comparavelmente mais altos que outras opções de produção. Porém o fato de estar associado a diversas instalações distribui os encargos financeiros pelas diferentes atividades e viabiliza certa autonomia entre as mesmas.

Como acontece com qualquer tipo de prática na área nuclear, a construção desses reatores deve ser devidamente justificada e, nesse caso, a maior justificativa brasileira seria a escassez de  $^{99}\text{Mo}$  pela qual o mundo passou no ano de 2009. Dois dos maiores produtores tiveram seus reatores desativados temporariamente para manutenção, com subsequente parada definitiva de um deles, e a crise no setor de radiofármacos prejudicou países nos cinco continentes.

### 1.3.1 LICENCIAMENTO

O processo de licenciamento de uma instalação nuclear é complexo e demorado. Envolve atividades desde a identificação de regiões de interesse em território nacional até a análise detalhada dos dados coletados após a implementação de um programa de monitoração ambiental radiológica no local definido, por exemplo, além do processo de licenciamento ambiental que, geralmente, é realizado paralelamente ao processo resumido a seguir.

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), baseando-se em recomendações internacionais da Comissão Internacional de Proteção Radiológica

(CIPR) e da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), definiu em normas as etapas a serem cumpridas para que este tipo de instalação seja construído e possa operar dentro dos padrões internacionais de segurança.

O empreendimento de um reator multipropósito com a finalidade de produzir  $^{99}\text{Mo}$  ainda deve contemplar instalações radiativas a fim de manipular os radioisótopos gerados e prepará-los para despacho comercial.

Estas instalações, apesar de não nucleares, também devem ser enquadradas em padrões já definidos naquelas normas a fim de assegurar a integridade do homem e do meio ambiente, afetados direta ou indiretamente pela prática de tais plantas industriais.

As etapas para o licenciamento nuclear se dão a partir da obtenção dos documentos necessários para a concepção das instalações. Estes documentos vêm de determinações da CNEN (CNEN,2002), como:

- ✓ Aprovação de Local (AL);
- ✓ Licença de construção (LC total ou parcial);
- ✓ Autorização para utilização de materiais nucleares (AUMAN);
- ✓ Autorização para operação inicial (AOI);
- ✓ Autorização para operação permanente (AOP);
- ✓ Cancelamento de autorização para operação.

Dentre estas etapas, a descrição dos sistemas de controle de liberação de efluentes e rejeitos radioativos (RR) previstos para tal instalação é necessária para obter-se a LC. Para a obtenção da AOP, a demonstração dos sistemas de manuseio de rejeitos radioativos é imprescindível. Além disso, uma projeção dos rejeitos para o futuro *descomissionamento* da instalação é sempre necessária a fim de planejá-lo de forma segura e eficaz.

#### 1.4 REJEITOS RADIOATIVOS

Durante etapas que vão desde a fabricação de alvos a serem irradiados em reatores, à eliminação de radioisótopos pelo suor de um paciente em que estes foram administrados, há a geração de rejeitos radioativos. Como em plantas de produção de  $^{99}\text{Mo}$  a geração de RR ocorre durante todo o processo, esta seção visa esclarecer alguns conceitos e classificações utilizadas ao longo deste trabalho.

A definição de rejeito radioativo vigente no Brasil, citada a seguir, foi extraída de uma norma da CNEN em processo de revisão e que, futuramente, não mais fará parte do

subgrupo 6 (Instalações Radiativas) passando a compor o conjunto de normas específicas para Rejeitos Radioativos, subgrupo 8.

*“Rejeito Radioativo (ou simplesmente Rejeito) qualquer material resultante de atividades humanas, que contenha radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção especificados na Norma CNEN-NE6.02: “Licenciamento de Instalações Radiativas”, e para o qual a reutilização é imprópria ou não prevista”, CNEN (CNEN,1985).*

Além disso, a CNEN classifica os rejeitos de acordo com a concentração de atividade (C) ou com a taxa de exposição (X) na superfície, e de acordo com o tipo de radiação emitida – beta/gama ou alfa. A Tabela 3 apresenta os limites para tal classificação.

**Tabela 3 – Classificação vigente dos rejeitos radioativos no Brasil (CNEN, 1985).**

Emissores	Estado físico	Nível de Radiação	Sigla	Limite	Emissores	Estado físico	Nível de Radiação	Sigla	Concentração (Bq/m <sup>3</sup> )
Beta/gama	Líquido	Baixo	LBN	$C \leq 3,7 \cdot 10^{10}$ (Bq/m <sup>3</sup> )	Alfa	Líquido	Baixo	L $\alpha$ BN	$3,7 \cdot 10^8 < C \leq 3,7 \cdot 10^{10}$
		Médio	LMN	$3,7 \cdot 10^{10} < C \leq 3,7 \cdot 10^{13}$ (Bq/m <sup>3</sup> )			Médio	L $\alpha$ MN	$3,7 \cdot 10^{10} < C \leq 3,7 \cdot 10^{13}$
		Alto	LAN	$C > 3,7 \cdot 10^{13}$ (Bq/m <sup>3</sup> )			Alto	L $\alpha$ AN	$C > 3,7 \cdot 10^{13}$
	Sólido	Baixo	SBN	$X \leq 50$ ( $\mu$ C/kg.h)		Sólido	Baixo	S $\alpha$ BN	$3,7 \cdot 10^8 < C \leq 3,7 \cdot 10^{11}$
		Médio	SMN	$50 \leq X \leq 500$ ( $\mu$ C/kg.h)			Médio	S $\alpha$ MN	$3,7 \cdot 10^{11} < C \leq 3,7 \cdot 10^{13}$
		Alto	SAN	$X > 500$ ( $\mu$ C/kg.h)			Alto	S $\alpha$ AN	$C > 3,7 \cdot 10^{13}$
	Gasoso	Baixo	GBN	$C \leq 3,7$ (Bq/m <sup>3</sup> )					
		Médio	GMN	$3,7 < C \leq 3,7 \cdot 10^4$ (Bq/m <sup>3</sup> )					
		Alto	GAN	$C > 3,7 \cdot 10^4$ (Bq/m <sup>3</sup> )					

É esperado que a nova norma brasileira seja modificada, de forma a se adequar ao proposto pela AIEA, em 2009.

A definição da AIEA para RR é a seguinte:

*“Rejeito Radioativo é qualquer material que contenha uma concentração de radionuclídeos maior que aquelas consideradas seguras pelas autoridades nacionais, e para o qual nenhum uso está previsto”.* (IAEA,2009)

Enquanto que classificação de RR por ela proposta divide-se em:

✓ *Rejeito isento (EW)*, rejeito que cumpre os critérios de liberação, isenção ou exclusão do controle regulatório para propósitos de proteção radiológica.

✓ *Rejeito de meia-vida muito curta (VSLW)*, rejeito que pode ser armazenado para decair por um período limitado de até alguns anos e ser liberado, do controle regulatório, de acordo com arranjos aprovados pelo órgão regulador.

✓ *Rejeito de muito baixo nível de radiação (VLLW)*, rejeito que não necessariamente cumpre os critérios de EW, mas que também não precisa de um alto nível de contenção ou isolamento, e, além disso, pode ser colocado em repositórios de sub-superfície com controle regulatório limitado.

✓ *Rejeito de baixo nível de radiação (LLW)*, rejeito acima dos níveis de liberação, e com quantidades dentro de limites, estabelecidos em regulamentos, de radionuclídeos de meia-vida longa.

✓ *Rejeito de médio nível de radiação (ILW)*, rejeito que, por conter principalmente radionuclídeos de meia-vida longa, requer maior grau de contenção e isolamento que aquele retido em repositórios de sub-superfície.

✓ *Rejeito de alto nível de radiação (HLW)*, rejeito com níveis de concentração de atividade alta o suficiente para gerar quantidades significantes de calor proveniente do decaimento dos radionuclídeos, ou rejeito com grandes quantidades de radionuclídeos de meia-vida longa.

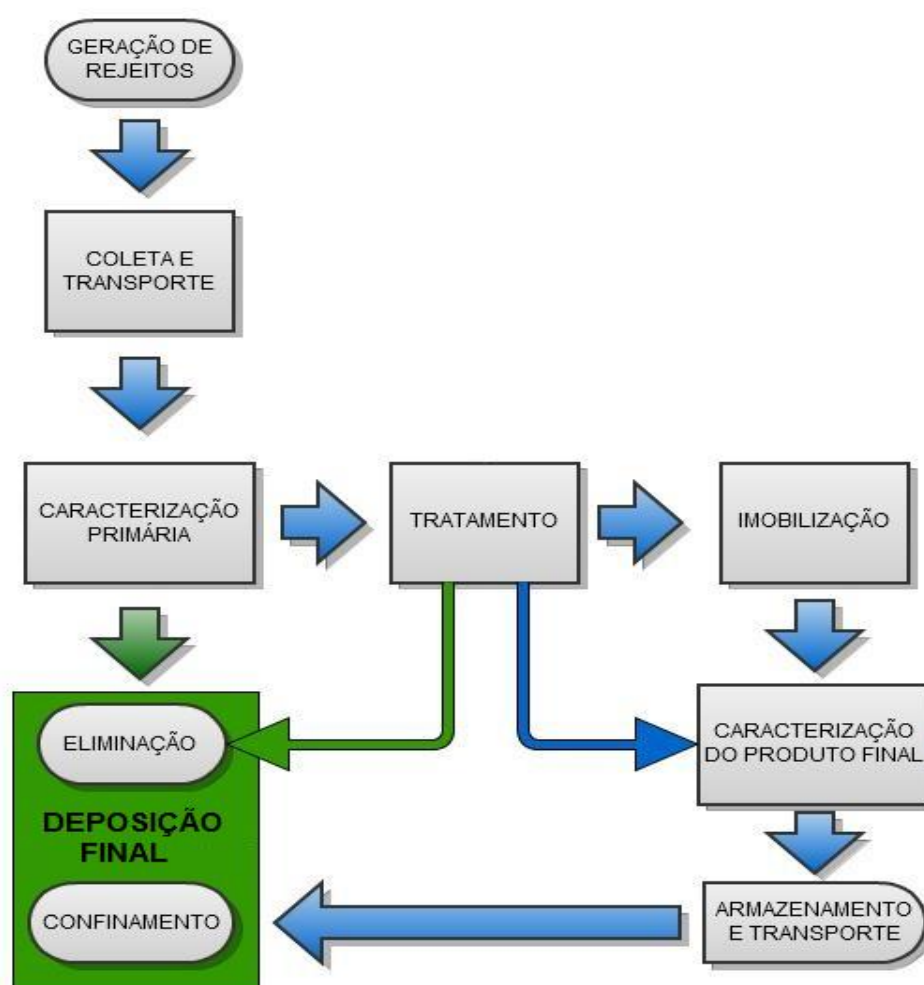
Algumas características essenciais, que devem ser conhecidas para que haja uma gerência de rejeitos eficaz, estão relacionadas a:

- ✓ Estado físico do rejeito gerado;
- ✓ Quantidade de rejeito produzida;
- ✓ Atividade específica do rejeito e radionuclídeos presentes nele;
- ✓ Modo de coleta do rejeito e tratamento;
- ✓ Armazenamento e/ou eliminação;
- ✓ Deposição final.

Em empreendimentos responsáveis pela produção de  $^{99}\text{Mo}$ , rejeitos e efluentes de diversas formas físicas e em níveis de radiação variados são gerados, transformando a

gestão dos rejeitos radioativos em um complexo sistema que pode influenciar até mesmo na definição do processo de produção daquele radioisótopo.

O modelo básico de gestão de rejeitos radioativos geralmente segue a estrutura apresentada na Figura 3 e os tipos de rejeitos gerados são os responsáveis pela complexidade que pode vir a existir dentro desta estrutura.



**Figura 3** – Esquema básico da gestão de rejeitos radioativos (Hiromoto *et al*, 1999 - modificado).

Estas etapas apresentam um grau de complexidade variável de acordo com a instalação. As maiores dificuldades encontradas se devem, principalmente, aos locais em que serão produzidos esses rejeitos. O espaço físico, a capacidade de coleta, o tipo de recipiente, entre outros requisitos, devem ser previamente planejados e estruturados para receber os rejeitos bem como contê-los de forma segura para o transporte à planta de tratamento. Neste contexto, estudos detalhados e estimativas de geração de rejeitos devem ser previamente realizados visando adequar o gerenciamento destes ao processo de produção e garantir maior eficiência ao sistema.



## 2. OBJETIVO

Como apresentado anteriormente, uma instalação nuclear gera rejeitos radioativos com características diversas e entre as estratégias de gerenciamento desses RR está o tratamento dos mesmos, após coleta e caracterização físico-química, biológica e radiológica desses rejeitos.

Por consequência disto, o objetivo principal desse trabalho foi estimar as características dos rejeitos radioativos líquidos (RL) gerados numa instalação produtora de  $^{99}\text{Mo}$  por fissão do  $^{235}\text{U}$ , e das blindagens requeridas para o transporte interno destes rejeitos, do local de coleta à área de tratamento dentro da instalação.

O objetivo secundário foi o desenvolvimento de uma metodologia que viabilizasse a maior obtenção de dados a respeito dos RL, com o intuito de subsidiar a elaboração do Plano de Gerenciamento de Rejeitos Radioativos (PGRR) na instalação de produção do  $^{99}\text{Mo}$ .

### 3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Neste capítulo buscou-se descrever de forma sucinta os aspectos mais significativos de um empreendimento responsável pela produção de  $^{99}\text{Mo}$ , bem como características do reator, da instalação e do processamento químico.

#### 3.1 A PRODUÇÃO DE $^{99}\text{Mo}$

As informações aqui apresentadas referem-se às estratégias realizadas em outros países quanto à geração de RR em plantas similares.

##### 3.1.1 INFRAESTRUTURA

Durante o estudo das etapas de processo foram encontradas inúmeras dificuldades devido ao fato da descrição do processo de produção de  $^{99}\text{Mo}$  consistir em segredo industrial de modo que a literatura não apresenta dados detalhados sobre o gerenciamento de rejeitos.

Por esse motivo, e também por não objetivar descrever uma instalação produtora de  $^{99}\text{Mo}$ , este trabalho apresenta apenas algumas características essenciais para o cumprimento de resoluções nacionais quanto à produção de radioisótopos e gestão de todos os produtos resultantes.

Em instalações, cuja finalidade é suprir certa demanda de radioisótopos obtidos por fissão de  $^{235}\text{U}$ , costuma-se inserir ainda em fase de projeto espaços destinados não só ao reator e unidades separadoras, mas também ao controle de qualidade, tratamento de rejeitos radioativos, entre outras.

As *unidades de separação química* (UTQ) são responsáveis por diversos tratamentos químicos (dissolução, purificação etc.), pelos quais os alvos irradiados deverão ser submetidos até que se obtenha o produto final.

Percebe-se então que um *laboratório químico* (LQ) deve coexistir no prédio de produção uma vez que são necessárias soluções, reagentes e até mesmo análises químicas durante o processo produtivo e de separação. Estes serviços devem ter espaço próprio para que sua concepção seja satisfatória e de controle independente.

Outro espaço necessário é o *laboratório de controle da qualidade* (LCQ). Atualmente, empresas de todos os seguimentos os mantêm a fim de analisar e caracterizar seus produtos. No caso da produção de  $^{99}\text{Mo}$ , este pode ser contaminado

durante a dissolução dos alvos e/ou durante o processo de separação. Nesse caso, um LCQ atuaria principalmente na identificação de possíveis contaminantes e garantia de que os geradores de  $^{99m}\text{Tc}$  receberão  $^{99}\text{Mo}$  dentro dos padrões de qualidade.

Para adequar-se a normas nacionais, uma *unidade de coleta, exaustão e filtração de efluentes e rejeitos gasosos* (UTEG) deve ser incorporada a este tipo de planta. Uma vez que a produção de  $^{99}\text{Mo}$  implica na geração de gases nobres e iodo radioativos, esta unidade desempenha um papel fundamental tanto na parte de gerência de rejeitos quanto na de proteção radiológica.

Além disso, o prédio deve contar com *sistemas de monitoramento – ambiental e ocupacional* – a fim de detectar contaminação e/ou exposições potenciais dos trabalhadores, tanto dentro quanto fora da área de processo. Esses sistemas implicam na existência de procedimentos e instrumentação suficientes e adequados, previamente informados e autorizados pela CNEN.

*Unidades de pesquisa* (UP), como laboratórios de estudo com lasers de pulsos ultracurtos, podem ser inseridas na instalação para desenvolver melhorias para as técnicas utilizadas na própria instalação ou novos métodos.

Por fim, mas não menos importante, é imprescindível que uma ala seja reservada à *unidade de tratamento e estocagem dos rejeitos radioativos* (UTERR) gerados em toda a instalação.

### 3.1.1.1 O REATOR

Um reator multipropósito, geralmente, possui um conjunto de alvos em formas que variam de acordo com o processo produtivo adotado. Os alvos mais comuns são placas contendo o material físsil propriamente dito; é comum a utilização de ligas metálicas de urânio-alumínio ( $\text{UAl}_x$ ). Em cada placa há, ainda, um revestimento de alumínio a fim de fornecer suporte estrutural a cada elemento do conjunto.

Numa planta de produção de  $^{99}\text{Mo}$  no Brasil, é esperado que os alvos sejam compostos por placas  $\text{UAl}_2$  uma vez que a técnica de fabricação das mesmas constitui um método já consolidado e bem conhecido. Os alvos permanecem imersos em água dentro de uma piscina ou tanque, dependendo do tipo de reator a ser escolhido. A profundidade em reatores multipropósitos é de aproximadamente 14 metros; dessa forma a água funciona como refrigerante para o núcleo, blindagem biológica para os indivíduos

ocupacionalmente expostos (IOE) da instalação, moderador e também refletor para nêutrons.

Um efetivo sistema de refrigeração deverá ser utilizado para retirar o calor absorvido pelo refrigerante e dispersá-lo na atmosfera; para tanto serão utilizados trocadores de calor e torres de resfriamento diretamente conectadas ao circuito primário do refrigerante.

O prédio do reator deverá ser o mais próximo possível da planta de produção, preferencialmente circunvizinho, a fim de diminuir tempo e custos no transporte do alvo de um setor ao outro.

### **3.1.1.2 UNIDADE DE TRATAMENTO E ESTOCAGEM DE REJEITOS RADIOATIVOS**

Uma UTERR deve ser responsável pelas atividades relacionadas à coleta, segregação, manuseio, tratamento, acondicionamento e transporte dos LLW e ILW. Deve, ainda, garantir o funcionamento adequado dos sistemas de controle e liberação de rejeitos líquidos da instalação, inclusive da área destinada à descontaminação.

Durante a etapa de coleta, a partir do momento em que os rejeitos são gerados até que cheguem à UTERR, o encaminhamento pode ser feito tanto por gravidade utilizando-se de dutos, por exemplo, quanto por métodos de transferência como pneumático, elevadores etc., utilizando-se de embalagens que contenham os rejeitos de forma segura.

Estas embalagens são consideradas apropriadas quando sua integridade e qualidade foram garantidas por meio da conformidade com especificações, e em alguns casos ensaios, contidas em normas como a CNEN-NE 6.05 (CNEN, 1985) e CNEN-NE 5.01 (CNEN, 1988).

O local de estocagem e os dutos de transporte interno de rejeitos líquidos devem ser projetados e concebidos após a definição do processo a ser empregado, tanto na produção do alvo quanto na dissolução do mesmo, uma vez que variações nos métodos acarretam diferenças no que diz respeito à quantidade e atividade dos rejeitos gerados; estas diferenças por sua vez podem gerar flutuações significativas no que diz respeito a cálculos de blindagem, tamanho de tanques e reservatórios, entre outros.

Além disso, deve-se prever o espaço mínimo necessário para receber os rejeitos a serem tratados e para mantê-los armazenados durante inúmeras campanhas de produção, até que possam ser eliminados ou transferidos.

### 3.1.2 ESQUEMA DE PRODUÇÃO

Uma instalação responsável pela produção de  $^{99}\text{Mo}$ , geralmente, conta com outras instalações para cumprir com o cronograma completo, desde o desenvolvimento dos alvos até a entrega dos geradores de  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ .

Considerando-se o método de obtenção do  $^{99}\text{Mo}$  através da fissão do  $^{235}\text{U}$ , a primeira etapa consiste na fabricação de alvos contendo urânio em quantidade suficiente, enriquecidos ou não, para atender a demanda de molibdênio ao fim do processo. Estudos são realizados para identificar os melhores tipos de liga, dimensões e características mecânicas dos alvos a serem utilizados. Por haver manipulação de material radioativo nesta etapa, é esperado que RR sejam gerados durante a fabricação do material a ser irradiado.

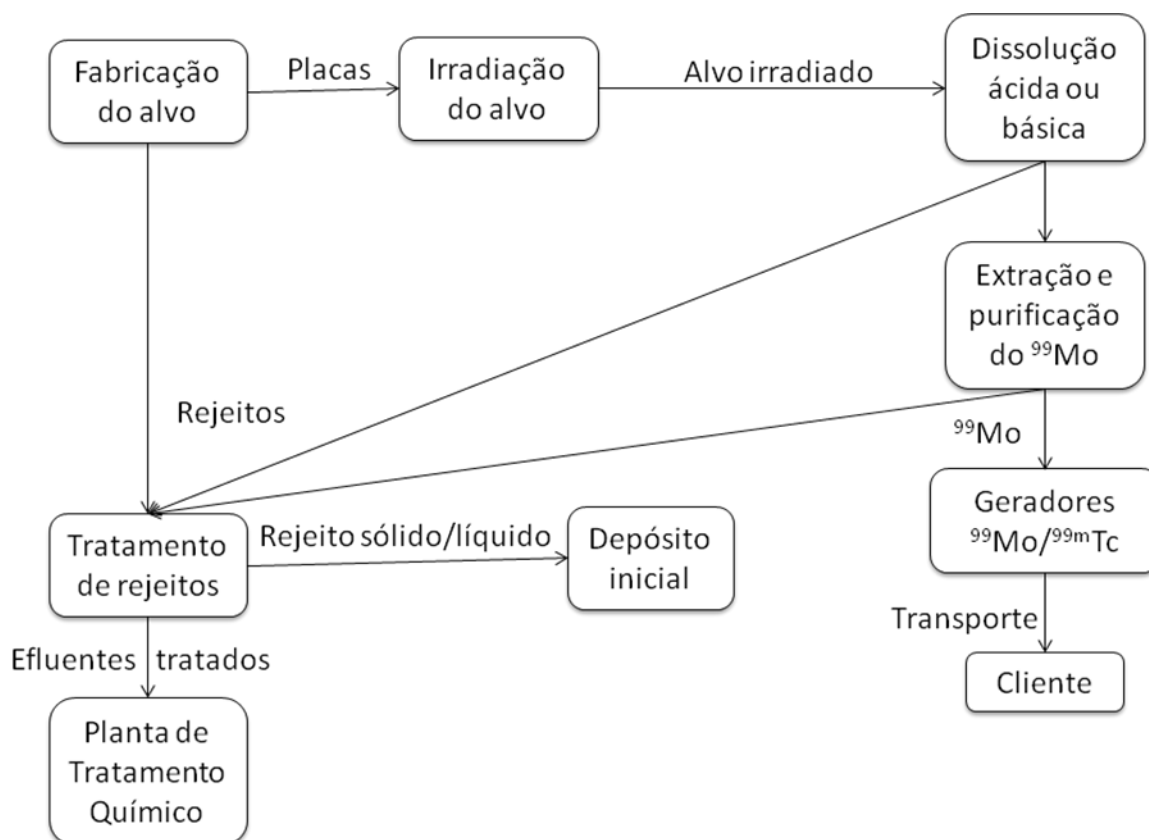
A etapa subsequente refere-se à irradiação dos alvos. A instalação a realizar esta atividade deve possuir um reator nuclear como sugerido na subseção 1.3. O fluxo de nêutrons, posicionamento dos alvos e tempo de irradiação são algumas das inúmeras características definidas para que a irradiação desses alvos resultem na quantidade de  $^{99}\text{Mo}$  estimada previamente. Por haver manipulação de material radioativo nesta etapa, é esperado que RR sejam gerados durante e após a irradiação dos alvos.

Ao ser fissionado, o  $^{235}\text{U}$  dá origem a diversos radionuclídeos incluindo o  $^{99}\text{Mo}$ . O processo de separação do molibdênio, com os outros RN existentes nos alvos irradiados, tem início na dissolução destes alvos para então serem realizadas as etapas de purificação do  $^{99}\text{Mo}$ . Essas atividades podem ser realizadas por instalações distintas da que possui o reator e/ou da instalação responsável pela fabricação dos alvos. No entanto, para que não haja grande perda de molibdênio devido ao decaimento, é recomendável que essas plantas, responsáveis por irradiar e processar quimicamente os alvos, sejam próximas ou tenham um meio de transporte eficaz entre as duas. Por haver manipulação de material radioativo nestas etapas, é esperado que RR sejam gerados durante a dissolução dos alvos, separação e purificação do  $^{99}\text{Mo}$ .

Uma vez purificado o  $^{99}\text{Mo}$ , o mesmo deve ser preparado para despacho dentro de geradores de  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ . Esta etapa também pode, e geralmente o é, ser realizada por instalações distintas daquelas responsáveis pelas etapas anteriores.

Os RR gerados durante todas as etapas são tratados, e têm fins distintos, utilizando-se de estratégias de gestão específicas para cada tipo de rejeito.

A Figura 4 representa o processo genérico de produção do  $^{99}\text{Mo}$ , a descrição do mesmo se encontra nas subseções seguintes.



**Figura 4** – Fluxograma representando etapas para a produção de  $^{99}\text{Mo}$  e fornecimento de geradores de  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ .

### 3.1.2.1 ALVO

Os alvos para a produção de  $^{99}\text{Mo}$  assumem formas e composições distintas dependendo do processo de produção a ser empregado. A Tabela 4 mostra alguns dos alvos que podem ser utilizados uma vez decidido o tipo de dissolução:

**Tabela 4** – Alvos de acordo com o tipo de dissolução (IAEA,1999).

Dissolução ácida	Dissolução básica
HEU - $\text{UO}_2$ dentro de um coletor cilíndrico de aço inoxidável	HEU - Placas de $\text{UAl}_x$ disperso em revestimento de Al
HEU - Pinos de liga U/Al extrudados em revestimento de Al	LEU - Placas de $\text{UAl}_x$ disperso em revestimento de Al
LEU – Pastilhas de $\text{UO}_2$	

No caso do Brasil, o processo que é bem conhecido é o da fabricação de placas de liga  $\text{UAl}_x$  com baixo enriquecimento, chegando a 20% de  $^{235}\text{U}$ . A qualidade do Al utilizado

no revestimento e fabricação dos alvos determinará a quantidade de impurezas e contaminantes, podendo ser ativados durante a irradiação. Isso pode acarretar maior dificuldade nas etapas de separação e consequente gestão dos rejeitos.

### 3.1.2.2 IRRADIAÇÃO

A irradiação dos alvos pode ser feita dentro ou fora do núcleo do reator. Reactores de pesquisa multipropósito, como o SAFARI-1 (África do Sul) ou OPAL (Austrália), possuem potência de aproximadamente 20 MW (como mostrado na Tabela 2) com fluxo neutrônico da ordem de  $10^{14}$  nêutrons/cm<sup>2</sup>.s, e em ambos se mantêm os alvos sendo irradiados por 6 dias.

Durante a irradiação dos alvos, o <sup>235</sup>U é fissionado e um dos diferentes produtos dessa reação é o <sup>99</sup>Mo.

Ao fim do bombardeamento, sabe-se da existência de inúmeros radionuclídeos criados a partir da fissão do urânio, da ativação de contaminantes do alvo e do decaimento de nuclídeos.

Após a irradiação das placas, estas são deixadas no reator a fim de permitir o decaimento e a diminuição do calor gerado pelos produtos de fissão de meia-vida muito curta. Durante o resfriamento, devido ao decaimento, há a produção de mais radionuclídeos e este intervalo de tempo estendido, entre a irradiação e a separação dos produtos de fissão, é importante para se identificar o comportamento radiológico do alvo irradiado em curto prazo e otimizar procedimentos de transferência e/ou segurança, quando aplicável.

Como exemplo, pode-se atentar para casos (BANERJEE *et al*, 2010) onde o alvo é de liga UAl<sub>x</sub>, LEU, com 5 dias de irradiação, produção de cerca de 11 TBq (300 Ci) de <sup>99</sup>Mo por campanha e dissolução alcalina. Após 2 dias de resfriamento, mais de 95% da atividade total inicial é reduzida devido ao decaimento, e verifica-se que a maior parte da atividade final é devida aos produtos de fissão presentes nos rejeitos.

### 3.1.3 PROCESSOS DE EXTRAÇÃO E PURIFICAÇÃO

Em instalações de produção de <sup>99</sup>Mo por fissão do U<sup>235</sup>, após o resfriamento descrito anteriormente, as placas são direcionadas às células onde ocorrerá a dissolução

do alvo e, subsequente, separação dos elementos produzidos na irradiação ou decorrentes da dissolução.

Durante a etapa de dissolução espera-se que o alvo seja completamente dissolvido. Esta parte do processo é importante porque, dependendo do solvente utilizado no processo, a maior parte dos nuclídeos responsáveis pela geração de rejeitos radioativos com alto nível de radiação é precipitada, sendo retida na filtragem; estes filtros, por sua vez, são mais fáceis de serem gerenciados. O compartimento do dissolvedor, bem como os compartimentos da etapa de dissolução, devem ser devidamente blindados e são considerados células quentes da instalação.

### 3.1.3.1 DISSOLUÇÃO ÁCIDA

Na dissolução ácida, o processo mais conhecido e utilizado é o Cintichem (ARINO *et al*, 1974), podendo ser modificado de acordo com as necessidades da instalação onde será implementado. Cintichem usou dissolução ácida para produzir  $^{99}\text{Mo}$  a partir de alvos de HEU. Uma nova versão deste processo está sendo desenvolvida para ser usada em alvos de LEU pelo Laboratório Nacional Argonne, nos EUA. Este processo é chamado de “*LEU-modified Cintichem process*” (NRSB *et al*, 2009a).

Após a desmontagem do alvo, as placas irradiadas são dissolvidas em ácido nítrico em um dissolvedor fechado e o processamento químico posterior é análogo ao da dissolução básica descrito a seguir.

### 3.1.3.2 DISSOLUÇÃO BÁSICA

Num processo que utiliza a dissolução alcalina, as placas de alvo irradiado são completamente submersas em solução formada por NaOH, NaNO<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>O.

O urânio, juntamente com outros actinídeos e alguns dos contaminantes do alumínio, é precipitado quase em sua totalidade de forma a serem tratados posteriormente como rejeitos em **fase sólida** desta etapa. A dissolução básica age também como etapa de descontaminação uma vez que precipita cerca de 60% dos produtos de fissão em forma de hidróxidos insolúveis (IAEA, 1999).

A **fase gasosa** gerada nesta etapa é formada por vapor d'água, aerossóis, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>,  $^3\text{H}$ ,  $^{131}\text{I}$ , NH<sub>3</sub> e gases nobres radioativos.

Há uma preocupação quanto ao hidrogênio e à amônia uma vez que os mesmos são potencialmente explosivos em certas circunstâncias, por isso o tratamento *off-gas* da



instalação deve contemplar etapas onde utiliza-se  $H_2SO_4$  para condensar e absorver  $NH_3$  e outras em que converte-se hidrogênio, incluindo trítio, em vapor d'água. Todo o vapor d'água existente na fase gasosa do processo deve ser retido, com a ajuda de peneiras moleculares, a fim de garantir a não influência do mesmo no tratamento de outros gases em etapas subsequentes. É importante ressaltar que durante o tratamento dos rejeitos gasosos são gerados rejeitos radioativos tanto na fase sólida quanto líquida.

Os rejeitos na **fase líquida** gerados na dissolução dos alvos são alguns produtos de fissão, por exemplo:  $^{103}Ru$ ,  $^{99}Mo$ ,  $^{131}I$ , e complexos químicos como  $NH_3$ ,  $NaAlO_2$ ,  $MoAlO_2$ ,  $NaNO_2$ . Essa mistura segue para a etapa de remoção e recuperação do iodo e do molibdênio, onde novamente haverá produção de rejeitos sólidos e líquidos.

A Figura 5 representa a etapa de dissolução dos alvos irradiados para a obtenção do  $^{99}Mo$ .

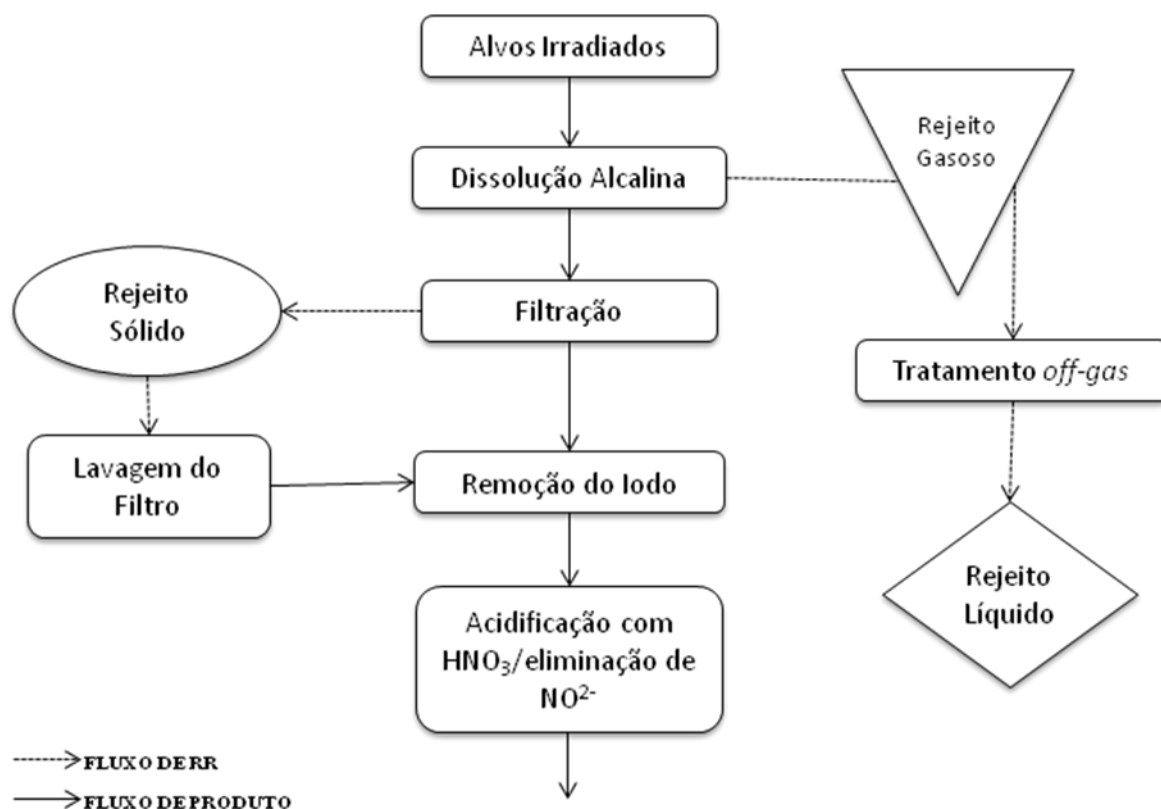


Figura 5 – Fluxograma da etapa de dissolução do alvo.

O processo seguinte é a purificação, visando separar o molibdênio dos constituintes restantes.

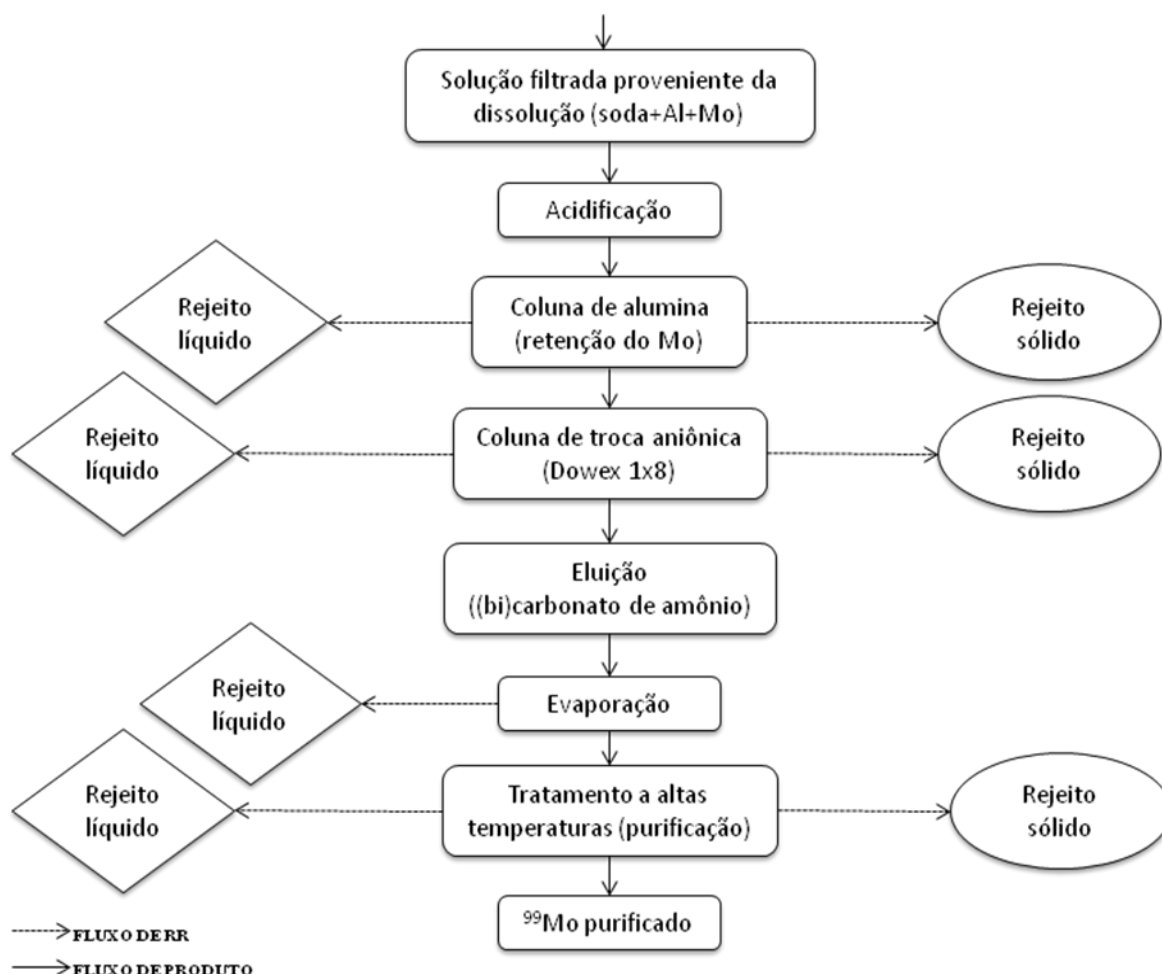
### 3.1.3.3 PURIFICAÇÃO

Após a etapa de dissolução dos alvos de urânio irradiados, os produtos na fase sólida e gasosa são retirados da mistura resultante, assim como o iodo em instalações onde o mesmo também é tido como produto final. Essa mistura segue para o processo de extração de contaminantes e purificação do  $^{99}\text{Mo}$  de forma que o mesmo se enquadre nas especificações de qualidade.

A purificação é parte determinante na gerência de rejeitos uma vez que o objetivo desta etapa é ter como produto final apenas o  $^{99}\text{Mo}$  enquanto que o restante não tem reutilização prevista. Logo, apesar de menor atividade específica, é nesta fase do processo em que os RL são gerados em maior quantidade, além da geração de RR sólidos e gasosos.

Colunas de alumina, evaporadores e diversos equipamentos de filtragem ainda são utilizados em sequência até que haja amostragem e engarrafamento da solução final contendo  $^{99}\text{Mo}$  (IAEA,2003). Dependendo do composto usado na eluição do  $^{99}\text{Mo}$ , a solução de saída pode ou não ser acidificada. Nesta etapa, há ainda a retirada de amostras da solução resultante, necessária para a constante identificação da eficiência do processo, bem como falhas no mesmo e determinação da qualidade do produto final.

A Figura 6 representa a etapa de extração e purificação do  $^{99}\text{Mo}$  (comunicação pessoal<sup>1</sup>) e os principais fluxos de rejeitos sólidos e líquidos.



**Figura 6** – Fluxograma da etapa de purificação do molibdênio.

### 3.2 GESTÃO DOS REJEITOS

A seguir, encontra-se uma descrição sucinta dos processos de tratamentos de RR realizados em centros de produção de  $^{99}\text{Mo}$  em outros países. A gestão dos rejeitos radioativos gerados na planta de produção do  $^{99}\text{Mo}$  brasileira poderá, inicialmente, seguir o que está em uso nas instalações produtoras mais experientes uma vez que os métodos já foram testados e passam constantemente por atualizações que visam aumentar a eficiência do processo. Os métodos não são complexos e variam de acordo com a quantidade de rejeitos e suas atividades específicas.

Como todo programa de gerenciamento, as estratégias de gestão recomendadas são: diluir e dispersar, retardar e reter, concentrar e confinar os RR, entre outras etapas que garantam a otimização do processo e a conformidade com requisitos de segurança.

### 3.2.1 REJEITO GASOSO

As estratégias apresentadas a seguir são apenas parte de planos de gerenciamento utilizados em instalações nucleares ao redor do mundo e servem como exemplos a serem seguidos de acordo com o processo de produção escolhido; a gestão do sistema *off-gas* não é objeto deste estudo.

O fluxo de rejeitos gasosos, geralmente, é direcionado para acumulação em tanques de armazenagem *in-cell*, através de uma série de tanques resfriados com N<sub>2</sub> líquido que servirão de armadilha para os isótopos do xenônio (Xe) e do criptônio (Kr).

Em alguns países, Xe e Kr são sugados por vácuo para dentro de um conjunto de cilindros para o decaimento em cascata. Eles são armazenados até que decaiam à atividade permitida para sua liberação no sistema de ventilação. Este tempo varia de acordo com a atividade do Xe e pode, em alguns casos, levar 8 semanas. Com esse planejamento, um coletor é esvaziado e outro preenchido a cada semana de produção.

O sistema de exaustão e filtragem de efluentes gasosos deve conter filtros HEPA, muito utilizados na remoção dos aerossóis e particulados em suspensão. Os gases nobres e outros elementos como o iodo, por exemplo, podem ser removidos através da utilização de filtros e colunas de sorção com carvão ativado.

Nas celas quentes onde ocorre a dissolução do alvo e a separação química do <sup>99</sup>Mo, geralmente, são utilizados filtros absolutos e filtros de carvão ativado; este último instalado no *by-pass* com o intuito de reter o iodo. Por questões de segurança, pré-filtros ou filtros de desgaste, controle de temperatura e umidade, equipamentos de monitoração, entre outros, são requeridos.

Durante o tratamento dos rejeitos gasosos, há a geração de LLW sólido uma vez que os filtros de carvão ativado e HEPA deverão ser trocados periodicamente.

### 3.2.2 REJEITO SÓLIDO

As estratégias apresentadas a seguir são apenas parte de planos de gerenciamento utilizados em instalações nucleares ao redor do mundo e servem como exemplos a serem seguidos de acordo com o processo de produção escolhido; a gestão do sistema de processamento dos rejeitos sólidos não é objeto deste estudo.

Após a dissolução dos alvos, o chamado “bolo” (*cake* em inglês), formado por compostos precipitados durante a dissolução e mantidos no filtro, tem gerenciamento

distinto por apresentar urânio em quantidade significativa quando comparado às outras formas de RR da instalação. Esse concentrado pode tanto ser direcionado à área de tratamento, onde será imobilizado e preparado para transferência para o armazenamento inicial, quanto reservado em embalagens e locais apropriados para futura reutilização; no entanto, não serão apresentadas aqui sugestões para a gestão do mesmo.

No Canadá, os rejeitos sólidos das plantas de produção de molibdênio são enviados para o centro de tratamento de rejeitos e, dependendo do nível de radioatividade, para o depósito intermediário. Estes rejeitos são formados basicamente por itens contaminados compactáveis, como roupas de proteção descartáveis, lenços, esfregões secos e produtos feitos de papel, e não compactáveis, como grandes itens ou itens metálicos. A segregação desses rejeitos, antes de serem destinados ao tratamento ou deposição, é feita baseando-se no nível de radioatividade dos mesmos. Itens altamente radioativos, incluindo alvo irradiado e componentes de reatores são transferidos para deposição em buracos profundos, enquanto que materiais contaminados ou ligeiramente contaminados com isótopos de meia-vida curta são colocados em valas de areia. Os rejeitos provenientes de células quentes são empacotados e enviados para armazenamento em *bunkers* (HART *et al*, 2005).

Na Holanda, rejeitos sólidos são gerados principalmente a partir de resinas de troca iônica e colunas de absorção saturadas, materiais de filtros de limpeza dos rejeitos gasosos, alguns resultam da substituição de itens da própria planta de produção de molibdênio, como válvulas, bombas, tubos etc. Os materiais considerados RR sólidos são recolhidos dentro das células quentes e carregados em caixas pequenas ou *racks* próprios para o transporte interno. Colunas saturadas são empilhadas para decaimento por período de vários meses no interior da célula. Outros rejeitos são colocados em contêineres chamados *syntacs* com um diâmetro de 210 mm e um comprimento de 650 mm. Para a substituição de componentes maiores, *syntacs* de 295/690 são utilizados. Estes recipientes com rejeitos são, dependendo da taxa de dose na superfície, embalados após uma pré-compactação em tambores para então sofrerem uma super-compactação ou serem colocados em embalados blindados antes de seguirem para COVRA. O material residual proveniente do alvo irradiado é enviado de volta para o produtor dos alvos. De acordo com o processo empregado, é possível que os rejeitos sejam reaproveitados a partir do reprocessamento futuro, e os mesmos retornem ao usuário final (VAN KLEEF, 2001).

### 3.2.3 REJEITO LÍQUIDO

As estratégias de tratamento apresentadas a seguir são apenas parte de planos de gerenciamento utilizados em instalações nucleares ao redor do mundo e servem como exemplos a serem seguidos de acordo com o processo de produção escolhido.

A solução mais utilizada para o fluxo de rejeitos líquidos LLW de uma instalação é a de um sistema de coleta por gravidade em pisos inferiores ao das celas quentes. Desta forma, cada saída de rejeito líquido deve ser direcionada a um tanque específico dependente não somente das características radiológicas, mas principalmente das características químicas em que se apresentam.

A partir de então se dá início ao tratamento ou armazenamento temporário.

Os processos de tratamento de rejeito líquido consistem de:

- ✓ Filtração, precipitação química, troca iônica, evaporação, uso de membranas etc.
- ✓ Imobilização em: cimento, vidro, betume, polímero, cerâmica etc.

Na Romênia, líquidos contendo urânio enriquecido são armazenados até que seja tomada uma decisão quanto ao reaproveitamento do urânio. Outras soluções, contendo produtos de fissão e actínídeos são misturadas e têm o pH ajustado para a posterior imobilização com cimento (TOMA *et al*, 2006).

No Canadá, processos de retenção de nuclídeos a partir de membrana foram empregados em instalações nucleares para os rejeitos provenientes da descontaminação e soluções mistas de laboratório resultantes da purificação de resíduos. A planta de tratamento de rejeitos é composta de unidades de microfiltração e sistemas tubulares de osmose reversa. As membranas para retenção de nuclídeos são fabricadas a partir de acetato de celulose de poliamida e de poliéter em meio de polisulfona. Processos de purificação a partir do uso de membranas foram considerados alternativas extremamente interessantes para o tratamento de rejeitos líquidos radioativos de nível baixo e intermediário. De acordo com Trznadel, 2001, eles podem substituir ou complementar métodos não eficazes, podem ser combinados em processos integrados que são mais versáteis e podem tratar vasta gama de resíduos nucleares. A osmose reversa, se incluída no sistema de purificação do rejeito líquido radioativo, poderá melhorar significativamente os parâmetros do efluente descarregado e simplificar as operações de limpeza.

Cada instalação produtora tem certos limitantes como espaço, restrição de dose, quantidade de  $^{99}\text{Mo}$  a ser produzida etc., e esses parâmetros influenciam diretamente no plano de gerenciamento dos RR de cada uma.

## 4. METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida para este trabalho pode ser utilizada para qualquer instalação nuclear, modificando-se os parâmetros de irradiação e processo da planta, a fim de obterem-se estimativas iniciais dos rejeitos radioativos a serem apresentados no PGRR durante o processo de Licenciamento.

Esta metodologia foi dividida em 5 etapas principais, que encontram-se descritas no decorrer deste capítulo, a saber:

- ✓ Definição dos parâmetros de produção;
- ✓ Determinação do inventário radioisotópico após irradiação e processamento químico;
- ✓ Caracterização físico-química e radiológica dos fluxos de rejeitos, a partir da estimativa das frações de cada elemento nos rejeitos;
- ✓ Cálculo da concentração de atividade acumulada nos coletores de RL, considerando-se 2 cenários de produção;
- ✓ Cálculo estimado das taxas de dose em função de diferentes espessuras de blindagens, a serem utilizados no transporte interno dos rejeitos.

### 4.1 PARÂMETROS DE PRODUÇÃO

Nesta seção buscou-se indicar os parâmetros utilizados no trabalho, a fim de cumprir com a quantidade de  $^{99}\text{Mo}$  necessária para suprir a demanda nacional e, possivelmente, a demanda de países vizinhos.

#### 4.1.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

As escolhas do processamento químico, características de alvo e características de irradiação, objetivaram uma produção semanal suficiente para suprir a demanda nacional. A quantidade de  $^{99}\text{Mo}$  produzido deveria ser de, pelo menos, 37 TBq (1000Ci) para entrega, já contabilizado o período entre o fim da irradiação e o transporte dos geradores de  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ .

Os alvos a serem irradiados considerados neste estudo contêm 16 placas laminadas; cada placa com 2,5 g de  $^{235}\text{U}$  enriquecido a 19,9% e 20,6 g de alumínio (Al), do tipo sanduíche com  $\text{UAl}_x$  dispersos em liga de Al tipo 1050.



O tempo estipulado para irradiação por campanha de produção foi de 7 dias consecutivos (168 horas) e o fluxo de nêutrons de  $1.10^{14}$  nêutrons/( $\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ ), pois países produtores de  $^{99}\text{Mo}$  com processo semelhante ao aqui considerado utilizam critérios semelhantes e os dados são passíveis de comparação. Além disso, o período de resfriamento estipulado por campanha de produção foi de 12 horas, compatível com intervalos relatados na literatura (VANDEGRIFT, 2011).

Este trabalho considerou a retirada quase que total do iodo, 95%, e do molibdênio, 85%, sendo os mesmos considerados produtos, e um cálculo específico com o ORIGEN (descrito na seção 4.2) foi realizado, para cada um de seus isótopos gerados durante a irradiação do alvo, a fim de se estimar apenas a fração de atividade de cada um nos intervalos considerados. Desta forma, pôde-se simular a separação química por meio da exclusão parcial de suas participações nos fluxos de RR.

Nota-se que, nessas condições, a quantidade de Mo ao fim da irradiação (EOI) seria de aproximadamente de 169 TBq (4560 Ci). Quando pronta para despacho, após 144 horas – correspondentes a: 12 horas de esfriamento do alvo, 24 horas de processamento químico, 12 horas de preparo dos geradores de  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ , e até 84 horas de transporte – a quantidade de Mo seria de aproximadamente de 41 TBq (1500 Ci), considerando-se um rendimento de 85% no processo.

#### 4.1.2 PROCESSO ESCOLHIDO

O processo químico definido para este trabalho implica na dissolução alcalina do alvo. Teve-se como base o processo Romol® (BEYER et al, 2010), encontrado na literatura, que trabalha com a dissolução de alvos LEU, assim como este projeto.

Neste tipo de processamento químico dos alvos, a dissolução dos alvos irradiados ocorre a partir da submersão dos mesmos em solução aquosa de NaOH 3M e  $\text{NaNO}_3$  2M, e os gases radioativos liberados durante essa etapa seriam direcionados para tratamento.

Assumiu-se que 100% dos transurânicos são precipitados no processo de dissolução do alvo juntamente com cerca de 60% dos produtos de fissão. Por esse motivo, pode-se dizer que a escolha pela dissolução alcalina facilita, de certa forma, a gestão dos rejeitos com radionuclídeos de meia-vida longa uma vez que permanecem, em quase sua totalidade, precipitados na primeira etapa do processo.

Na etapa de purificação deste processo, a fim de separar o  $^{99}\text{Mo}$  dos outros componentes da mistura, a carga proveniente da dissolução básica passa por um

processo de acidificação inicial. Ela é então conduzida por uma coluna de alumina, e na sequência por colunas de troca aniônica com o objetivo de reter o molibdênio por adsorção. Considerou-se que 98% da atividade total dos rejeitos líquidos estarão no fluxo de rejeitos líquidos ácidos (RLA).

Em seguida, realiza-se a eluição desta coluna onde serão usados carbonato de amônio, nitrato de lítio, entre outros. Após a retirada do  $^{99}\text{Mo}$ , a solução resultante será direcionada para o sistema de coleta de rejeitos líquidos da área. Considerou-se que 2% da atividade total dos rejeitos líquidos estarão no fluxo de rejeitos líquidos ácidos (RLA).

Alguns exemplos de gerenciamento de rejeitos, em instalações cujo método de produção de  $^{99}\text{Mo}$  é semelhante ao aqui considerado, são descritos na seção 2.2.1 para rejeitos gasosos, e na seção 2.2.2 para rejeitos sólidos.

### **4.1.3 CENÁRIOS DE PRODUÇÃO**

Neste trabalho, foram consideradas duas rotinas de produção que visam a distribuição local, Cenário I, e a exportação do  $^{99}\text{Mo}$  excedente, Cenário II. Para ambos, o intervalo de produção considerado foi de 3 meses de forma que os resultados representam a quantidade esperada de RR líquidos produzidos durante este período.

#### **4.1.3.1 CENÁRIO I**

Nesse cenário de produção buscou-se atender a demanda atual do país que é de aproximadamente 37 TBq (1000 Ci) semanais.

Para o Cenário I, considerou-se uma única campanha semanal; ou seja, a irradiação de um alvo contendo 16 placas por semana. Esta campanha teria, por exemplo, a irradiação dos alvos com início às 0h de domingo de forma que a remessa de RR estaria nos recipientes iniciais na segunda-feira seguinte às 12h, após 7 dias de irradiação mais 36 horas, devido ao resfriamento e processamento químico. Admitiu-se então que todas as remessas de RR seriam coletadas, após o processamento químico, às 12h de segunda-feira. Nesse contexto, o tempo equivalente à produção e ao decaimento radioativo, entre uma remessa e outra, seria de 168 horas.

A fim de identificar-se a concentração de atividade total no coletor de RL, após a chegada de cada remessa de rejeitos, foram definidos 15 intervalos de tempo para que o ORIGEN (descrito na seção 4.2) calculasse as atividades e, posteriormente, foram calculadas as atividades totais simulando-se o acúmulo de remessas. Os intervalos para o

Cenário I foram: 12h, 36h, 204h, 372h, 540h, 708h, 876h, 1044h, 1212h, 1380h, 1548h, 1716h, 1884h, 2052h e 2220h; as atividades no EOI são fornecidas pelo programa sem haver a necessidade de estipulá-lo no *input*.

A simulação de acúmulo das remessas considerou, por exemplo, que no momento em que a 3ª remessa cai no recipiente de coleta 36 horas após o EOI dos alvos, a 2ª remessa já decaiu 204 horas (36h(após EOI)+168h(intervalo)) e a 1ª remessa já decaiu 372 horas (36h(após EOI)+336h(intervalo)), e assim por diante, todas no mesmo recipiente.

Sendo assim, para o Cenário I, os resultados apresentados como “2 semanas”, “3 semanas” etc., dizem respeito ao tempo decorrido após a coleta da 1ª remessa e número de remessas existentes no coletor principal.

A partir do planejamento de produção, pôde-se estimar o inventário radioisotópico, simular o acúmulo de remessas de RR, separar os RR de acordo com as características físico-químicas dos fluxos de rejeitos, para então serem estudadas as espessuras de blindagem para este cenário de produção.

#### 4.1.3.2 CENÁRIO II

Nesse cenário estimou-se a expansão da demanda nacional e a possível exportação do <sup>99</sup>Mo, triplicando-se a produção semanal.

Para o Cenário II, considerou-se 3 campanhas semanais em dias diferentes; ou seja, a irradiação de 3 alvos com 16 placas por semana. A mesma teria, por exemplo:

- “Remessa 1” – a irradiação dos alvos com início às 0h de domingo de forma que a remessa de RR estaria nos recipientes iniciais na segunda-feira seguinte às 12h, após 7 dias de irradiação mais 36 horas, devido ao resfriamento e processamento químico;
- “Remessa 2” – a irradiação dos alvos com início às 0h de terça-feira de forma que a remessa de RR estaria nos recipientes iniciais na quarta-feira seguinte às 12h, após 7 dias de irradiação mais 36 horas, devido ao resfriamento e processamento químico;
- “Remessa 3” – a irradiação dos alvos com início às 0h de quinta-feira de forma que a remessa de RR estaria nos recipientes iniciais na sexta-feira seguinte às 12h, após 7 dias de irradiação mais 36 horas, devido ao resfriamento e processamento químico;

- “Remessa 4” – a irradiação dos alvos com início às 0h de domingo, novamente, de forma que a remessa de RR estaria nos recipientes iniciais segunda-feira seguinte às 12h, após 7 dias de irradiação mais 36 horas, devido ao resfriamento e processamento químico; e assim por diante.

Admitiu-se então que remessas de RR seriam coletadas, após o processamento químico, às 12h das segundas, quartas e sextas-feiras.

Nesse contexto, o tempo equivalente à produção e ao decaimento radioativo varia, entre uma remessa e outra. *Vide* Figura 7:

	Segunda	Quarta	Sexta
<b>1ª semana</b>			36
	36	36 84	84 132
<b>2ª semana</b>			36
	36	36 84	84 132
	108	156 204	204 252
	156 204	252	300

**Figura 7** – Cenário II: tempo, em horas, estimado para o recebimento de remessas de RR.

A Figura 7 mostra que o acúmulo considerou, por exemplo, que no momento em que a 5ª remessa cai no recipiente de coleta 36 horas após o EOI dos alvos, a 4ª remessa já decaiu 84 horas (36h(após EOI) +48h(intervalo)), a 3ª remessa já decaiu 156 horas (36h(após EOI)+120h(intervalo)), a 2ª remessa já decaiu 204 horas (36h(após EOI)+168h(intervalo)), a 1ª remessa já decaiu 252 horas (36h(após EOI)+216h(intervalo)), e assim por diante todas no mesmo recipiente.

A fim de identificar-se a concentração de atividade total no coletor de RL, após a chegada de cada remessa de rejeitos, foram definidos 40 intervalos de tempo para que o ORIGEN (descrito na seção 4.2) calculasse as atividades e, posteriormente, foram calculadas as atividades totais simulando-se o acúmulo de remessas. Os intervalos para o Cenário II foram: 12h, 36h, 84h, 132h, 204h, 252h, 300h, 372h, 420h, 468h, 540h, 588h, 636h, 708h, 756h, 804h, 876h, 924h, 972h, 1044h, 1092h, 1140h, 1212h, 1260h, 1308h, 1380h, 1428h, 1476h, 1548h, 1596h, 1644h, 1716h, 1764h, 1812h, 1884h, 1932h, 1980h, 2052h, 2100h e 2148h; as atividades no EOI são fornecidas pelo programa sem haver a necessidade de estipulá-lo no *input*.

Sendo assim, para o Cenário II, os resultados apresentados como “2 semanas”, “3 semanas” etc., dizem respeito ao tempo decorrido após a coleta da 1ª remessa, portanto deve-se multiplicar esse valor em semanas por 3, para se chegar ao número de remessas existentes no coletor principal.

A partir do planejamento de produção, pôde-se estimar o inventário radioisotópico, simular o acúmulo de remessas de RR, separar os RR de acordo com as características físico-químicas dos fluxos de rejeitos, para então serem estudadas as espessuras de blindagem para este cenário de produção.

#### 4.2 DETERMINAÇÃO DO INVENTÁRIO RADIOISOTÓPICO

O código ORIGEN (BOWMAN, 2010), um dos módulos de análise de depleção do SCALE®, realiza cálculos detalhados da geração isotópica dependente do tempo e de depleção para 1946 nuclídeos, para fissão em alvos de urânio e análise de ativação. Este código foi utilizado para simular a irradiação dos alvos, onde é formada uma faixa de nuclídeos significativa após a fissão dos átomos de  $^{235}\text{U}$ .

Para cálculos envolvendo irradiação, o código usa bibliotecas de seção de choque de dados nucleares ENDF/B (Evaluated Nuclear Data File/version B) da AIEA, entre outras destinadas exclusivamente para simulações de reações nucleares.

Os resultados apresentados no *output* do código, após as definições de parâmetros citados anteriormente como:

- ✓ Configuração do núcleo do reator;
- ✓ Composição, geometria e localização dos alvos;
- ✓ Tempo de irradiação e período de resfriamento;
- ✓ Bibliotecas a serem utilizadas no cálculo;
- ✓ Características do fluxo neutrônico;
- ✓ Intervalos de tempo em que se deseja conhecer as atividades dos nuclídeos existentes no alvo irradiado;

são o próprio inventário radioisotópico inicial. Ademais, o ORIGEN é largamente utilizado no cálculo da evolução temporal das atividades (RÊGO *et al*, 2011), incluído a geração de nuclídeos originários do decaimento dos RN existentes ao fim da irradiação (EOI).

Apesar dos cálculos serem conservadores, buscou-se aproximar os resultados do que realmente pode ser esperado num empreendimento de produção de  $^{99}\text{Mo}$  no Brasil.

O ORIGEN foi programado para simular a irradiação de 1 placa de  $\text{UAl}_2$ , com dimensões de 240 x 30 x 1,5 mm; composta de 2,5 g de  $^{235}\text{U}$  enriquecido a 19,9% e 20,6 g de Al.

Para a irradiação foi adotado como alvo um conjunto de 16 placas de  $\text{UAl}_2$ . Optou-se por obter o inventário de apenas 1 placa, pois a quantidade de placas no alvo ainda não havia sido definida, de forma que o resultado fornecido pelo ORIGEN seria aplicável a qualquer alvo que utilizasse placas com as mesmas características. Portanto, o inventário radioisotópico fornecido pelo ORIGEN foi multiplicado por 16 para representar o alvo completo.

O alumínio utilizado foi do tipo 1050. Considerado comercialmente puro e de baixa corrosão, o Al-1050 possui contaminantes distintos em concentrações conhecidas que podem vir a interferir nos tratamentos químicos pelos quais o alvo passará após a irradiação. Porém, por ser um tipo de alumínio largamente utilizado, as experiências operacionais prévias de outras instalações fizeram com que técnicas para contornar as dificuldades fossem desenvolvidas e difundidas para uso comum. Todas as impurezas e as devidas proporções foram levadas em conta na simulação da irradiação.

A saída do ORIGEN corresponde a todos os radionuclídeos que estarão presentes nos alvos após a irradiação dos mesmos, com os parâmetros de composição e irradiação aqui apresentados. Porém, a fim de estimar e identificar os RN mais relevantes foi utilizado um critério de corte de  $1.10^4$  Bq no EOI. Apenas os RN com atividade acima deste valor foram considerados significantes para este trabalho.

Os parâmetros de irradiação e composição do alvo foram inseridos no *input* ORIGEN, além de todos os intervalos de tempo considerados para a simulação de decaimento em 2 cenários de produção, descritos nas seções 4.1.3.1 e 4.1.3.2. Os parâmetros apresentados na Tabela 5 representam os valores exatos utilizados na simulação e as quantidades dos isótopos constituintes do Al-1050.

**Tabela 5** – Parâmetros de irradiação e massa de cada elemento por placa.

Fluxo de nêutrons térmicos	1.10 <sup>14</sup> n/(cm <sup>2</sup> .s)	
Tempo de irradiação	7 dias contínuos	
Composição das placas (nucleo + envólucro)	<sup>235</sup> U	2,500 g
	<sup>238</sup> U	9,988 g
	<sup>234</sup> U	0,075 g
	<sup>27</sup> Al	20,646 g
	<sup>24</sup> Mg	8,150E-03 g
	<sup>25</sup> Mg	1,030E-03 g
	<sup>26</sup> Mg	1,140E-03 g
	<sup>28</sup> Si	4,760E-02 g
	<sup>29</sup> Si	2,420E-03 g
	<sup>30</sup> Si	1,600E-03 g
	<sup>46</sup> Ti	5,100E-04 g
	<sup>47</sup> Ti	4,600E-04 g
	<sup>48</sup> Ti	4,570E-03 g
	<sup>49</sup> Ti	3,400E-04 g
	<sup>50</sup> Ti	3,200E-04 g
	<sup>50</sup> V	3,000E-05 g
	<sup>51</sup> V	1,030E-02 g
	<sup>55</sup> Mn	1,032E-02 g
	<sup>54</sup> Fe	4,830E-03 g
	<sup>56</sup> Fe	7,578E-02 g
	<sup>57</sup> Fe	1,750E-03 g
	<sup>58</sup> Fe	2,300E-04 g
	<sup>63</sup> Cu	7,140E-03 g
	<sup>65</sup> Cu	3,190E-03 g
	<sup>64</sup> Zn	4,980E-03 g
	<sup>66</sup> Zn	2,890E-03 g
<sup>67</sup> Zn	4,200E-04 g	
<sup>68</sup> Zn	1,960E-03 g	
<sup>70</sup> Zn	7,000E-05 g	

A partir do inventário radioisotópico, pôde-se simular o acúmulo de remessas de RR, separar os RR de acordo com as características físico-químicas dos fluxos de rejeitos, para então serem estudadas as espessuras de blindagem.

### 4.3 ACÚMULO DE REJEITOS

Com o intuito de se prever a quantidade de rejeitos coletados no mesmo recipiente e estimar a atividade total do mesmo, foram realizados cálculos de acúmulo de RR considerando-se que, para cada campanha de produção, são produzidos 10 litros de RLA e 5 litros de RLB.

Para o Cenário I, então, o acúmulo seria de apenas 1 remessa a mais por semana, de forma que na terceira semana, por exemplo, haveriam 30 litros de RLA no coletor para este tipo de RR e 15 litros no coletor de RLB.

Para o Cenário II, uma vez que o mesmo considera 3 campanhas semanais de produção, na 3ª semana haveriam 90 litros de RLA e 30 litros de RLB nos respectivos coletores.

Estes cálculos foram necessários para o cálculo das taxas de dose baseando-se nas dimensões dos recipientes coletores. Para este trabalho, estipulou-se que os coletores de RR seriam cilindros de aço inox, com 0,5 cm de espessura.

A seguir, estão representadas as relações matemáticas utilizadas para otimizar o volume de um cilindro. Estas relações foram adotadas porque indicam as dimensões em que se pode utilizar menor quantidade de chumbo nas blindagens para obter o mesmo grau de proteção, quando comparada à que um cilindro mais alto exigiria.

$$V = \pi R^2 \cdot H \rightarrow H = \frac{V}{\pi R^2} \quad (1)$$

$$A(G) = 2\pi r^2 + 2\pi r H = 2\pi r^2 + 2\pi r \left( \frac{V}{\pi r^2} \right) = 2\pi r^2 + 2 \left( \frac{V}{r} \right) \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial r} A = 4\pi r - 2 \left( \frac{V}{r^2} \right) \rightarrow 4\pi r - 2 \left( \frac{V}{r^2} \right) = 0 \quad (3)$$

$$4\pi r^3 = 2V \rightarrow R = \sqrt[3]{\frac{2V}{4\pi}} \rightarrow R = \sqrt[3]{\frac{V}{2\pi}} \quad (4)$$



Onde:

**V** representa o volume do cilindro;

**R** representa o raio do cilindro;

**H** representa a altura do cilindro;

**A(r)** representa a área do cilindro em função do raio.

A equação 1 mostra a relação entre o raio do cilindro e a altura do mesmo, obtida através da fórmula do volume do cilindro.

As equações 2, 3 e 4 mostram que a relação entre o raio e o volume do cilindro foi obtida partindo-se da derivada primeira da área do cilindro. Este tipo de consideração matemática é utilizada a fim de obter-se as menores dimensões para dado volume, chegando-se à relação em que o diâmetro é igual à altura do cilindro,  $D=H$ .

A partir dessas relações, calculou-se as dimensões dos coletores para um acúmulo de até 3 meses de produção, de 1 ou 3 remessas semanais de acordo com o cenário de produção adotado.

As Tabelas 6 e 7 mostram as dimensões consideradas para os cálculos de blindagem realizados neste trabalho.

**Tabela 6** – Dimensões calculadas para os coletores de rejeitos líquidos – Cenário I.

T (semana)	Rejeito Líquido Ácido			Rejeito Líquido Básico		
	V (L)	R (cm)	H (cm)	V (L)	R (cm)	H (cm)
1	10	11,68	23,35	5	9,27	18,53
2	20	14,71	29,42	10	11,68	23,35
3	30	16,84	33,68	15	13,37	26,73
4	40	18,53	37,07	20	14,71	29,42
5	50	19,96	39,93	25	15,85	31,69
6	60	21,22	42,43	30	16,84	33,68
7	70	22,33	44,67	35	17,73	35,45
8	80	23,35	46,70	40	18,53	37,07
9	90	24,29	48,57	45	19,28	38,55
10	100	25,15	50,31	50	19,96	39,93
11	110	25,97	51,93	55	20,61	41,22
12	120	26,73	53,46	60	21,22	42,43
13	130	27,45	54,91	65	21,79	43,58

**Tabela 7** – Dimensões calculadas para os coletores de rejeitos líquidos – Cenário II.

T (semana)	Rejeito Líquido Ácido			Rejeito Líquido Básico		
	V (L)	R (cm)	H (cm)	V (L)	R (cm)	H (cm)
1	30	16,84	33,68	15	13,37	26,73
2	60	21,22	42,43	30	16,84	33,68
3	90	24,29	48,57	45	19,28	38,55
4	120	26,73	53,46	60	21,22	42,43
5	150	28,79	57,59	75	22,85	45,71
6	180	30,60	61,20	90	24,29	48,57
7	210	32,21	64,42	105	25,57	51,13
8	240	33,68	67,36	120	26,73	53,46
9	270	35,03	70,05	135	27,80	55,60
10	300	36,28	72,56	150	28,79	57,59
11	330	37,45	74,90	165	29,72	59,45
12	360	38,55	77,10	180	30,60	61,20

O acúmulo das atividades foi desenvolvido a partir da previsão de 3 meses de produção, a partir do momento em que o recipiente coletor esteja vazio, para cada cenário considerado.

Desta forma, as atividades apresentadas pelo ORIGEN foram somadas umas as outras a fim de simular o aumento do nível de radioatividade no coletor, paralelo ao decaimento dos RN das remessas de rejeitos já presentes no mesmo.

Considerou-se o intervalo de 36h entre o EOI e a coleta das remessas de RR, devido às 12h de resfriamento e 24h de processamento químico. Ademais, as atividades descritas neste trabalho referentes às “semanas” de produção, equivalem à atividade total presente no coletor no momento em que a última remessa da respectiva semana é recebida.

A subseção 4.1.3.1 apresenta como o Cenário I foi planejado. Neste caso, basta somar as atividades sequencialmente de forma que no momento:

- 36h, após a irradiação, exista apenas as atividades calculadas para este período no coletor;
- 204h, após a irradiação, exista as atividades calculadas para este período (referentes à primeira remessa com decaimento de 168h+36h) somadas às de 36h (referentes à segunda remessa que chega ao coletor);
- 372h, após a irradiação, exista as atividades calculadas para este período (referentes à primeira remessa com decaimento de 168h+168h+36h) somadas às de 204h (referentes à segunda remessa com decaimento de 168h+36h) mais as atividades do período de 36h (referentes à terceira remessa que chega ao coletor).

E assim sucessivamente, até o intervalo final de 2220h, após a irradiação da primeira remessa, que completa o ciclo de 3 meses de produção.

Em seguida foram calculadas as atividades semanais onde, para o Cenário I, os valores são equivalentes aos cálculos de acúmulo das atividades. Portanto, a “Semana 1” equivale às atividades presentes no recipiente no momento 36h após o EOI dos alvos, a “Semana 2” equivale às atividades presentes no recipiente no momento 204h, a “Semana 3” equivale às atividades presentes no recipiente no momento 372h etc.

A subseção 4.1.3.2 apresenta como o Cenário II foi desenvolvido. Neste caso, cada semana foi cuidadosamente planejada uma vez que o intervalo entre a chegada das remessas de RR aos coletores varia. A Tabela 8 mostra o raciocínio utilizado para prever o acúmulo de remessas por 12 semanas neste cenário.

**Tabela 8 – Plano de acúmulo das remessas de RR – Cenário II.**

<b>Período após irradiação do 1º alvo</b>	<b>Segunda-feira</b>	<b>Quarta-feira</b>	<b>Sexta-feira</b>
<b>1ª semana</b>			36
		36	84
	36	84	132
<b>2ª semana</b>			36
		36	84
	36	84	132
	108	156	204
	156	204	252
	204	252	300
<b>3ª semana</b>			36
		36	84
	36	84	132
	108	156	204
	156	204	252
	204	252	300
	276	324	372
	324	372	420
	372	420	468

O primeiro passo para estimar o acúmulo de remessas de RLA e RLB no Cenário II foi identificar a atividade total presente no recipiente nos intervalos de tempo definidos para 3 campanhas semanais. Para cada intervalo em que nova remessa seria direcionada ao coletor, foram identificados os intervalos para os quais as atividades deveriam ser somadas a fim de simular o decaimento das remessas mais antigas.

Sendo assim, após a irradiação do 1º alvo, para o intervalo de tempo:

- 36h, após a irradiação, considerou-se que o coletor continha apenas as atividades calculadas para este período;
- 84h, após a irradiação, considerou-se que o coletor continha as atividades calculadas para este período (referentes à primeira remessa com decaimento de 48h+36h do processamento químico) somadas às de 36h (referentes à segunda remessa que chega ao coletor);
- 132h, após a irradiação, considerou-se que o coletor continha as atividades calculadas para este período (referentes à primeira remessa com decaimento de 48h+48h+36h) somadas às de 84h (referentes à segunda remessa com decaimento de 48h+36h) mais as atividades do período de 36h (referentes à terceira remessa que chega ao coletor);
- 204h, após a irradiação, considerou-se que o coletor continha as atividades calculadas para este período (referentes à primeira remessa com decaimento de 168h+36h) somadas às de 156h (referentes à segunda remessa com decaimento de 120h+36h), às atividades do período de 108h (referentes à terceira remessa com decaimento de 72h+36h) e às atividades do período de 36h (referentes à quarta remessa que chega ao coletor);
- 252h, após a irradiação, considerou-se que o coletor continha as atividades calculadas para este período (referentes à primeira remessa com decaimento de 216h+36h) somadas às de 204h (referentes à segunda remessa com decaimento de 168h+36h), às atividades do período de 156h (referentes à terceira remessa com decaimento de 120h+36h), às atividades do período de 84h (referentes à quarta remessa com decaimento de 48h+36h) e às atividades do período de 36h (referentes à quinta remessa que chega ao coletor);
- 300h, após a irradiação, considerou-se que o coletor continha as atividades calculadas para este período (referentes à primeira remessa com decaimento de 264h+36h) somadas às de 252h (referentes à segunda remessa com decaimento de 216h+36h), às atividades do período de 204h (referentes à terceira remessa com decaimento de 168h+36h), às atividades do período de 132h (referentes à quarta remessa com decaimento de 96h+36h), às atividades do período de 84h (referentes à quinta remessa com decaimento de 48h+36h) e às atividades do período de 36h (referentes à sexta remessa que chega ao coletor).

E assim por diante, até o intervalo final de 2148h, após a irradiação da primeira remessa, que completa o ciclo de 3 meses de produção.

Em seguida foram calculadas as atividades semanais onde, para o Cenário II, os valores são equivalentes aos cálculos de acúmulo das atividades após o recolhimento da terceira remessa da semana (hipoteticamente, na sexta-feira ao meio-dia). Portanto, a “Semana 1” equivale à soma das atividades nos intervalos 36h+84h+132h após o EOI dos alvos (já acumuladas como descrito acima), a “Semana 2” equivale à soma das atividades nos intervalos 36h+84h+132h+204h+252h+300h, a “Semana 3” equivale à soma das atividades nos intervalos 36h+84h+132h+204h+252h+300h+372h+420h+468h etc.

A partir dos cálculos para estimar as atividades dos RR acumulados nos coletores por um período de 3 meses, foi realizada a separação dos RN de acordo com as características físico-químicas dos fluxos de rejeitos, para então serem estudadas as espessuras de blindagem.

#### **4.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E RADIOLÓGICA**

De posse da atividade presente nos coletores ao fim de cada semana por um período de 3 meses, correspondente à contribuição de cada radioisótopo nos 2 cenários de produção, foi realizada a estimativa das características físico-químicas e radiológicas das principais saídas de RR.

Para que a gestão de rejeitos seja mais bem sistematizada, é importante identificar os fluxos de rejeitos que merecerão mais atenção quanto à blindagem, tempo de armazenamento até destino final e os que gerarão maior quantidade de calor durante o tratamento. Neste trabalho, os critérios usados na definição dos fluxos com radionuclídeos (RN) de interesse foram:

- ✓ Propriedades químicas dos elementos;
- ✓ Concentração de atividade;
- ✓ Meia-vida;
- ✓ Taxa de dose.

Esses critérios foram utilizados após a definição das 4 principais saídas de RR, gasoso, sólido, líquido ácido e líquido básico. Uma vez calculadas as atividades acumuladas nas rotinas de produção, Cenário I e Cenário II, simulou-se a separação química a partir da retirada parcial dos RN de acordo com as frações de contribuição dos mesmos em cada etapa.

As tabelas 9, 10 e 11 foram obtidas a partir das características do processo químico escolhido, e mostram a fração de participação dos radioisótopos em cada tipo de RR.

**Tabela 9** – Radioisótopos precipitados no filtro durante a dissolução do alvo.

Produtos de Fissão					Elementos Leves	Actinídeos	Fração no rejeito SÓLIDO
66	109	125	140	151	31	231	100%
Ni	Pd	Sb	Ba	Pm	Si	Th	
66	111	125m	140	151	32	234	100%
Cu	Pd	Te	La	Sm	P	Th	
72	111m	126	141	152	45	232	100%
Zn	Pd	Sn	La	Eu	Ca	Pa	
72	112	126	141	152m	47	234m	100%
Ga	Pd	Sb	Ce	Eu	Ca	Pa	
73	113m	126m	142	153	46	234	100%
Ga	Cd	Sb	La	Sm	Sc	U	
76	115	127	142	154	47	235	100%
As	Cd	Sn	Pr	Eu	Sc	U	
77	115m	127	143	155	48	236	100%
As	Cd	Sb	Ce	Eu	Sc	U	
78	115m	127	143	156	51	237	100%
As	In	Te	Pr	Sm	Cr	U	
89	117	127m	144	156	54	238	100%
Sr	Cd	Te	Ce	Eu	Mn	U	
89m	117m	128	144	157	56	236m	100%
Y	Cd	Sb	Pr	Eu	Mn	Np	
90	117	129	144m	159	55	238	100%
Sr	In	Sb	Pr	Gd	Fe	Np	
90	117m	129	145	160	59	239	100%
Y	In	Te	Pr	Tb	Fe	Np	
90m	117m	129m	146	161	60	2398	100%
Y	Sn	Te	Pm	Tb	Co	Pu	
91	119m	131	147	166	63	239	100%
Sr	Sn	Te	Nd	Dy	Ni	Pu	
91	121	131m	147	166	64	240	100%
Y	Sn	Te	Pm	Ho	Cu	Pu	
91m	121m	132	148	169	67	241	100%
Y	Sn	Te	Pm	Er	Cu	Pu	
92	122	135m	148m	171	65	243	100%
Sr	Sb	Ba	Pm	Er	Zn	Pu	
92	123	136m	149	171	69	242	100%
Y	Sn	Ba	Nd	Tm	Zn	Am	
93	124	137m	149	172	69m		100%
Y	Sb	Ba	Pm	Er	Zn		
107	125	139	150	172	71m		100%
Pd	Sn	Ba	Pm	Tm	Zn		

**Tabela 10** – Radioisótopos precipitados e em fase líquida após dissolução do alvo.

Produtos de Fissão	Fração no rejeito SÓLIDO	Fração no rejeito LÍQUIDO	Produtos de Fissão	Fração no rejeito SÓLIDO	Fração no rejeito LÍQUIDO
<sup>24</sup> Na	0,05%	99,95%	<sup>103</sup> Ru	38,68%	61,32%
<sup>84</sup> Rb	0,05%	99,95%	<sup>103m</sup> Rh	38,68%	61,32%
<sup>86</sup> Rb	0,05%	99,95%	<sup>105</sup> Ru	38,68%	61,32%
<sup>88</sup> Rb	0,05%	99,95%	<sup>105</sup> Rh	38,68%	61,32%
<sup>93</sup> Zr	78,7%	21,3%	<sup>105m</sup> Rh	38,68%	61,32%

(continua)

(continuação)

Produtos de Fissão	Fração no rejeito SÓLIDO	Fração no rejeito LÍQUIDO	Produtos de Fissão	Fração no rejeito SÓLIDO	Fração no rejeito LÍQUIDO
<sup>95</sup> Zr	78,7%	21,3%	<sup>106</sup> Ru	38,68%	61,32%
<sup>95</sup> Nb	78,7%	21,3%	<sup>106</sup> Rh	38,68%	61,32%
<sup>95m</sup> Nb	78,7%	21,3%	<sup>106m</sup> Rh	38,68%	61,32%
<sup>96</sup> Nb	78,7%	21,3%	<sup>132</sup> Cs	0,05%	99,95%
<sup>97</sup> Zr	78,7%	21,3%	<sup>134</sup> Cs	0,05%	99,95%
<sup>97</sup> Nb	78,7%	21,3%	<sup>134m</sup> Cs	0,05%	99,95%
<sup>97m</sup> Nb	78,7%	21,3%	<sup>135</sup> Cs	0,05%	99,95%
<sup>99</sup> Mo	0,57%	99,43%	<sup>136</sup> Cs	0,05%	99,95%
<sup>99</sup> Tc	0,57%	99,43%	<sup>137</sup> Cs	0,05%	99,95%
<sup>99m</sup> Tc	0,57%	99,43%			

Tabela 11 – Radioisótopos precipitados, em fase líquida e/ou em fase gasosa após dissolução do alvo.

Produtos de Fissão	Fração no rejeito SÓLIDO	Fração no rejeito GASOSO	Fração no rejeito LÍQUIDO	Produtos de Fissão	Fração no rejeito GASOSO	Produtos de Fissão	Fração no rejeito LÍQUIDO
<sup>80</sup> Br	0,6%	0,01%	99,39%	<sup>83m</sup> Kr	100%	<sup>3</sup> H	100%
<sup>80m</sup> Br	0,6%	0,01%	99,39%	<sup>85</sup> Kr	100%	<sup>73m</sup> Ge	100%
<sup>82</sup> Br	0,6%	0,01%	99,39%	<sup>85m</sup> Kr	100%	<sup>77</sup> Ge	100%
<sup>83</sup> Br	0,6%	0,01%	99,39%	<sup>87</sup> Kr	100%	<sup>77m</sup> Se	100%
<sup>126</sup> I	0,6%	0,01%	99,39%	<sup>88</sup> Kr	100%	<sup>78</sup> Ge	100%
<sup>129</sup> I	0,6%	0,01%	99,39%	<sup>129m</sup> Xe	100%	<sup>79</sup> Se	100%
<sup>130</sup> I	0,6%	0,01%	99,39%	<sup>131m</sup> Xe	100%	<sup>109m</sup> Ag	100%
<sup>131</sup> I	0,6%	0,01%	99,39%	<sup>133</sup> Xe	100%	<sup>110</sup> Ag	100%
<sup>132</sup> I	0,6%	0,01%	99,39%	<sup>133m</sup> Xe	100%	<sup>110m</sup> Ag	100%
<sup>133</sup> I	0,6%	0,01%	99,39%	<sup>135</sup> Xe	100%	<sup>111</sup> Ag	100%
<sup>135</sup> I	0,6%	0,01%	99,39%	<sup>135m</sup> Xe	100%	<sup>111m</sup> Ag	100%
						<sup>112</sup> Ag	100%
						<sup>113</sup> Ag	100%

Essas frações foram utilizadas para determinar os radionuclídeos, após a dissolução, presentes no direcionamento do fluxo gasoso para o tratamento *off-gas*, os RN precipitados e retidos no filtro, e os RN presentes na fase aquosa. Após a separação em rejeitos sólido líquidos e gasosos, considerou-se que 98% dos RL foram direcionados

ao coletor de rejeitos líquidos ácidos (RLA) e 2% ao coletor de rejeitos líquidos básicos (RLB).

Dessa forma, definiu-se a contribuição de cada RN nas principais saídas de RR já considerando-se o acúmulo de remessas no mesmo coletor. Uma vez definidos os estados físicos dos RR, o desenvolvimento deste trabalho foi direcionado aos RLA e RLB ficando os rejeitos sólidos e gasosos como sugestão para trabalhos futuros.

A partir da caracterização físico-química e radiológica dos fluxos de rejeitos, pôde-se então desenvolver estudos quanto às espessuras de blindagem e cálculos de concentração de atividade dos rejeitos líquidos.

#### 4.5 CÁLCULO DE BLINDAGEM

O software MicroShield® (GROOVE, 2011), desenvolvido pela empresa Groove Software Inc., consiste de uma ferramenta que pode ser utilizada para diversos fins em se tratando de fontes de radiação pontuais e, principalmente, não pontuais. Neste trabalho, os estudos foram realizados na versão 9.3 deste software.

Com bibliotecas em conformidade com dados de decaimento publicados pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP), este software é usado para:

- ✓ Análise de blindagens e estimativa de exposições à radiação gama usando 16 configurações geométricas comuns customizáveis;
- ✓ Projetar contêineres e blindagens radiológicas;
- ✓ Estudos de exposição à radiação, de pessoas e materiais;
- ✓ Escolha de blindagem temporária para atividades de manutenção;
- ✓ Deduzir características da fonte a partir de medidas do nível de radiação para deposição de rejeitos; entre outras aplicações.

O fato dos coletores, definidos para este estudo, consistirem em cilindros de aço inox implica que a fonte radioativa em questão tem a mesma forma. Logo, optou-se pela geometria cilíndrica no MicroShield® além de serem definidos pontos: na superfície, a 1 metro e a 2 metros (da superfície do cilindro) para que o software calculasse as taxas de dose de radiação em cada ponto, para cada espessura de blindagem.

As características gerais para a utilização do MicroShield® estão listadas a seguir:

- I. Geometria da fonte: cilíndrica com blindagens laterais (*vide* Figura 8);
- II. Dimensões (*vide* Figura 8):



- Raio e altura de acordo com os valores indicados nas Tabelas 6 e 7;
- Sh 1 = 0,5, correspondente à primeira blindagem da fonte ou a espessura do recipiente coletor;
- Sh 2 = variável. A blindagem para este estudo variou de 1 a 30 cm de espessura para cada semana (13 semanas no Cenário I, RLA e RLB, e 12 semanas no Cenário II, RLA e RLB).
- Nos campos:
  - X foram indicadas as distâncias para as quais o software deveria calcular as taxas de dose; neste trabalho: superfície, 1 m e 2 m;
  - Y foram indicadas as alturas para as quais o software deveria calcular as taxas de dose; neste trabalho: altura média do cilindro;
  - Z: zero, para todos os cálculos.

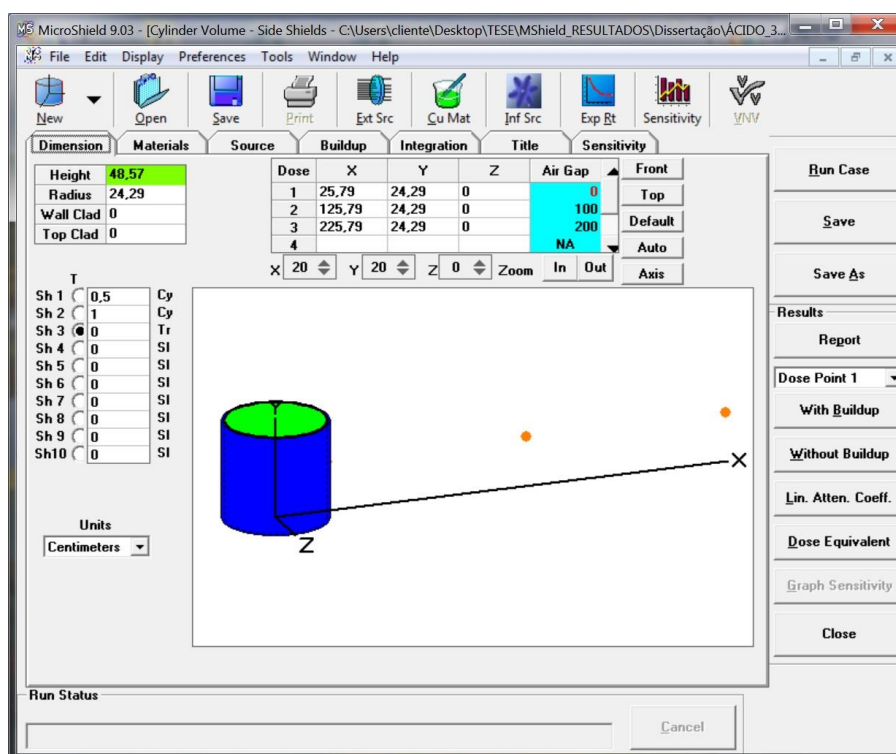


Figura 8 – Representação da seção “Dimension” do MicroShield®.

### III. Materiais (vide Figura 9):

- A densidade do ar foi indicada nos campos destinados para transição e espaço entre a fonte e o pontos para cálculo de taxa de dose;
- A densidade do aço foi indicada no campo destinado ao material utilizado para a blindagem 1, ou seja, o material do qual é feito o recipiente;

- A densidade do chumbo foi indicada no campo destinado ao material utilizado para a blindagem 2, ou seja, a blindagem propriamente dita;
- A densidade da água foi indicada no campo destinado à fonte, uma vez que os RN estão em meio aquoso.

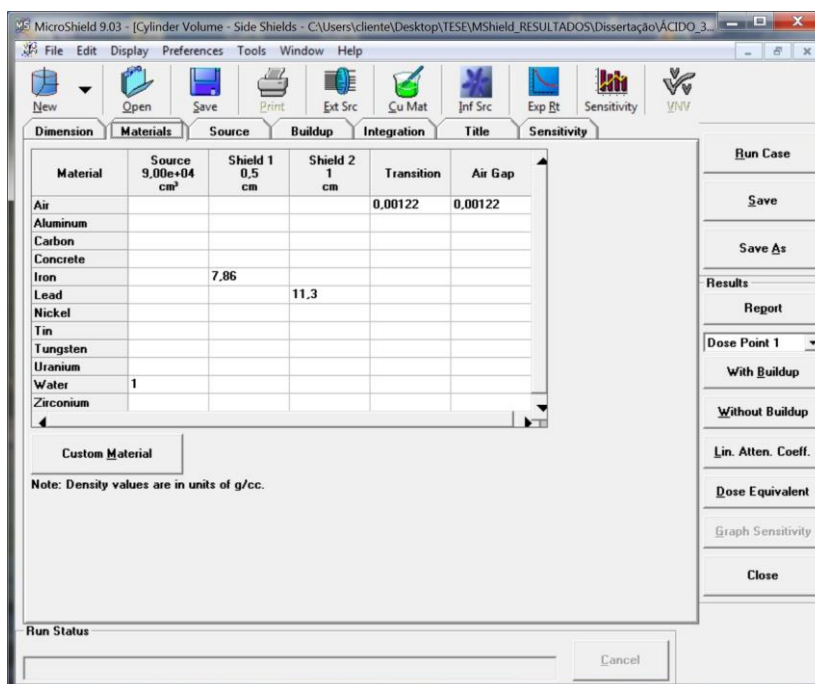


Figura 9 – Representação da seção “Materials” do MicroShield®.

#### IV. Fonte (vide Figura 10):

- No ícone “Nuclides” foi selecionada a biblioteca **ICRP-107** por ser a com maior número de RN de referência e os isótopos, que estavam presentes no inventário radioisotópico a ser utilizado, foram selecionados;
- .No campo “Becquerels” foram inseridas, uma a uma, as atividades dos RN calculadas pelo ORIGEN. Isso foi realizado para cada semana, nos 2 cenários, tanto para RLA quanto para RLB;
- O ícone “Group Photons” foi acionado, com o intuito de se prever os potenciais filhos dos RN selecionados a partir da biblioteca e de serem indicados as respectivas energias da radiação gama por eles emitida.

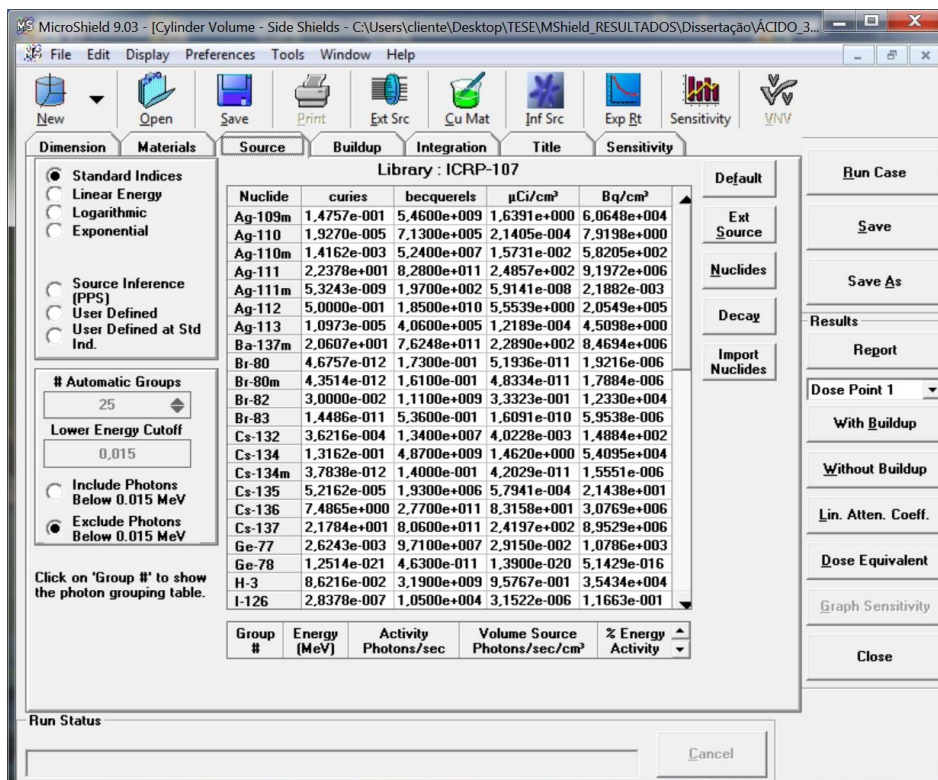


Figura 10 – Representação da seção “Source” do MicroShield®.

#### V. Título:

- Este campo foi utilizado para fins de identificação e organização.

O MicroShield® foi utilizado extensivamente e foram obtidas, no mínimo, 1500 saídas (*outputs*) de resultados para que este estudo fosse realizado. Cada *output* apresentou informações como:

- ✓ Características e dimensões do cilindro em questão;
- ✓ Taxas de dose nos pontos indicados;
- ✓ Atividade (Ci e Bq) e concentração de atividade ( $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$  e  $\text{Bq}/\text{cm}^3$ ) referente à contribuição de cada radioisótopo;
- ✓ Energia dos fótons emitidos bem como a atividade (fóton/s), taxa de exposição, taxa de dose, entre outras, para cada uma das distâncias configuradas.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 INVENTÁRIO RADIOISOTÓPICO INICIAL

O inventário completo dos radionuclídeos, gerados após a irradiação do alvo, foi estimado utilizando-se o código ORIGEN. A saída do ORIGEN foi multiplicada por 16, para corresponder ao número total de placas do alvo considerado neste trabalho, e os nuclídeos com atividades abaixo de  $1.10^4$  Bq, no momento final do processamento que é esperado acontecer por volta de 36 horas após o EOI, foram suprimidos.

As atividades apresentadas no momento EOI correspondem ao instante em que a irradiação dos alvos é finalizada, 7 dias após a colocação dos alvos dentro do reator. As atividades listadas nos intervalos posteriores ao EOI consideram apenas os respectivos decaimentos radioativos, também calculados pelo ORIGEN.

Os inventários apresentados nos APÊNDICES A.1 e APÊNDICES A.2 explicitam as atividades estimadas para este trabalho, considerando-se o acúmulo das remessas de rejeitos, de acordo com a subseção 4.3.

Os resultados obtidos para o Cenário I, onde espera-se 1 remessa de RR por semana, estão apresentados no APÊNDICE A.1. Os resultados obtidos para o Cenário II, onde espera-se 3 remessas de RR por semana, estão apresentados no APÊNDICE A.2.

É importante lembrar que, tanto para o Cenário I quanto Cenário II, os tempos de acúmulo foram escolhidos seguindo um modelo arbitrário desenvolvido pelos responsáveis por este trabalho (descritos na subseção 4.1.3), de forma que o titular de uma instalação produtora de  $^{99}\text{Mo}$  pode, ou não, segui-lo como exemplo para dimensionar seu respectivo plano de gerenciamento de rejeitos líquidos.

Dados mais exatos só poderiam ser obtidos através de medidas realizadas em ensaios experimentais a quente e de posse de definições mais concretas quanto ao processo a ser adotado no país.

### 5.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E RADIOLÓGICA

Nesta seção, escolheu-se mostrar os resultados detalhados para 3 campanhas, tanto no Cenário I quanto no Cenário II, pois julgou-se que não apenas a quantidade de rejeito líquido (a partir de 30 litros para ácido e 15 litros para básico) como também o tamanho da blindagem, são suficientes para justificar o transporte para a estação de tratamento, em termos de taxa de dose. Além disso, o Cenário II possui uma folga de 2

dias, a cada 3 campanhas, de forma que a retirada dos rejeitos e a troca de embalagem não perturbariam o andamento da produção.

As frações de RN apresentadas nas Tabelas 9, 10 e 11, foram baseados em dados do processo de produção escolhido, e são, portanto, hipóteses assumidas neste estudo. Os resultados apresentados, para 3 campanhas, encontram-se nas Tabelas 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19 e 20.

### 5.2.1 REJEITO GASOSO

Durante a etapa de dissolução do alvo, bem como nas etapas subsequentes onde isótopos do telúrio e iodo podem decair para xenônio, são liberados alguns aerossóis e gases nobres radioativos como:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ , Xe e Kr. Alguns nuclídeos agregados aos aerossóis apresentam quantidades não significativas, sendo direcionados ao sistema *off-gas* onde ficarão retidos nos filtros e tratados como rejeito sólido, posteriormente.

Nas Tabelas 12 e 13, estão apresentados os radionuclídeos esperados na saída do sistema de exaustão e filtragem do fluxo de rejeitos gasosos. As frações indicam a contribuição de cada RN na atividade total do fluxo gasoso, referente a 3 remessas de RR retidas no tratamento *off-gas*, sendo 1 campanha por semana (Cenário I) ou 3 campanhas na mesma semana (Cenário II). O xenônio é responsável por 99,9% da atividade total do fluxo gasoso, onde apenas  $^{133}\text{Xe}$  contribui com 86,0% (Cenário I) e 89% (Cenário II).

**Tabela 12** – Radionuclídeos retidos no tratamento *off-gas* – 3 remessas acumuladas no Cenário I.

Isótopo	Atividade (Bq)	Fração (%)	Isótopo	Atividade (Bq)	Fração (%)
<b>Br 80</b>	1,4E+00	6,4E-13	<b>Xe 129m</b>	4,4E+04	2,0E-08
<b>Br 80m</b>	1,3E+00	5,9E-13	<b>I 130</b>	1,6E+04	7,3E-09
<b>Br 82</b>	3,0E+05	1,4E-07	<b>I 131</b>	3,6E+08	1,6E-04
<b>Br 83</b>	5,9E+04	2,6E-08	<b>Xe 131m</b>	4,8E+11	2,1E-01
<b>Kr 83m</b>	2,7E+09	1,2E-03	<b>I 132</b>	5,3E+08	2,4E-04
<b>Kr 85</b>	3,6E+10	1,6E-02	<b>I 133</b>	3,4E+08	1,5E-04
<b>Kr 85m</b>	1,6E+11	7,2E-02	<b>Xe 133</b>	1,9E+14	8,6E+01
<b>Kr 87</b>	2,6E+05	1,2E-07	<b>Xe 133m</b>	5,4E+12	2,4E+00
<b>Kr 88</b>	1,8E+10	7,9E-03	<b>I 135</b>	4,7E+08	2,1E-04
<b>I 126</b>	9,3E+00	4,2E-12	<b>Xe 135</b>	2,4E+13	1,1E+01
<b>I 129</b>	4,0E+00	1,8E-12	<b>Xe 135m</b>	7,6E+11	3,4E-01

**Tabela 13** – Radionuclídeos retidos no tratamento *off-gas* – 3 remessas acumuladas no Cenário II.

Isótopo	Atividade (Bq)	Fração (%)	Isótopo	Atividade (Bq)	Fração (%)
<b>Br 80</b>	1,4E+00	4,2E-13	<b>Xe 129m</b>	6,0E+04	1,8E-08
<b>Br 80m</b>	1,3E+00	3,9E-13	<b>I 130</b>	1,8E+04	5,2E-09
<b>Br 82</b>	4,8E+05	1,4E-07	<b>I 131</b>	5,1E+08	1,5E-04
<b>Br 83</b>	5,9E+04	1,7E-08	<b>Xe 131m</b>	4,2E+11	1,2E-01
<b>Kr 83m</b>	2,7E+09	7,9E-04	<b>I 132</b>	9,1E+08	2,7E-04
<b>Kr 85</b>	3,6E+10	1,1E-02	<b>I 133</b>	4,4E+08	1,3E-04
<b>Kr 85m</b>	1,6E+11	4,7E-02	<b>Xe 133</b>	3,0E+14	8,9E+01
<b>Kr 87</b>	2,6E+05	7,6E-08	<b>Xe 133m</b>	9,7E+12	2,9E+00
<b>Kr 88</b>	1,8E+10	5,2E-03	<b>I 135</b>	2,3E+07	6,9E-06
<b>I 126</b>	5,9E-01	1,7E-13	<b>Xe 135</b>	2,5E+13	7,5E+00
<b>I 129</b>	2,0E-01	5,7E-14	<b>Xe 135m</b>	7,6E+11	2,2E-01

### 5.2.2 REJEITO SÓLIDO

Como dito anteriormente, na descrição do processo, considerou-se que 100% dos transurânicos são precipitados no processo de dissolução do alvo juntamente com cerca de 60% dos produtos de fissão e permanecem retidos no filtro do dissolvedor.

Após a lavagem do filtro, esse cake de rejeito sólido com alta concentração de atividade deve ser mantido no mesmo local até a próxima campanha, quando então é direcionado a embalagens próprias para coleta deste material. Nas Tabelas 14 e 15, estão apresentados os radionuclídeos esperados no cake da primeira filtragem, etapa realizada após a dissolução dos alvos irradiados. Estes resultados refletem as atividades presentes no filtro após 3 campanhas, sendo 1 campanha de produção por semana (Cenário I) ou 3 campanhas na mesma semana (Cenário II).

As frações indicam a contribuição de cada RN na atividade total do fluxo sólido, referente a 3 remessas de RR retidas no mesmo filtro após a dissolução dos alvos. Observa-se que o  $^{239}\text{Np}$  é responsável por 14% e 18%, o  $^{140}\text{Ba}$  por 10,4% e 9,9%, e o  $^{140}\text{La}$  por 10,6% e 9,7% da atividade total do cake, no Cenário I e no Cenário II respectivamente.

**Tabela 14** – Radionuclídeos retidos no filtro após a dissolução do alvo – 3 remessas acumuladas no Cenário I.

Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)	Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)	Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)
<b>Na 24</b>	1,4E+08	1,1E-05	<b>Ru 105</b>	4,8E+10	3,8E-03	<b>Ba 140</b>	1,3E+14	1,0E+01
<b>Si 31</b>	8,5E+05	6,8E-08	<b>Rh 105</b>	6,5E+12	5,2E-01	<b>La 140</b>	1,3E+14	1,1E+01
<b>P 32</b>	2,9E+04	2,3E-09	<b>Rh105m</b>	1,4E+10	1,1E-03	<b>La 141</b>	3,6E+11	2,9E-02
<b>Ca 45</b>	2,1E+06	1,7E-07	<b>Ru 106</b>	2,1E+11	1,7E-02	<b>Ce 141</b>	6,8E+13	5,5E+00
<b>Ca 47</b>	1,3E+05	1,1E-08	<b>Rh 106</b>	2,1E+11	1,7E-02	<b>La 142</b>	1,6E+07	1,3E-06
<b>Sc 46</b>	5,2E+07	4,2E-06	<b>Rh106m</b>	4,1E+06	3,3E-07	<b>Pr 142</b>	1,6E+09	1,3E-04
<b>Sc 47</b>	3,3E+08	2,7E-05	<b>Pd 107</b>	3,3E+04	2,6E-09	<b>Ce 143</b>	9,3E+13	7,4E+00
<b>Sc 48</b>	4,8E+07	3,8E-06	<b>Pd 109</b>	1,9E+11	1,6E-02	<b>Pr 143</b>	1,2E+14	9,9E+00
<b>Cr 51</b>	5,6E+07	4,5E-06	<b>Pd 111</b>	1,4E+06	1,1E-07	<b>Ce 144</b>	9,1E+12	7,3E-01
<b>Mn 54</b>	6,3E+08	5,0E-05	<b>Pd111m</b>	1,8E+06	1,4E-07	<b>Pr 144</b>	9,1E+12	7,3E-01
<b>Mn 56</b>	1,0E+08	8,4E-06	<b>Pd 112</b>	1,4E+11	1,1E-02	<b>Pr 144m</b>	1,3E+11	1,0E-02

(continua)

(continuação)

Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)	Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)	Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)
Fe 55	1,6E+09	1,3E-04	Cd113m	1,2E+07	9,4E-07	Pr 145	2,0E+12	1,6E-01
Fe 59	1,0E+09	8,3E-05	Cd 115	2,6E+11	2,1E-02	Pm 146	4,7E+04	3,8E-09
Co 60	7,9E+05	6,3E-08	Cd115m	4,4E+09	3,5E-04	Nd 147	5,0E+13	4,0E+00
Ni 63	1,7E+06	1,4E-07	In 115m	2,8E+11	2,2E-02	Pm 147	5,6E+11	4,4E-02
Cu 64	5,1E+10	4,1E-03	Cd 117	1,6E+07	1,3E-06	Pm 148	5,0E+10	4,0E-03
Ni 66	2,3E+06	1,8E-07	Cd117m	4,3E+07	3,4E-06	Pm148m	1,2E+10	9,7E-04
Cu 66	2,3E+06	1,8E-07	In 117	9,3E+07	7,4E-06	Nd 149	1,9E+07	1,5E-06
Cu 67	2,4E+07	1,9E-06	In 117m	7,5E+07	6,0E-06	Pm 149	2,3E+13	1,8E+00
Zn 65	3,4E+09	2,7E-04	Sn117m	5,1E+08	4,1E-05	Pm 150	6,7E+07	5,3E-06
Zn 69	4,3E+08	3,5E-05	Sn119m	8,6E+07	6,9E-06	Pm 151	5,8E+12	4,6E-01
Zn 69m	4,0E+08	3,2E-05	Sn 121	1,7E+11	1,3E-02	Sm 151	5,4E+09	4,3E-04
Zn 71m	3,5E+04	2,8E-09	Sn121m	1,8E+07	1,4E-06	Eu 152	8,3E+04	6,7E-09
Zn 72	5,3E+08	4,3E-05	Sb 122	2,9E+08	2,4E-05	Eu 152m	3,6E+06	2,9E-07
Ga 72	7,0E+08	5,6E-05	Sn 123	4,2E+09	3,4E-04	Sm 153	3,2E+12	2,6E-01
Ga 73	2,0E+07	1,6E-06	Sb 124	1,3E+08	1,0E-05	Eu 154	1,5E+08	1,2E-05
As 76	1,3E+07	1,0E-06	Sn 125	2,2E+11	1,8E-02	Eu 155	8,2E+09	6,5E-04
As 77	1,5E+11	1,2E-02	Sb 125	1,4E+10	1,2E-03	Sm 156	3,6E+10	2,9E-03
As 78	6,5E+05	5,2E-08	Te 125m	4,2E+08	3,3E-05	Eu 156	3,8E+11	3,1E-02
Br 80	8,5E+01	6,8E-12	Sn 126	7,5E+05	6,0E-08	Eu 157	4,6E+10	3,6E-03
Br 80m	8,0E+01	6,4E-12	Sb 126	1,9E+10	1,5E-03	Gd 159	9,8E+09	7,8E-04
Br 82	1,8E+07	1,5E-06	Sb126m	7,5E+05	6,0E-08	Tb 160	1,6E+07	1,3E-06
Br 83	3,5E+06	2,8E-07	I 126	5,6E+02	4,5E-11	Tb 161	2,5E+09	2,0E-04
Rb 84	1,9E+02	1,5E-11	Sn 127	2,1E+07	1,7E-06	Dy 166	2,3E+07	1,8E-06
Rb 86	5,7E+05	4,6E-08	Sb 127	3,9E+12	3,1E-01	Ho 166	2,8E+07	2,3E-06
Rb 88	9,9E+06	7,9E-07	Te 127	3,7E+12	2,9E-01	Er 169	4,3E+06	3,4E-07
Sr 89	3,8E+13	3,1E+00	Te 127m	9,2E+10	7,4E-03	Er 171	6,7E+04	5,4E-09
Y 89m	3,6E+09	2,9E-04	Sb 128	5,1E+10	4,1E-03	Tm 171	3,8E+04	3,0E-09
Sr 90	2,7E+11	2,2E-02	Sb 129	6,3E+10	5,1E-03	Er 172	2,0E+06	1,6E-07
Y 90	2,4E+11	1,9E-02	Te 129	7,9E+11	6,3E-02	Tm 172	3,0E+06	2,4E-07
Y 90m	6,2E+04	4,9E-09	Te 129m	1,1E+12	9,0E-02	Th 231	1,0E+07	8,2E-07
Sr 91	1,4E+13	1,1E+00	I 129	2,4E+02	1,9E-11	Th 234	2,1E+06	1,7E-07
Y 91	4,2E+13	3,4E+00	I 130	9,8E+05	7,9E-08	Pa 232	2,0E+04	1,6E-09
Y 91m	8,9E+12	7,1E-01	Te 131	1,3E+12	1,1E-01	Pa 234m	2,1E+06	1,7E-07
Sr 92	2,0E+10	1,6E-03	Te 131m	5,9E+12	4,7E-01	U 234	8,2E+08	6,6E-05
Y 92	6,6E+11	5,3E-02	I 131	2,2E+10	1,7E-03	U 235	9,4E+06	7,5E-07
Y 93	1,8E+13	1,4E+00	Te 132	1,0E+14	8,2E+00	U 236	1,3E+06	1,0E-07
Zr 93	4,3E+06	3,5E-07	I 132	3,2E+10	2,5E-03	U 237	2,2E+12	1,7E-01
Zr 95	3,4E+13	2,7E+00	Cs 132	3,8E+03	3,1E-10	U 238	6,0E+06	4,8E-07
Nb 95	7,3E+12	5,9E-01	I 133	2,1E+10	1,6E-03	Np236m	6,2E+04	5,0E-09
Nb95m	3,2E+11	2,5E-02	Cs 134	8,3E+05	6,7E-08	Np 238	3,1E+09	2,5E-04
Nb 96	5,4E+09	4,3E-04	Cs134m	2,0E+03	1,6E-10	Np 239	1,7E+14	1,4E+01
Zr 97	3,6E+13	2,9E+00	I 135	2,8E+10	2,2E-03	Pu 238	1,3E+06	1,0E-07
Nb 97	3,6E+13	2,9E+00	Cs 135	3,2E+02	2,6E-11	Pu 239	3,9E+08	3,2E-05
Nb97m	3,4E+13	2,7E+00	Ba135m	6,5E+05	5,2E-08	Pu 240	1,2E+07	9,4E-07
Mo 99	1,2E+11	9,5E-03	Cs 136	6,1E+07	4,9E-06	Pu 241	8,4E+07	6,7E-06
Tc 99	1,6E+05	1,2E-08	Ba136m	1,4E+10	1,1E-03	Pu 243	1,1E+04	9,1E-10
Tc 99m	1,1E+11	9,2E-03	Cs 137	1,4E+08	1,1E-05	Am 242	4,9E+04	3,9E-09
Ru 103	1,2E+13	9,5E-01	Ba137m	2,6E+11	2,1E-02			
Rh103m	1,2E+13	9,5E-01	Ba 139	4,9E+06	3,9E-07			

Tabela 15– Radionuclídeos retidos no filtro após a dissolução do alvo – 3 remessas acumuladas no Cenário II.

Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)	Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)	Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)
Na 24	1,6E+08	9,3E-06	Ru 105	4,8E+10	2,8E-03	Ba 140	1,7E+14	9,9E+00
Si 31	8,5E+05	5,1E-08	Rh 105	1,0E+13	6,0E-01	La 140	1,6E+14	9,7E+00
P 32	3,6E+04	2,2E-09	Rh 105m	1,4E+10	8,1E-04	La 141	3,6E+11	2,1E-02
Ca 45	2,1E+06	1,3E-07	Ru 106	2,1E+11	1,3E-02	Ce 141	7,6E+13	4,5E+00
Ca 47	2,2E+05	1,3E-08	Rh 106	2,1E+11	1,3E-02	La 142	1,6E+07	9,4E-07
Sc 46	5,5E+07	3,2E-06	Rh 106m	4,1E+06	2,4E-07	Pr 142	2,0E+09	1,2E-04
Sc 47	5,6E+08	3,4E-05	Pd 107	3,3E+04	1,9E-09	Ce 143	1,4E+14	8,5E+00
Sc 48	8,0E+07	4,7E-06	Pd 109	2,2E+11	1,3E-02	Pr 143	1,5E+14	9,1E+00
Cr 51	6,3E+07	3,7E-06	Pd 111	1,4E+06	8,4E-08	Ce 144	9,2E+12	5,5E-01
Mn 54	6,3E+08	3,8E-05	Pd 111m	1,8E+06	1,1E-07	Pr 144	9,2E+12	5,5E-01

(continua)

(continuação)

Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)	Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)	Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)
Mn 56	1,0E+08	6,2E-06	Pd 112	1,8E+11	1,1E-02	Pr 144m	1,3E+11	7,7E-03
Fe 55	1,7E+09	9,8E-05	Cd 113m	1,2E+07	7,0E-07	Pr 145	2,0E+12	1,2E-01
Fe 59	1,1E+09	6,7E-05	Cd 115	4,4E+11	2,6E-02	Pm 146	4,7E+04	2,8E-09
Co 60	7,9E+05	4,7E-08	Cd 115m	4,8E+09	2,8E-04	Nd 147	6,5E+13	3,9E+00
Ni 63	1,7E+06	1,0E-07	In 115m	4,8E+11	2,9E-02	Pm 147	3,8E+11	2,2E-02
Cu 64	5,6E+10	3,3E-03	Cd 117	1,6E+07	9,5E-07	Pm 148	7,8E+10	4,7E-03
Ni 66	3,9E+06	2,3E-07	Cd 117m	4,3E+07	2,5E-06	Pm148m	1,3E+10	7,9E-04
Cu 66	3,9E+06	2,3E-07	In 117	9,3E+07	5,5E-06	Nd 149	1,9E+07	1,1E-06
Cu 67	4,1E+07	2,4E-06	In 117m	7,5E+07	4,5E-06	Pm 149	3,9E+13	2,3E+00
Zn 65	3,4E+09	2,0E-04	Sn 117m	6,4E+08	3,8E-05	Pm 150	6,7E+07	4,0E-06
Zn 69	4,8E+08	2,9E-05	Sn 119m	8,7E+07	5,2E-06	Pm 151	8,5E+12	5,0E-01
Zn 69m	4,5E+08	2,7E-05	Sn 121	2,4E+11	1,4E-02	Sm 151	5,3E+09	3,2E-04
Zn 71m	3,5E+04	2,1E-09	Sn 121m	1,8E+07	1,0E-06	Eu 152	8,3E+04	4,9E-09
Zn 72	9,0E+08	5,3E-05	Sb 122	5,1E+08	3,0E-05	Eu 152m	3,7E+06	2,2E-07
Ga 72	1,2E+09	7,2E-05	Sn 123	4,4E+09	2,6E-04	Sm 153	5,4E+12	3,2E-01
Ga 73	2,0E+07	1,2E-06	Sb 124	1,4E+08	8,2E-06	Eu 154	1,5E+08	9,2E-06
As 76	1,8E+07	1,1E-06	Sn 125	3,0E+11	1,8E-02	Eu 155	8,2E+09	4,9E-04
As 77	2,4E+11	1,4E-02	Sb 125	1,4E+10	8,1E-04	Sm 156	3,8E+10	2,2E-03
As 78	6,5E+05	3,9E-08	Te 125m	2,3E+08	1,4E-05	Eu 156	4,8E+11	2,8E-02
Br 80	8,5E+01	5,1E-12	Sn 126	7,5E+05	4,5E-08	Eu 157	5,2E+10	3,1E-03
Br 80m	8,0E+01	4,7E-12	Sb 126	2,4E+10	1,4E-03	Gd 159	1,2E+10	7,2E-04
Br 82	2,9E+07	1,7E-06	Sb 126m	7,5E+05	4,5E-08	Tb 160	1,7E+07	1,0E-06
Br 83	3,5E+06	2,1E-07	I 126	3,6E+01	2,1E-12	Tb 161	3,7E+09	2,2E-04
Rb 84	2,1E+02	1,2E-11	Sn 127	2,1E+07	1,3E-06	Dy 166	3,9E+07	2,3E-06
Rb 86	6,8E+05	4,0E-08	Sb 127	6,6E+12	3,9E-01	Ho 166	5,0E+07	3,0E-06
Rb 88	9,9E+06	5,9E-07	Te 127	6,1E+12	3,6E-01	Er 169	5,8E+06	3,5E-07
Sr 89	4,1E+13	2,5E+00	Te 127m	7,9E+10	4,7E-03	Er 171	6,8E+04	4,0E-09
Y 89m	3,8E+09	2,3E-04	Sb 128	5,3E+10	3,1E-03	Tm 171	3,8E+04	2,2E-09
Sr 90	2,7E+11	1,6E-02	Sb 129	6,3E+10	3,8E-03	Er 172	3,4E+06	2,0E-07
Y 90	2,1E+11	1,3E-02	Te 129	8,7E+11	5,2E-02	Tm 172	5,4E+06	3,2E-07
Y 90m	6,2E+04	3,7E-09	Te 129m	1,3E+12	7,4E-02	Th 231	1,0E+07	6,3E-07
Sr 91	1,4E+13	8,6E-01	I 129	1,2E+01	7,0E-13	Th 234	1,1E+07	9,0E-08
Y 91	4,5E+13	2,7E+00	I 130	1,1E+06	6,3E-08	Pa 232	1,5E+06	1,8E-09
Y 91m	9,2E+12	5,5E-01	Te 131	2,0E+12	1,2E-01	Pa 234m	3,1E+04	9,0E-08
Sr 92	2,0E+10	1,2E-03	Te 131m	8,8E+12	5,2E-01	U 234	1,5E+06	4,9E-05
Y 92	6,6E+11	3,9E-02	I 131	3,0E+10	1,8E-03	U 235	8,2E+08	5,6E-07
Y 93	1,9E+13	1,1E+00	Te 132	1,8E+14	1,0E+01	U 236	9,4E+06	7,5E-08
Zr 93	4,3E+06	2,6E-07	I 132	5,4E+10	3,2E-03	U 237	1,3E+06	1,9E-01
Zr 95	3,6E+13	2,1E+00	Cs 132	5,7E+03	3,4E-10	U 238	3,2E+12	3,5E-07
Nb 95	4,5E+12	2,7E-01	I 133	2,6E+10	1,6E-03	Np 236m	6,0E+06	4,9E-09
Nb95m	2,8E+11	1,7E-02	Cs 134	8,4E+05	5,0E-08	Np 238	8,3E+04	3,1E-04
Nb 96	7,3E+09	4,4E-04	Cs 134m	2,0E+03	1,2E-10	Np 239	5,3E+09	1,8E+01
Zr 97	4,3E+13	2,5E+00	I 135	1,4E+09	8,3E-05	Pu 238	3,0E+14	6,8E-08
Nb 97	4,3E+13	2,5E+00	Cs 135	3,2E+02	1,9E-11	Pu 239	1,1E+06	2,1E-05
Nb97m	4,0E+13	2,4E+00	Ba 135m	9,5E+05	5,7E-08	Pu 240	3,6E+08	7,0E-07
Mo 99	2,0E+11	1,2E-02	Cs 136	7,8E+07	4,6E-06	Pu 241	1,2E+07	5,0E-06
Tc 99	1,4E+05	8,2E-09	Ba 136m	1,7E+10	1,0E-03	Pu 243	8,4E+07	6,8E-10
Tc 99m	2,0E+11	1,2E-02	Cs 137	1,4E+08	8,2E-06	Am 242	1,1E+04	3,4E-09
Ru 103	1,3E+13	7,7E-01	Ba 137m	2,6E+11	1,5E-02			
Rh103m	1,3E+13	7,7E-01	Ba 139	4,9E+06	2,9E-07			

Estes resultados refletem o inventário radioisotópico do que é esperado no *cake* após filtragem da carga resultante da dissolução do alvo.

Além deste filtro contendo os RN precipitados, durante todo o processo, são gerados inúmeros tipos de rejeito sólido que vão desde panos e roupas de proteção contaminados, até partes da instalação contaminadas como: colunas de resina de



purificação exauridas e tubulação substituída. A Tabela 16, a seguir, exemplifica alguns rejeitos sólidos esperados numa planta de produção de  $^{99}\text{Mo}$  por fissão do  $^{235}\text{U}$ .

**Tabela 16** – Tipos de rejeitos radioativos sólidos esperados numa instalação produtora de  $^{99}\text{Mo}$ .

<b>Etapa</b>	<b>Itens</b>
<b>Irradiação</b>	Instrumentação do reator contaminada; partes de aço inox do alvo.
<b>Processamento químico</b>	Extração pela coluna de cromatografia; fibra de vidro ultrafina.
<b>Atividades gerais na planta</b>	Papéis e roupas de proteção descartáveis contaminados.
<b>Sistema de ventilação</b>	Carvão ativado modificado com sais de Al; filtros de aerossóis; filtros de carvão ativado do sistema de exaustão.

### 5.2.3 REJEITO LÍQUIDO

Como dito anteriormente, os fluxos de RR foram calculados baseando-se no processo de produção adotado e nas características químicas de cada família de RN. Esta subseção apresenta uma parcela dos resultados obtidos quanto à quantidade de RR líquidos esperados para o Cenário I, totalizando 15L de RR líquido, e para o Cenário II, num total de 45L de RR líquido por semana.

As Tabelas 17 e 18 mostram os radionuclídeos esperados na primeira etapa de separação do  $^{99}\text{Mo}$  e  $^{131}\text{I}$ ; esta separação considera que a produção terá um rendimento de 85%  $^{99}\text{Mo}$  e 95% de  $^{131}\text{I}$ .

As frações indicam a contribuição de cada RN na atividade total do fluxo de RLA, referente a 3 remessas de RR retidas no mesmo recipiente, sendo 1 campanha de produção por semana (Cenário I) ou 3 campanhas na mesma semana (Cenário II).

O  $^{99}\text{Mo}$  ainda é responsável por 14,1% e 18,5%, o  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  por 13,6% e 17,9%, o rutênio por 13,0% e 11%, e o ródio por 19,9% e 19,1% da atividade total do fluxo de RLA, no Cenário I e no Cenário II respectivamente.

**Tabela 17** – Radionuclídeos retidos no processo de separação do molibdênio – Líquido ácido  
3 remessas acumuladas no Cenário I.

Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)	Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)	Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)
<b>Na 24</b>	2,7E+11	1,9E-01	<b>Nb 96</b>	1,4E+09	9,9E-04	<b>Ag 111</b>	4,3E+11	3,0E-01
<b>H 3</b>	1,1E+09	7,3E-04	<b>Zr 97</b>	9,5E+12	6,5E+00	<b>Ag111m</b>	1,7E+06	1,2E-06
<b>Ge73m</b>	1,9E+07	1,3E-05	<b>Nb 97</b>	9,5E+12	6,6E+00	<b>Ag 112</b>	1,6E+11	1,1E-01
<b>Ge 77</b>	7,6E+09	5,2E-03	<b>Nb97m</b>	9,0E+12	6,2E+00	<b>Ag 113</b>	4,4E+09	3,0E-03
<b>Se 77m</b>	4,6E+08	3,2E-04	<b>Mo 99</b>	2,0E+13	1,4E+01	<b>I 126</b>	9,1E+04	6,3E-08
<b>Ge 78</b>	2,8E+04	1,9E-08	<b>Tc 99</b>	2,7E+07	1,8E-05	<b>I 129</b>	3,9E+04	2,7E-08
<b>Se 79</b>	2,0E+05	1,4E-07	<b>Tc 99m</b>	2,0E+13	1,4E+01	<b>I 130</b>	1,6E+08	1,1E-04
<b>Br 80</b>	1,4E+04	9,5E-09	<b>Ru 103</b>	1,9E+13	1,3E+01	<b>I 131</b>	3,5E+12	2,4E+00
<b>Br 80m</b>	1,3E+04	8,9E-09	<b>Rh103m</b>	1,8E+13	1,3E+01	<b>I 132</b>	5,2E+12	3,6E+00
<b>Br 82</b>	3,0E+09	2,0E-03	<b>Ru 105</b>	7,4E+10	5,1E-02	<b>Cs 132</b>	7,5E+06	5,2E-06
<b>Br 83</b>	5,8E+08	4,0E-04	<b>Rh 105</b>	1,0E+13	6,9E+00	<b>I 133</b>	3,3E+12	2,3E+00
<b>Rb 84</b>	3,7E+05	2,5E-07	<b>Rh105m</b>	2,1E+10	1,5E-02	<b>Cs 134</b>	1,6E+09	1,1E-03
<b>Rb 86</b>	1,1E+09	7,7E-04	<b>Ru 106</b>	3,3E+11	2,2E-01	<b>Cs134m</b>	3,9E+06	2,7E-06
<b>Rb 88</b>	1,9E+10	1,3E-02	<b>Rh 106</b>	3,3E+11	2,2E-01	<b>I 135</b>	4,5E+12	3,1E+00
<b>Zr 93</b>	1,1E+06	7,9E-07	<b>Rh106m</b>	6,3E+06	4,4E-06	<b>Cs 135</b>	6,3E+05	4,4E-07
<b>Zr 95</b>	9,0E+12	6,2E+00	<b>Ag109m</b>	1,9E+11	1,3E-01	<b>Cs 136</b>	1,2E+11	8,3E-02
<b>Nb 95</b>	1,9E+12	1,3E+00	<b>Ag 110</b>	2,4E+05	1,7E-07	<b>Cs 137</b>	2,7E+11	1,9E-01
<b>Nb95m</b>	8,4E+10	5,8E-02	<b>Ag110m</b>	1,8E+07	1,2E-05			

**Tabela 18**– Radionuclídeos retidos no processo de separação do molibdênio – Líquido ácido  
3 remessas acumuladas no Cenário II.

Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)	Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)	Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)
<b>Na 24</b>	3,1E+11	1,6E-01	<b>Nb 96</b>	1,9E+09	1,0E-03	<b>Ag 111</b>	6,3E+11	3,3E-01
<b>H 3</b>	1,1E+09	5,6E-04	<b>Zr 97</b>	1,1E+13	5,9E+00	<b>Ag111m</b>	1,7E+06	9,0E-07
<b>Ge73m</b>	1,9E+07	1,0E-05	<b>Nb 97</b>	1,1E+13	6,0E+00	<b>Ag 112</b>	2,1E+11	1,1E-01
<b>Ge 77</b>	8,1E+09	4,3E-03	<b>Nb97m</b>	1,1E+13	5,6E+00	<b>Ag 113</b>	4,4E+09	2,3E-03
<b>Se 77m</b>	7,5E+08	4,0E-04	<b>Mo 99</b>	3,5E+13	1,8E+01	<b>I 126</b>	5,8E+03	3,0E-09
<b>Ge 78</b>	2,8E+04	1,4E-08	<b>Tc 99</b>	2,4E+07	1,2E-05	<b>I 129</b>	1,9E+03	1,0E-09
<b>Se 79</b>	2,0E+05	1,0E-07	<b>Tc 99m</b>	3,4E+13	1,8E+01	<b>I 130</b>	1,7E+08	9,1E-05
<b>Br 80</b>	1,4E+04	7,3E-09	<b>Ru 103</b>	2,0E+13	1,1E+01	<b>I 131</b>	4,9E+12	2,6E+00
<b>Br 80m</b>	1,3E+04	6,8E-09	<b>Rh103m</b>	2,0E+13	1,1E+01	<b>I 132</b>	8,8E+12	4,6E+00
<b>Br 82</b>	4,6E+09	2,4E-03	<b>Ru 105</b>	7,4E+10	3,9E-02	<b>Cs 132</b>	1,1E+07	5,9E-06
<b>Br 83</b>	5,8E+08	3,0E-04	<b>Rh 105</b>	1,6E+13	8,3E+00	<b>I 133</b>	4,3E+12	2,3E+00
<b>Rb 84</b>	4,1E+05	2,1E-07	<b>Rh105m</b>	2,1E+10	1,1E-02	<b>Cs 134</b>	1,6E+09	8,6E-04
<b>Rb 86</b>	1,3E+09	7,0E-04	<b>Ru 106</b>	3,3E+11	1,7E-01	<b>Cs134m</b>	3,9E+06	2,1E-06
<b>Rb 88</b>	1,9E+10	1,0E-02	<b>Rh 106</b>	3,3E+11	1,7E-01	<b>I 135</b>	2,3E+11	1,2E-01
<b>Zr 93</b>	1,1E+06	6,0E-07	<b>Rh106m</b>	6,3E+06	3,3E-06	<b>Cs 135</b>	6,3E+05	3,3E-07
<b>Zr 95</b>	9,6E+12	5,0E+00	<b>Ag109m</b>	2,1E+11	1,1E-01	<b>Cs 136</b>	1,5E+11	8,0E-02
<b>Nb 95</b>	1,2E+12	6,3E-01	<b>Ag 110</b>	2,4E+05	1,3E-07	<b>Cs 137</b>	2,7E+11	1,4E-01
<b>Nb95m</b>	7,5E+10	4,0E-02	<b>Ag110m</b>	1,8E+07	9,4E-06			

Nas Tabelas 19 e 20 estão apresentados os radionuclídeos esperados na segunda etapa de separação do  $^{99}\text{Mo}$ . As frações indicadas representam a contribuição de cada RN na atividade total do fluxo de RLB, referente a 3 remessas de RR retidas no mesmo recipiente, sendo 1 campanha de produção por semana (Cenário I) ou 3 campanhas na mesma semana (Cenário II).

Análogo ao fluxo de RLA,  $^{99}\text{Mo}$  é responsável por 14,1% e 18,5%, o  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  por 13,6% e 17,9%, o rutênio por 13,0% e 11%, e o ródio por 19,9% e 19,1% da atividade total do fluxo de RLB, no Cenário I e no Cenário II respectivamente.

**Tabela 19** – Radionuclídeos retidos no processo de separação do molibdênio – Líquido básico  
3 remessas acumuladas no Cenário I.

Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)	Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)	Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)
<b>Na 24</b>	5,5E+09	1,9E-01	<b>Nb 96</b>	2,9E+07	9,9E-04	<b>Ag 111</b>	8,9E+09	3,0E-01
<b>H 3</b>	2,2E+07	7,3E-04	<b>Zr 97</b>	1,9E+11	6,5E+00	<b>Ag111m</b>	3,5E+04	1,2E-06
<b>Ge73m</b>	4,0E+05	1,3E-05	<b>Nb 97</b>	1,9E+11	6,6E+00	<b>Ag 112</b>	3,2E+09	1,1E-01
<b>Ge 77</b>	1,6E+08	5,2E-03	<b>Nb 97m</b>	1,8E+11	6,2E+00	<b>Ag 113</b>	9,0E+07	3,0E-03
<b>Se 77m</b>	9,5E+06	3,2E-04	<b>Mo 99</b>	4,2E+11	1,4E+01	<b>I 126</b>	1,9E+03	6,3E-08
<b>Ge 78</b>	5,6E+02	1,9E-08	<b>Tc 99</b>	5,5E+05	1,8E-05	<b>I 129</b>	7,9E+02	2,7E-08
<b>Se 79</b>	4,0E+03	1,4E-07	<b>Tc 99m</b>	4,0E+11	1,4E+01	<b>I 130</b>	3,3E+06	1,1E-04
<b>Br 80</b>	2,8E+02	9,5E-09	<b>Ru 103</b>	3,8E+11	1,3E+01	<b>I 131</b>	7,1E+10	2,4E+00
<b>Br 80m</b>	2,6E+02	8,9E-09	<b>Rh103m</b>	3,8E+11	1,3E+01	<b>I 132</b>	1,1E+11	3,6E+00
<b>Br 82</b>	6,0E+07	2,0E-03	<b>Ru 105</b>	1,5E+09	5,1E-02	<b>Cs 132</b>	1,5E+05	5,2E-06
<b>Br 83</b>	1,2E+07	4,0E-04	<b>Rh 105</b>	2,0E+11	6,9E+00	<b>I 133</b>	6,8E+10	2,3E+00
<b>Rb 84</b>	7,5E+03	2,5E-07	<b>Rh105m</b>	4,3E+08	1,5E-02	<b>Cs 134</b>	3,3E+07	1,1E-03
<b>Rb 86</b>	2,3E+07	7,7E-04	<b>Ru 106</b>	6,6E+09	2,2E-01	<b>Cs134m</b>	8,0E+04	2,7E-06
<b>Rb 88</b>	4,0E+08	1,3E-02	<b>Rh 106</b>	6,6E+09	2,2E-01	<b>I 135</b>	9,2E+10	3,1E+00
<b>Zr 93</b>	2,3E+04	7,9E-07	<b>Rh106m</b>	1,3E+05	4,4E-06	<b>Cs 135</b>	1,3E+04	4,4E-07
<b>Zr 95</b>	1,8E+11	6,2E+00	<b>Ag109m</b>	3,9E+09	1,3E-01	<b>Cs 136</b>	2,4E+09	8,3E-02
<b>Nb 95</b>	4,0E+10	1,3E+00	<b>Ag 110</b>	4,9E+03	1,7E-07	<b>Cs 137</b>	5,5E+09	1,9E-01
<b>Nb 95m</b>	1,7E+09	5,8E-02	<b>Ag110m</b>	3,6E+05	1,2E-05			

O APÊNDICE B.1 apresenta a concentração de atividade dos RLA, enquanto que o APÊNDICE B.2 apresenta a concentração de atividade dos RLB, ambos devido a produção de 1 remessa de RR semanal (Cenário I).

**Tabela 20**– Radionuclídeos retidos no processo de separação do molibdênio – Líquido básico  
3 remessas acumuladas no Cenário II.

Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)	Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)	Isótopo	Atividade(Bq)	Fração(%)
<b>Na 24</b>	6,2E+09	1,6E-01	<b>Nb 96</b>	4,0E+07	1,0E-03	<b>Ag 111</b>	1,3E+10	3,3E-01
<b>H 3</b>	2,2E+07	5,6E-04	<b>Zr 97</b>	2,3E+11	5,9E+00	<b>Ag111m</b>	3,5E+04	9,0E-07
<b>Ge73m</b>	4,0E+05	1,0E-05	<b>Nb 97</b>	2,3E+11	6,0E+00	<b>Ag 112</b>	4,2E+09	1,1E-01
<b>Ge 77</b>	1,7E+08	4,3E-03	<b>Nb 97m</b>	2,2E+11	5,6E+00	<b>Ag 113</b>	9,0E+07	2,3E-03
<b>Se 77m</b>	1,5E+07	4,0E-04	<b>Mo 99</b>	7,2E+11	1,8E+01	<b>I 126</b>	1,2E+02	3,0E-09
<b>Ge 78</b>	5,6E+02	1,4E-08	<b>Tc 99</b>	4,8E+05	1,2E-05	<b>I 129</b>	3,9E+01	1,0E-09
<b>Se 79</b>	4,0E+03	1,0E-07	<b>Tc 99m</b>	7,0E+11	1,8E+01	<b>I 130</b>	3,5E+06	9,1E-05
<b>Br 80</b>	2,8E+02	7,3E-09	<b>Ru 103</b>	4,1E+11	1,1E+01	<b>I 131</b>	1,0E+11	2,6E+00
<b>Br 80m</b>	2,6E+02	6,8E-09	<b>Rh103m</b>	4,1E+11	1,1E+01	<b>I 132</b>	1,8E+11	4,6E+00
<b>Br 82</b>	9,5E+07	2,4E-03	<b>Ru 105</b>	1,5E+09	3,9E-02	<b>Cs 132</b>	2,3E+05	5,9E-06
<b>Br 83</b>	1,2E+07	3,0E-04	<b>Rh 105</b>	3,2E+11	8,3E+00	<b>I 133</b>	8,8E+10	2,3E+00
<b>Rb 84</b>	8,3E+03	2,1E-07	<b>Rh105m</b>	4,3E+08	1,1E-02	<b>Cs 134</b>	3,3E+07	8,6E-04
<b>Rb 86</b>	2,7E+07	7,0E-04	<b>Ru 106</b>	6,7E+09	1,7E-01	<b>Cs134m</b>	8,0E+04	2,1E-06
<b>Rb 88</b>	4,0E+08	1,0E-02	<b>Rh 106</b>	6,7E+09	1,7E-01	<b>I 135</b>	4,7E+09	1,2E-01
<b>Zr 93</b>	2,3E+04	6,0E-07	<b>Rh106m</b>	1,3E+05	3,3E-06	<b>Cs 135</b>	1,3E+04	3,3E-07
<b>Zr 95</b>	2,0E+11	5,0E+00	<b>Ag109m</b>	4,3E+09	1,1E-01	<b>Cs 136</b>	3,1E+09	8,0E-02
<b>Nb 95</b>	2,5E+10	6,3E-01	<b>Ag 110</b>	5,0E+03	1,3E-07	<b>Cs 137</b>	5,5E+09	1,4E-01
<b>Nb 95m</b>	1,5E+09	4,0E-02	<b>Ag110m</b>	3,7E+05	9,4E-06			

O APÊNDICE B.3 apresenta a concentração de atividade dos RLA enquanto que o APÊNDICE B.4 apresenta a concentração de atividade dos RLB, ambos devido a produção de 3 remessas de RR semanais (Cenário II).

### 5.3 CONCENTRAÇÃO DE ATIVIDADE

Os dados desta subseção são uma amostra dos resultados totais apresentados no APÊNDICE B. O APÊNDICE B.1 apresenta a concentração de atividade dos RLA, enquanto que o APÊNDICE B.2 apresenta a concentração de atividade dos RLB, ambos devido a produção de 1 remessa de RR semanal (Cenário I).

Analogamente, o APÊNDICE B.3 apresenta a concentração de atividade dos RLA enquanto que o APÊNDICE B.4 apresenta a concentração de atividade dos RLB, ambos devido a produção de 3 remessas de RR semanais (Cenário II).

Os valores a seguir representam a concentração de atividade calculada pelo MicroShield® baseada no volume RLA e nas atividades dos isótopos, calculadas pelo ORIGEN, considerando-se as devidas frações presentes no fluxo de RLA.

As Tabelas 21 e 22 mostram os valores de concentração de atividade para 3 remessas de RLA retidas no mesmo recipiente, sendo 1 campanha de produção por semana (Cenário I) ou 3 campanhas na mesma semana (Cenário II), respectivamente.

**Tabela 21** – Concentração de atividade: Líquido ácido – 3 remessas acumuladas no Cenário I.

Isótopo	Bq/mL	Isótopo	Bq/mL	Isótopo	Bq/mL	Isótopo	Bq/mL
Ag-109m	1,3E+03	Cs-134	5,4E+04	I-135	3,0E+00	Ru-103	5,5E+08
Ag-110	7,9E+00	Cs-135	2,1E+01	Mo-99	1,2E+08	Ru-105	1,0E-05
Ag-110m	5,8E+02	Cs-136	2,8E+06	Na-24	3,2E+03	Ru-106	1,1E+07
Ag-111	7,5E+06	Cs-137	9,0E+06	Nb-95	9,4E+07	Se-77m	7,9E+02
Ag-111m	3,7E-08	Ge-77	8,5E+00	Nb-95m	3,1E+06	Se-79	6,6E+00
Ag-112	2,1E+04	H-3	3,5E+04	Nb-96	3,3E+02	Tc-99	1,0E+03
Ag-113	5,6E-05	I-126	2,1E+00	Nb-97	3,2E+05	Tc-99m	1,1E+08
Ba-137m	8,5E+06	I-129	1,3E+00	Rb-84	1,1E+01	Zr-93	3,8E+01
Br-80	1,7E-12	I-130	4,3E-01	Rb-86	2,9E+04	Zr-95	2,8E+08
Br-80m	1,6E-12	I-131	6,5E+07	Rh-103m	5,4E+08	Zr-97	3,2E+05
Br-82	3,6E+03	I-132	3,9E+07	Rh-105	1,2E+07		
Cs-132	1,2E+02	I-133	4,1E+05	Rh-106	1,1E+07		

**Tabela 22** – Concentração de atividade: Líquido ácido – 3 remessas acumuladas no Cenário II.

Isótopo	Bq/mL	Isótopo	Bq/mL	Isótopo	Bq/mL	Isótopo	Bq/mL
Ag-109m	6,1E+04	Cs-134	5,4E+04	I-133	4,2E+06	Rh-106	1,1E+07
Ag-110	7,9E+00	Cs-134m	1,6E-06	I-135	1,3E+03	Rh-106m	7,0E-09
Ag-110m	5,8E+02	Cs-135	2,1E+01	Mo-99	2,1E+08	Ru-103	5,7E+08
Ag-111	9,2E+06	Cs-136	3,1E+06	Na-24	1,1E+05	Ru-105	1,1E+01
Ag-111m	2,2E-03	Cs-137	9,0E+06	Nb-95	8,6E+07	Ru-106	1,1E+07
Ag-112	2,1E+05	Ge-77	1,1E+03	Nb-95m	3,1E+06	Se-77m	2,3E+03
Ag-113	4,5E+00	Ge-78	5,1E-16	Nb-96	2,5E+03	Se-79	6,6E+00
Ba-137m	8,5E+06	H-3	3,5E+04	Nb-97	6,4E+06	Tc-99	9,9E+02
Br-80	1,9E-06	I-126	1,2E-01	Rb-84	1,1E+01	Tc-99m	2,0E+08
Br-80m	1,8E-06	I-129	6,6E-02	Rb-86	3,1E+04	Zr-93	3,8E+01
Br-82	1,2E+04	I-130	3,4E+01	Rb-88	5,0E-03	Zr-95	2,9E+08
Br-83	6,0E-06	I-131	7,7E+07	Rh-103m	5,6E+08	Zr-97	6,4E+06
Cs-132	1,5E+02	I-132	6,3E+07	Rh-105	4,2E+07		

Os valores a seguir representam a concentração de atividade calculada pelo MicroShield® baseada no volume RLB e nas atividades dos isótopos, calculadas pelo ORIGEN, considerando-se as devidas frações presentes no fluxo de RLB.

As Tabelas 23 e 24 apresentam os valores de concentração de atividade para 3 remessas de RLB retidas no mesmo recipiente, sendo 1 campanha de produção por semana (Cenário I) ou 3 campanhas na mesma semana (Cenário II).

**Tabela 23** – Concentração de atividade: Líquido básico – 3 remessas acumuladas no Cenário I.

Isótopo	Bq/mL	Isótopo	Bq/mL	Isótopo	Bq/mL	Isótopo	Bq/mL
Ag-109m	5,3E+01	Cs-134	2,2E+03	I-135	1,2E-01	Ru-103	2,2E+07
Ag-110	3,2E-01	Cs-135	8,8E-01	Mo-99	4,7E+06	Ru-105	4,1E-07
Ag-110m	2,4E+01	Cs-136	1,1E+05	Na-24	1,3E+02	Ru-106	4,4E+05
Ag-111	3,1E+05	Cs-137	3,7E+05	Nb-95	3,8E+06	Se-77m	3,2E+01
Ag-111m	1,5E-09	Ge-77	3,5E-01	Nb-95m	1,3E+05	Se-79	2,7E-01
Ag-112	8,5E+02	H-3	1,4E+03	Nb-96	1,3E+01	Tc-99	4,1E+01
Ag-113	2,3E-06	I-126	8,5E-02	Nb-97	1,3E+04	Tc-99m	4,6E+06
Ba-137m	3,5E+05	I-129	5,4E-02	Rb-84	4,3E-01	Zr-93	1,6E+00
Br-80	6,8E-14	I-130	1,8E-02	Rb-86	1,2E+03	Zr-95	1,1E+07
Br-80m	6,3E-14	I-131	2,6E+06	Rh-103m	2,2E+07	Zr-97	1,3E+04
Br-82	1,5E+02	I-132	1,6E+06	Rh-105	5,1E+05		
Cs-132	4,8E+00	I-133	1,7E+04	Rh-106	4,4E+05		

**Tabela 24** – Concentração de atividade: Líquido básico – 3 remessas acumuladas no Cenário II.

Isótopo	Bq/mL	Isótopo	Bq/mL	Isótopo	Bq/mL	Isótopo	Bq/mL
Ag-109m	2,5E+03	Cs-134	2,2E+03	I-133	1,7E+05	Rh-106	4,4E+05
Ag-110	3,2E-01	Cs-134m	6,4E-08	I-135	5,2E+01	Rh-106m	2,9E-10
Ag-110m	2,4E+01	Cs-135	8,8E-01	Mo-99	8,5E+06	Ru-103	2,3E+07
Ag-111	3,8E+05	Cs-136	1,3E+05	Na-24	4,5E+03	Ru-105	4,4E-01
Ag-111m	8,9E-05	Cs-137	3,6E+05	Nb-95	3,5E+06	Ru-106	4,4E+05
Ag-112	8,4E+03	Ge-77	4,4E+01	Nb-95m	1,3E+05	Se-77m	9,5E+01
Ag-113	1,8E-01	Ge-78	2,1E-17	Nb-96	1,0E+02	Se-79	2,7E-01
Ba-137m	3,5E+05	H-3	1,5E+03	Nb-97	2,6E+05	Tc-99	4,0E+01
Br-80	7,8E-08	I-126	4,8E-03	Rb-84	4,5E-01	Tc-99m	8,3E+06
Br-80m	7,3E-08	I-129	2,7E-03	Rb-86	1,3E+03	Zr-93	1,6E+00
Br-82	5,0E+02	I-130	1,4E+00	Rb-88	2,1E-04	Zr-95	1,2E+07
Br-83	2,4E-07	I-131	3,2E+06	Rh-103m	2,3E+07	Zr-97	2,6E+05
Cs-132	6,1E+00	I-132	2,6E+06	Rh-105	1,7E+06		

#### 5.4 CÁLCULO DE BLINDAGEM PARA REJEITOS LÍQUIDOS

A partir das atividades estimadas para o acúmulo de RR no mesmo coletor, por intervalos de tempos descritos no capítulo anterior, foi realizado o estudo de blindagem para tal embalado de acordo com a seção 4.5.

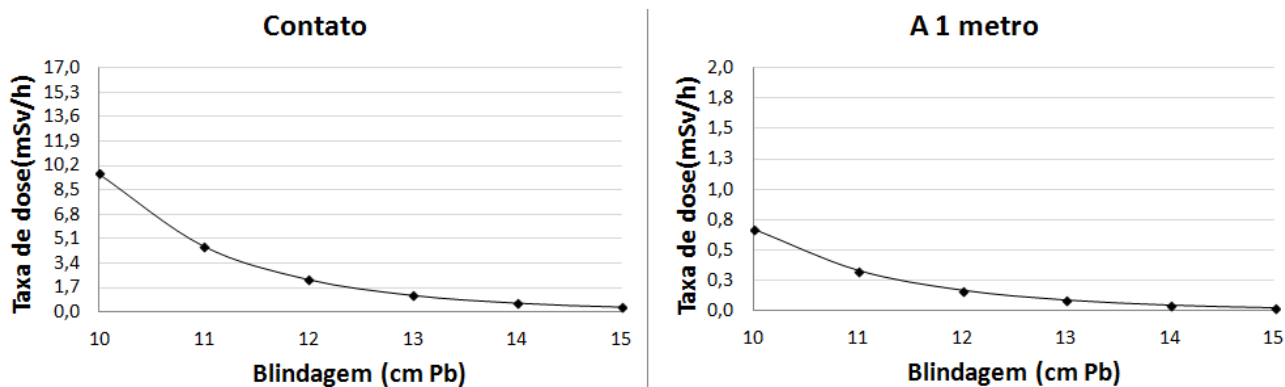
Os dados desta subseção são uma amostra dos resultados totais apresentados no APÊNDICE C.1 e no APÊNDICE C.2. Nesta demonstração foram considerados os seguintes parâmetros:

- ✓ De processo: **Cenário I** = 1 remessa de RR por semana. Transporte de 30 litros de RLA e 15 litros de RLB coletados nos respectivos recipientes, após 3 campanhas de produção;
- ✓ De cálculo: uso do software MicroShield® para simular um coletor com geometria cilíndrica e para calcular a taxa de dose de acordo com a espessura da blindagem.

A Tabela 25 e a Figura 11 apresentam os resultados obtidos através do MicroShield® para a taxa de dose dependente da espessura da blindagem de chumbo no embalado contendo 3 remessas de RLA, para produção semanal de 1 campanha de <sup>99</sup>Mo. Para resultados complementares, *vide* APÊNDICE C.1.

**Tabela 25** – Estudo de blindagem: Rejeito líquido ácido – 3 remessas acumuladas no Cenário I.

Blindagem (cm)	Taxa de dose (mSv/h)		
	Contato	A 1 metro	A 2 metros
10	9,6	0,7	0,2
11	4,6	0,3	0,1
12	2,3	0,2	0,1
13	1,1	9,0E-2	2,9E-2
14	0,6	4,8E-2	1,6E-2
15	0,3	2,7E-2	8,6E-3
16	0,2	1,5E-2	4,9E-3

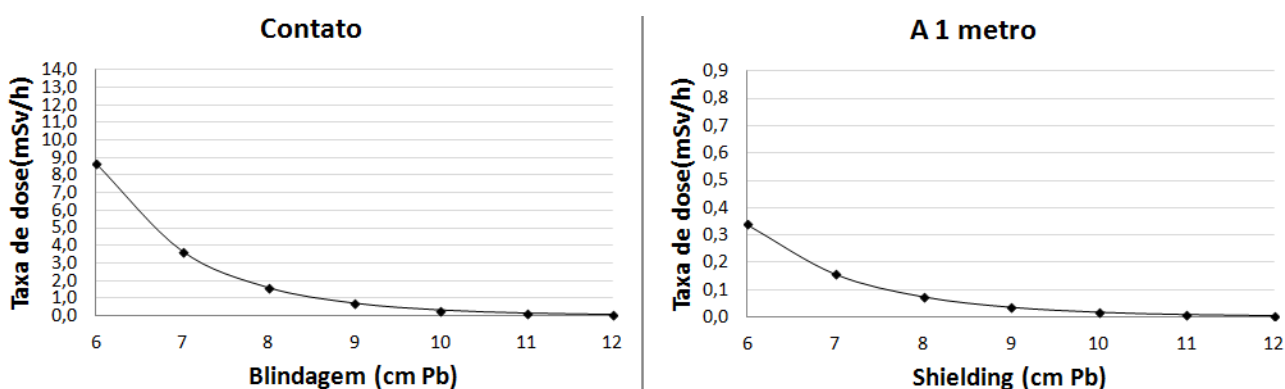


**Figura 11** – Relação blindagem de chumbo *versus* taxa de dose para rejeitos líquidos ácidos – 3 remessas acumuladas no Cenário I.

A Tabela 26 e a Figura 12 apresentam os resultados obtidos através do MicroShield® para a taxa de dose dependente da espessura da blindagem de chumbo no embalado contendo 3 remessas de RLB, para produção semanal de 1 campanha de  $^{99}\text{Mo}$ . Para resultados complementares, *vide* APÊNDICE C.2.

**Tabela 26** – Estudo de blindagem: Rejeito líquido básico – 3 remessas acumuladas no Cenário I.

Blindagem (cm)	Taxa de dose (mSv/h)		
	Contato	A 1 metro	A 2 metros
6	8,7	0,3	0,1
7	3,7	0,2	4,7E-2
8	1,6	0,1	2,2E-2
9	0,7	3,5E-2	1,1E-2
10	0,3	1,7E-2	5,2E-3
11	0,2	8,6E-3	2,6E-3
12	0,1	4,4E-3	1,4E-3



**Figura 12** – Relação blindagem *versus* taxa de dose para rejeitos líquidos básicos – 3 remessas acumuladas no Cenário I.



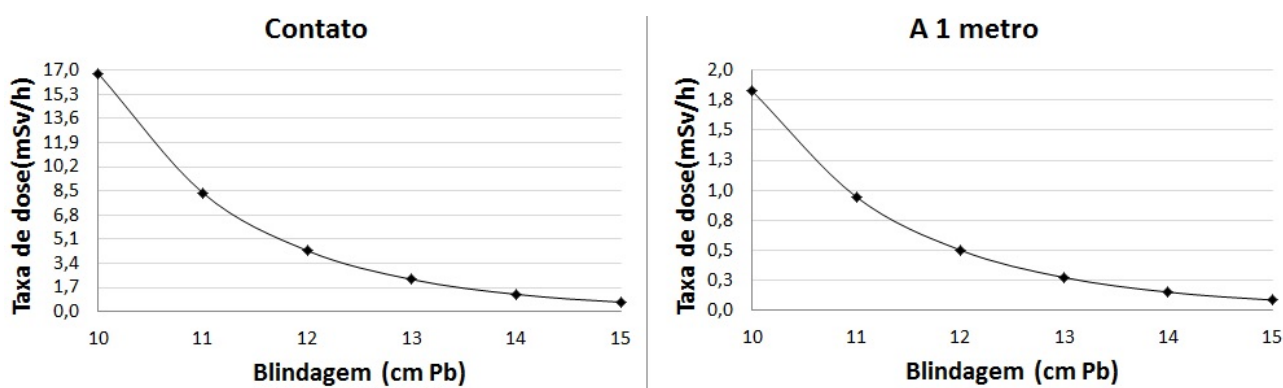
Os dados desta subseção são uma amostra dos resultados totais apresentados no APÊNDICE C.3 e APÊNDICE C.4. Nesta demonstração foram considerados os seguintes parâmetros:

- ✓ De processo: **Cenário II** = 3 remessas de RR por semana. Transporte de 30 litros de RLA e 15 litros de RLB coletados nos respectivos recipientes, após 3 campanhas de produção;
- ✓ De cálculo: uso do software MicroShield® para simular o embalado com geometria cilíndrica e para calcular a dose de acordo com a espessura da blindagem.

A Tabela 27 e a Figura 13 apresentam os resultados obtidos através do MicroShield® para a taxa de dose dependente da espessura da blindagem de chumbo no embalado contendo 3 remessas de RLA, para produção semanal de 3 campanhas. Para resultados complementares, *vide* APÊNDICE C.3.

**Tabela 27** – Estudo de blindagem: Líquido ácido – 3 remessas acumuladas no Cenário II.

Blindagem (cm)	Taxa de dose (mSv/h)		
	Contato	A 1 metro	A 2 metros
10	16,8	1,8	0,6
11	8,4	0,9	0,3
12	4,3	0,5	0,2
13	2,3	0,3	0,1
14	1,2	0,2	0,1
15	0,7	0,1	2,9E-2
16	0,4	4,9E-2	1,7E-2

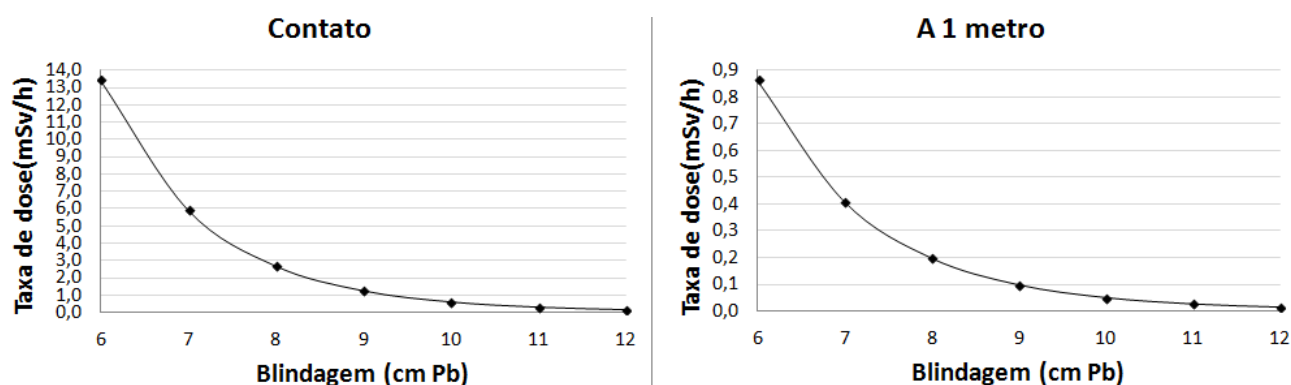


**Figura 13** – Relação blindagem de chumbo *versus* taxa de dose para rejeitos líquidos ácidos – 3 remessas acumuladas no Cenário II.

A Tabela 28 e a Figura 14 apresentam os resultados obtidos através do MicroShield® para a taxa de dose dependente da espessura da blindagem de chumbo no embalado contendo 3 remessas de RLB, para produção semanal de 3 campanhas. Para resultados complementares, *vide* APÊNDICE C.4.

**Tabela 28** – Estudo de blindagem: Líquido básico – 3 remessas acumuladas no Cenário II.

Blindagem (cm)	Taxa de dose (mSv/h)		
	Contato	A 1 metro	A 2 metros
6	1,3E+1	8,6E-1	2,6E-1
7	5,9E+0	4,1E-1	1,3E-1
8	2,7E+0	2,0E-1	6,1E-2
9	1,3E+0	9,7E-2	3,0E-2
10	6,0E-1	4,9E-2	1,6E-2
11	3,0E-1	2,5E-2	8,1E-3
12	1,5E-1	1,3E-2	4,3E-3



**Figura 14** – Relação blindagem versus taxa de dose para rejeitos líquidos básicos – 3 remessas acumuladas no Cenário II.

Como dito anteriormente, volumes otimizados foram calculados baseando-se na quantidade de RR líquidos esperados nos modelos de produção considerados: Cenário I e Cenário II.

O APÊNDICE C.1 apresenta a taxa de dose, em mSv/h, em relação à blindagem e decaimento dos RLA enquanto que o APÊNDICE C.2 apresenta a taxa de dose, em mSv/h, em relação à blindagem e decaimento dos RLB, ambos devido a produção de 1 remessa semanal – Cenário I.

Analogamente, o APÊNDICE C.3 apresenta a taxa de dose, em mSv/h, em relação à blindagem e decaimento dos RLA enquanto que o APÊNDICE C.4 apresenta a taxa de

dose, em mSv/h, em relação à blindagem e decaimento dos RLB, ambos devido a produção de 3 remessas semanais – Cenário II.

Sugere-se que sejam utilizados 2 recipientes para cada fluxo de rejeito líquido; assim, ao retirar o que está preenchido, a produção não precisa ser interrompida uma vez que haverá outro coletor para receber os RLA e RLB.

As Figuras de 15 a 18 apresentam uma compilação dos dados obtidos a partir do estudo de espessura de blindagem de chumbo a ser utilizado no transporte interno dos rejeitos radioativos líquidos dentro da instalação.

Para facilitar visualização da dimensão do embalado contendo RR, também foi explicitado o diâmetro do recipiente a ser usado, cuja dimensão equivale à altura do coletor.

Uma das sugestões deste trabalho diz respeito ao dimensionamento da sala, em que os coletores serão posicionados, em função do tamanho da embalagem e/ou estabelecer a frequência de retirada dos RLA e RLB da mesma baseando-se na capacidade espacial da instalação.

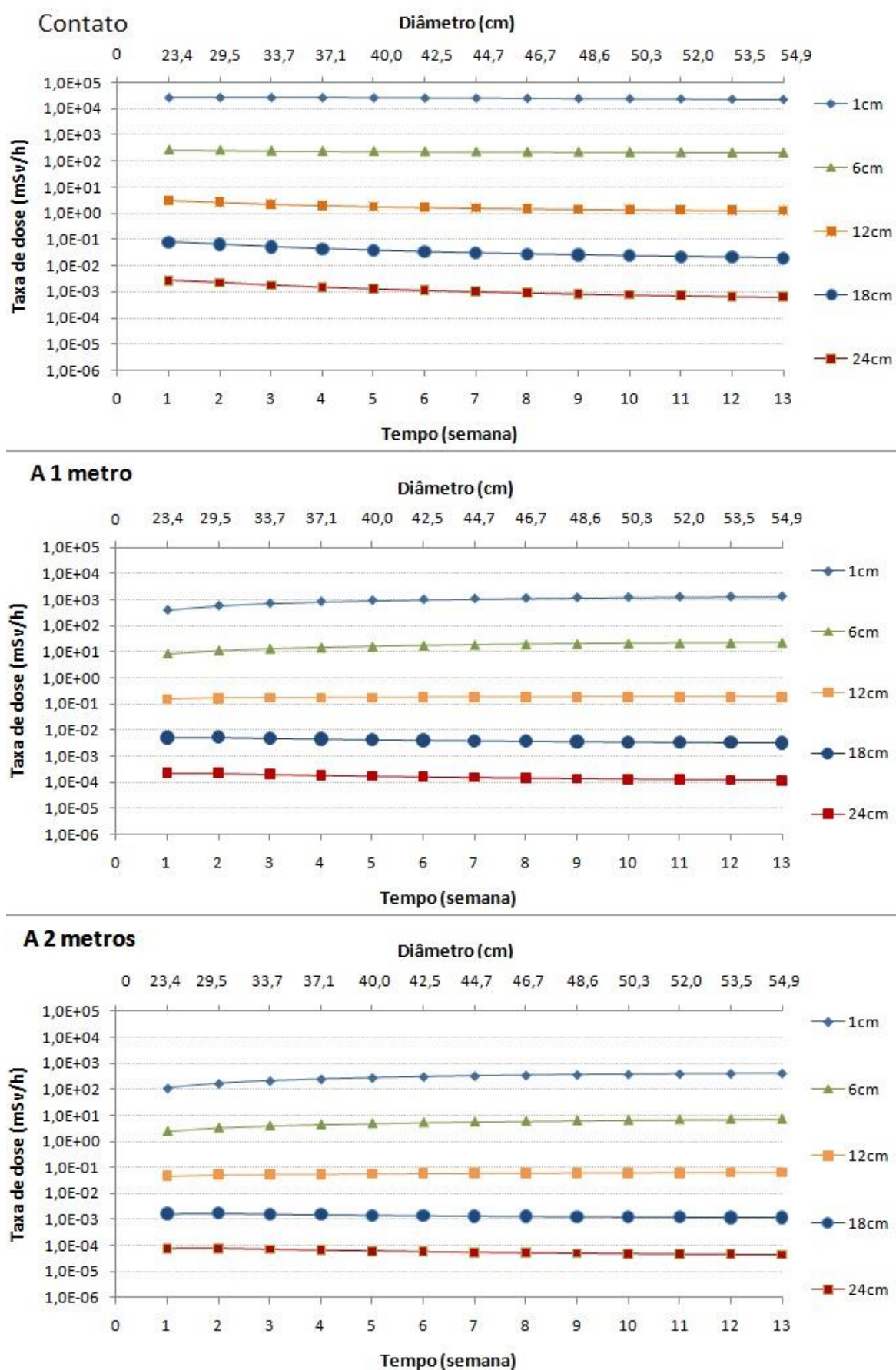


Figura 15 – Taxa de dose versus número de semanas de acúmulo/decaimento dos RLA – Cenário I.

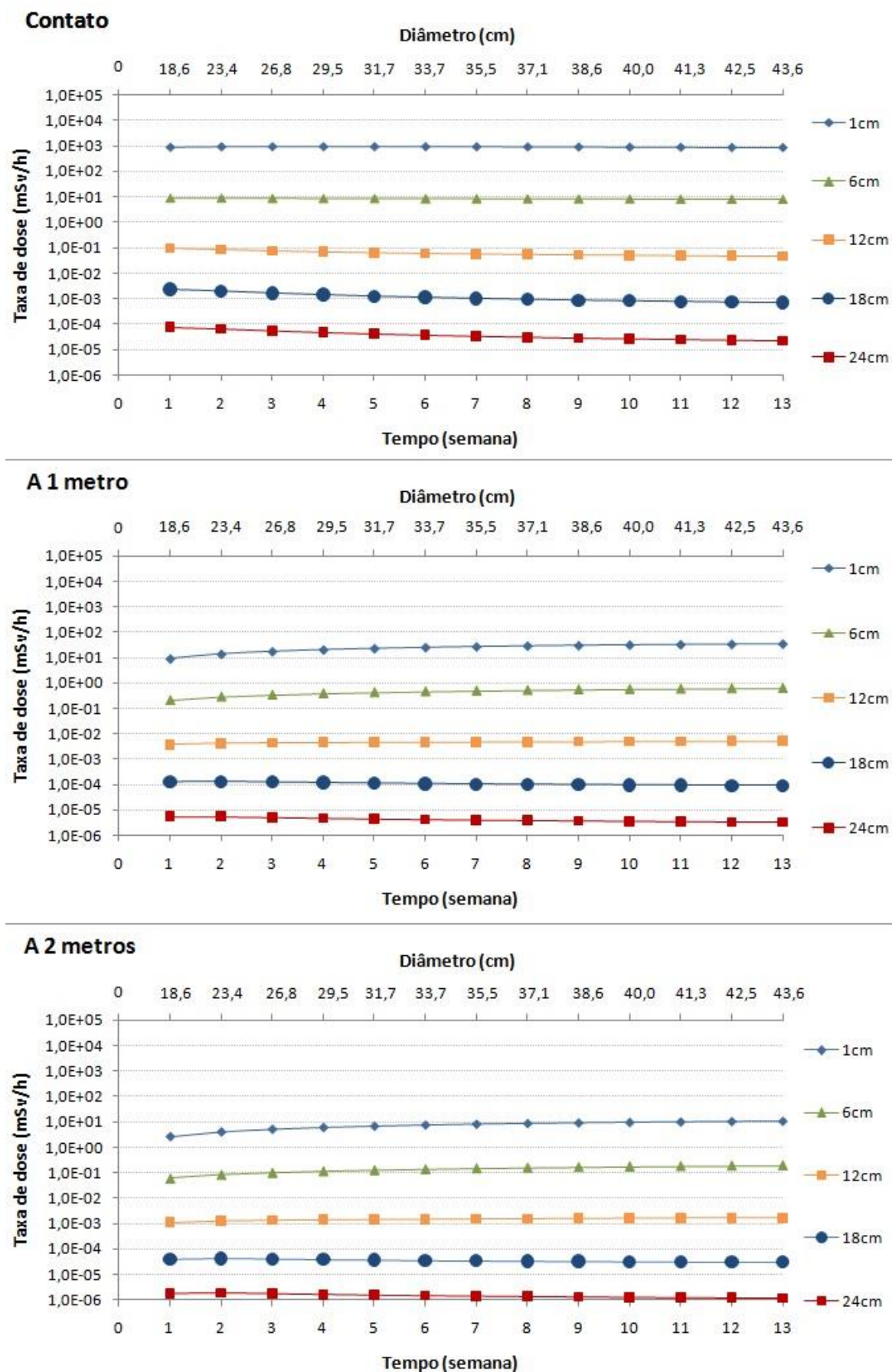


Figura 16 – Taxa de dose *versus* número de semanas de acúmulo/decaimento dos RLB – Cenário I.



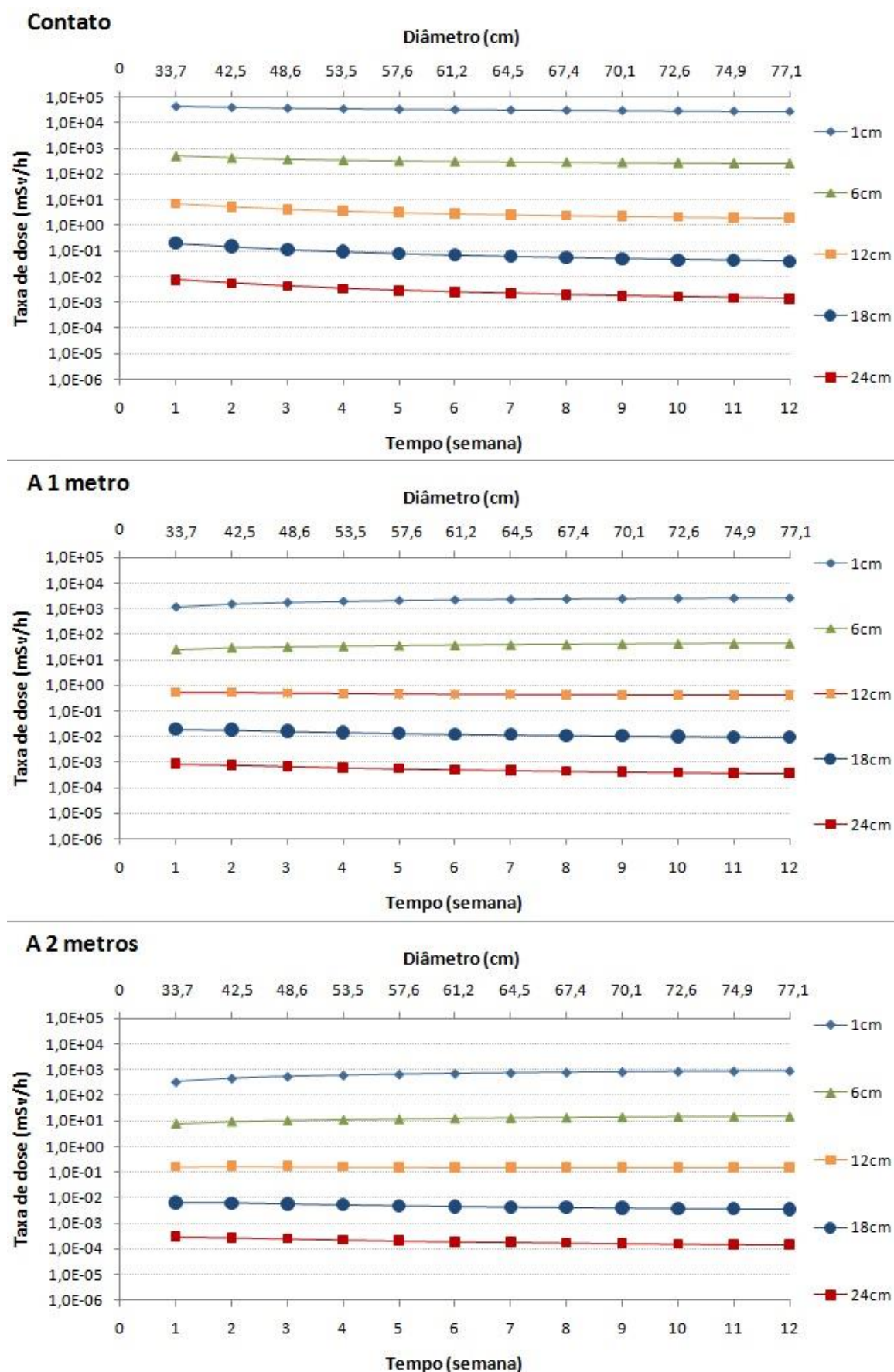


Figura 17 – Taxa de dose versus número de semanas de acúmulo/decaimento dos RLA – Cenário II.

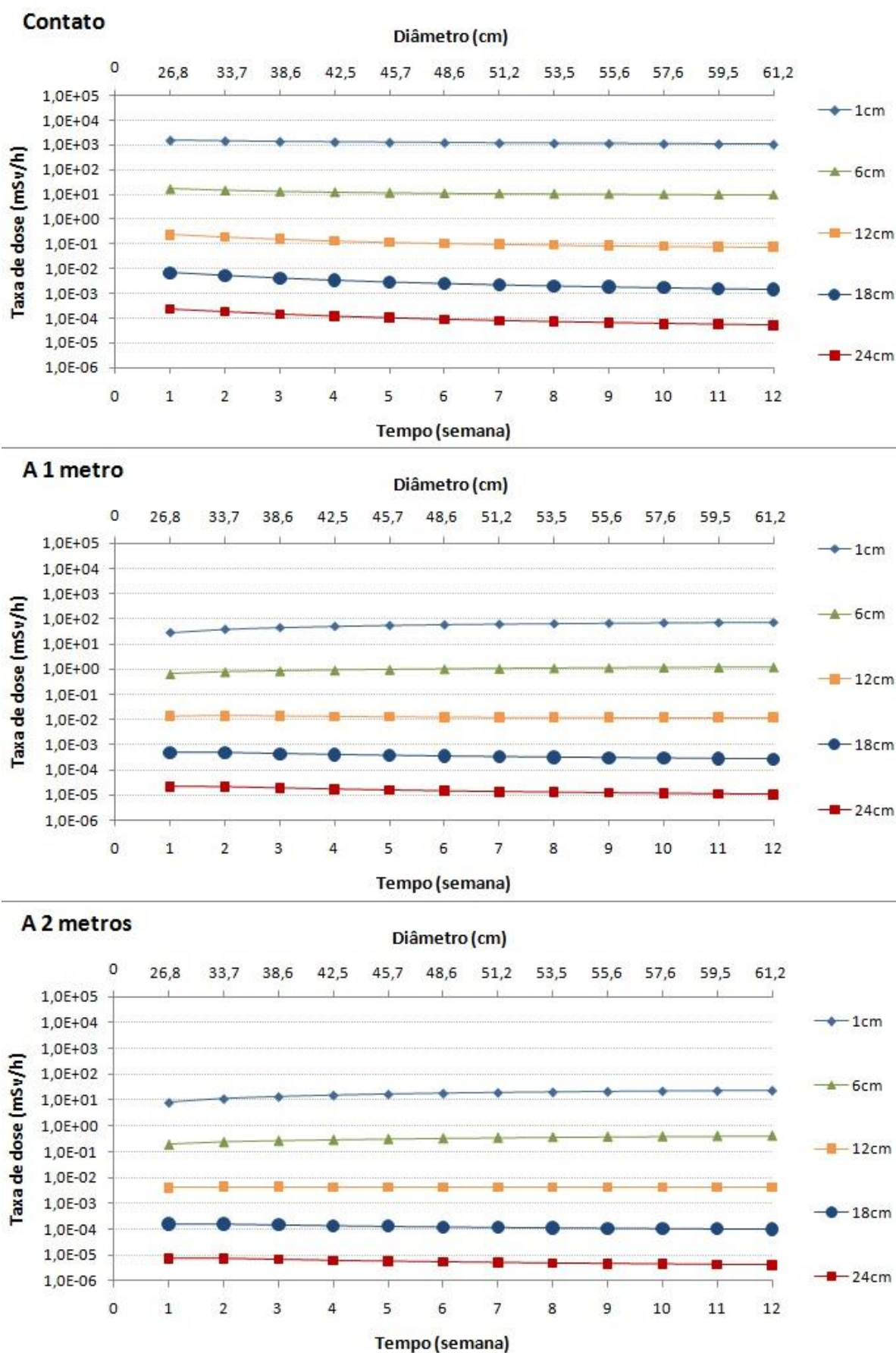


Figura 18 – Taxa de dose versus número de semanas de acúmulo/decaimento dos RLB – Cenário II.

## 5.5 DISCUSSÕES

Os resultados apresentados nos apêndices cumprem com o objetivo principal deste trabalho, que foi estimar as características dos rejeitos radioativos líquidos (RL) gerados numa instalação produtora de  $^{99}\text{Mo}$  por fissão do  $^{235}\text{U}$ , e das blindagens requeridas para o transporte interno destes rejeitos.

Quanto ao objetivo secundário, a metodologia desenvolvida viabilizou obtenção de dados a respeito dos RL, com o intuito de subsidiar a elaboração do Plano de Gerenciamento de Rejeitos Radioativos (PGRR) na instalação de produção do  $^{99}\text{Mo}$ , porém os resultados poderão ser utilizados de acordo com os limites adotados pelo responsável pela instalação.

A partir de critérios como o limite de taxa de dose, definido para transporte interno na instalação, e o número de remessas a serem acumuladas nos coletores, é possível reconhecer nas Figuras de 15 a 18 em qual o intervalo de espessuras de blindagem aquele limite se encontra.

Posteriormente, deve-se recorrer aos valores apresentados no APÊNDICE C a fim de identificar os valores de espessura que melhor satisfazem estes dois critérios.

De posse desta informação, basta providenciar coletores com as dimensões e blindagem equivalentes às calculadas, além de realizar o transporte dos RR para a área de tratamento no período correspondente.

Entre os 4 conjuntos de dados apresentados neste estudo (RLA e RLB devido ao Cenário I, e RLA e RLB devido ao Cenário II de produção) será utilizado, como exemplo, o transporte de rejeitos líquidos básicos produzidos na rotina do Cenário I.

Se for adotado o limite de 2 mSv/h na superfície do embalado (CNEN,1988), deve-se utilizar o quadrante “*Contato*”, referente à superfície do embalado, da Figura 17. De acordo com aquela figura, o valor de 2 mSv/h pode ser alcançado com blindagens entre 6 cm e 12 cm de chumbo.

De acordo com o APÊNDICE C.2, percebe-se que, independente do período de acúmulo das remessas de RLB, a espessura de 8 cm de chumbo é suficiente para cumprir o limite definido para taxa de dose na superfície do embalado.

A partir de então podem ser consideradas outras variáveis, além volume e concentração de atividade máximos a serem enviados ao tratamento, para a tomada de decisão quanto ao número de remessas a serem acumuladas e o tamanho da blindagem a ser utilizada.



As remessas de RLA, talvez por conterem a maior parte dos RN, apresentam maiores taxa de dose que as de RLB. Esse fato pode auxiliar na definição das blindagens de forma que, a espessura suficiente para atender os limites quanto aos RLA servirá também para os RLB. Essa lógica pode contribuir para a uniformização dos coletores de RR líquidos dentro da instalação.

Outro ponto identificado a partir dos resultados foi que, entre os cenários de produção apresentados, as taxas de dose calculadas na superfície dos embalados não diferem significativamente, independente do número de remessas acumuladas. Ou seja, se as blindagens forem dimensionadas para uma instalação cuja rotina de produção equivale ao Cenário I, e a mesma expandir a produção até uma rotina equivalente ao Cenário II, as blindagens ainda serão suficientes com pequenas alterações no período de acúmulo.

## 6. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que a obtenção do inventário radioisotópico, após irradiação dos alvos e após processamento químico de alvos contendo urânio, foi realizada com sucesso. Esta primeira etapa foi crucial para o desenvolvimento deste estudo, e os resultados aqui apresentados podem ser utilizados para diferentes fins.

Durante o estudo das etapas de processo foram encontradas inúmeras dificuldades devido ao fato da descrição do processo de produção de  $^{99}\text{Mo}$  consistir em segredo industrial de modo que a literatura não apresenta dados detalhados sobre o gerenciamento de rejeitos.

Ao propor dois cenários de produção distintos, este trabalho expandiu o estudo no quesito critérios de contenção dos rejeitos e isolamento dos coletores. Desta forma, pôde-se verificar que, independente da semana de produção considerada, as taxas de dose na superfície no coletor de rejeitos líquidos não apresentaram variações significativas entre o Cenário I e Cenário II. Infere-se, então, que aumentar o processo produtivo de 1 para 3 campanhas semanais, não afetará substancialmente a espessura da blindagem requerida na embalagem de transporte.

Os resultados aqui apresentados têm diversas utilidades podendo auxiliar no:

- ✓ dimensionamento das celas quentes;
- ✓ dimensionamento dos recipientes a serem usados em transporte interno dos RR líquidos;
- ✓ cálculo de blindagem das paredes destas celas quentes;
- ✓ determinação do tempo de decaimento dos RR líquidos antes da retirada;
- ✓ definição de frequência do envio de RR líquidos para a estação de tratamento;
- ✓ dimensionamento do reservatório receptor destes RR líquidos etc.

A quantidade de dados obtida a partir deste estudo permite concluir que a projeção dos rejeitos líquidos, aqui apresentada, vai de encontro ao objetivo geral deste trabalho não apenas ao estimar as características físico-químicas e radiológicas dos rejeitos radioativos, mas também ao fornecer subsídios teóricos a serem utilizados na definição do gerenciamento desses rejeitos.

Finalmente, a metodologia aqui descrita e os softwares utilizados podem ser empregados em qualquer instalação onde deseja-se: conhecer o termo-fonte a partir da

irradiação de certo tipo de alvo, estimar características dos rejeitos radioativos de acordo com o processo químico adotado em tal instalação, bem como realizar estudos de blindagem e taxa de dose de acordo com as exigências a serem cumpridas.

## 7. TRABALHOS FUTUROS

A seguir estão alguns tópicos que podem ser desenvolvidos à medida que o projeto de um empreendimento de produção de  $^{99}\text{Mo}$  no Brasil se concretiza. A saber:

- ✓ definição de métodos para o tratamento *off-gas*, bem como suas características;
- ✓ determinação aproximada da quantidade de RR sólido a ser produzida, bem como suas características;
- ✓ cálculo de volume, diâmetro e blindagem dos recipientes para receber os filtros usados após a dissolução dos alvos;
- ✓ definição de métodos para o tratamento dos RR líquidos, bem como suas características;
- ✓ determinação dos RN que mais contribuem para a taxa de dose em cada tipo de rejeito gerado.

É esperado que este trabalho incentive novas pesquisas a fim de contribuir não só para o licenciamento como também para o processo produtivo de radiofármacos no país.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520: informação e documentação: citações em documentos: Apresentação**. Rio de Janeiro, 2002a. 7 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 6023: informação e documentação: Referências-Elaboração**. Rio de Janeiro, 2000b. 24 p.

ARAÚJO, E. B. **“O tecnécio-99m no diagnóstico de patologias.”** Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, n.6, 2005. Páginas 31-35.

BANERJEE, D.; SINGH, I.J.; WATTAL, P.K.; MISRA, S.D. **“Indian perspectives on the management of waste streams from production of <sup>99</sup>Mo-<sup>99</sup>Tc generators”**. Technical Meeting on Developing Techniques for Small Scale Indigenous Molybdenum-99 Production using Low Enriched Uranium Fission or Neutron Activation: Specific Waste and Quality Issues. Santiago, 2010.

BEYER, G.J.; MUENZE, R.; NOVOTNY, D. **“The Rossendorf Experiences in Fission-based Mo-99 Production”**. Consultancy on Conversion planning for Mo-99 Production Facilities from HEU to LEU. Viena, 2010.

BOWMAN, S. M.; GAULD, I. C. **“OrigenArp Primer: How to Perform Isotopic Depletion and Decay Calculations with SCALE/ORIGEN”**. Oak Ridge, 2010.

CARDOSO, E. M. **“Apostila educativa CNEN - Aplicações da Energia Nuclear.”** Disponível em <<http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/aplica.pdf>>. Acesso em: 21 nov, 2011.

CNEN, 1985. Norma CNEN-NE 6.05 – **“Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radiativas”**, 1985.

CNEN, 1988. Norma CNEN-NE 5.01 – **“Transporte de Materiais Radioativos”**, 1988.

CNEN, 2002. Norma CNEN-NE 1.04 – **“Licenciamento de Instalações Nucleares”**, 2002.

Comunicação pessoal. CAMILO, R.L., em 2011 IPEN/CNEN-SP.

DIRF, 2011. **“Gerador de Tecnécio - <sup>99m</sup>Tc”**. Coordenadoria de Comunicação Corporativa para a DIRF – Diretoria de Radiofarmácia. IPEN/CNEN, São Paulo, 2011. Acesso em: 30 sep, 2013.

DIRF, 2012. **“Principais Resultados e Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação, ano 2012”**. Coordenadoria de Comunicação Corporativa para a DIRF – Diretoria de Radiofarmácia. IPEN/CNEN, São Paulo, 2012. Disponível em <<http://sistemas.ipen.br/Indicador/Consulta.exe/exibir?centro=DIRF>>. Acesso em: 17 jun, 2013.

ENDO, L.S.; DELLAMANO, J.C. **“Caracterização dos Rejeitos da Produção de <sup>99</sup>Mo de Fissão”**, IPEN-Doc-4364, ISSN 0101-3084. IPEN/CNEN, São Paulo; 1992.

GERASIMOV, A. S.; KISELEV, G. V.; LANTSOV, M. N. “**<sup>99</sup>Mo production in nuclear reactors**”, At. Énerg. 67, No. 2, 104–108.1989.

GROOVE SOFTWARE, INC. “**MicroShield® User’s Manual - Version 9.3**”. ©Copyright, 1992-2011.

HART, D.R.; MCKEE, P.; WREN, C. “**ECOLOGICAL EFFECTS REVIEW – CRL**”. Report prepared for Atomic Energy of Canada limited. Ontario, 2005.

HIROMOTO, G.; DELLAMANO, J.C.; MARUMO, J.T.; ENDO, L.S.; VICENTE, R.; HIRAYAMA, T. “**Introdução à gerência de rejeitos radioativos**”, IPEN-Doc. IPEN/CNEN, São Paulo, 1999.

IAEA, 1998. “**Management of radioactive waste from <sup>99</sup>Mo production**”, IAEA-TECDOC-1051. Viena, 1998.

IAEA, 1999. “**Production technologies for molybdenum-99 and technetium-99m**”, IAEA-TECDOC-1065. Viena, 1999.

IAEA, 2003. “**Manual for reactor produced radioisotopes**”, IAEA-TECDOC-1340. Viena, 2003.

IAEA, 2009. “**Classification of Radioactive Waste**”, IAEA Safety Standards Series No. GSG-1, General Safety Guide. Viena, 2009.

IAEA, 2010. “**Nuclear Technology Review 2010**”, IAEA, pp 160 . Viena, 2010. Disponível em <<http://www.iaea.org/Publications/Reports/ntr2010.pdf>>. Acesso em: 30 sep, 2013.

IAEA, 2010a. “**Consultancy on Conversion Planning for Mo-99 Production Facilities from HEU to LEU**”, IAEA, Meeting Room F0822. Viena, 2010. Disponível em <[http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/Technical\\_Areas/RRS/documents/mo99/WORKINGMATERIALSm99CM.pdf](http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/Technical_Areas/RRS/documents/mo99/WORKINGMATERIALSm99CM.pdf)>. Acesso em: 30 sep, 2013.

IAEA, 2012. “**Reatores para a produção de radioisótopos no mundo**”. Planilha eletrônica disponível em <<http://nucleus.iaea.org/RRDB/Content/Util/IsoTopes.aspx>>. Acesso em: 30 sep, 2013.

KÖSTER, U. “**Present day production of <sup>99</sup>Mo and alternatives**”. Proceedings of the event “Accelerator-driven Production of Medical Isotopes”, pp29. Daresbury, 2011.

LAGUNAS-SOLAR, M.C.; KIEFER, P. M.; CARVALHO, O. F.; LAGUNAS, C. A.; CHA, Y. P. “**Cyclotron Production of NCA <sup>99m</sup>Tc and <sup>99</sup>Mo. Na alternative non-reactor supply source of instant <sup>99m</sup>Tc and <sup>99</sup>Mo -> <sup>99m</sup>Tc generators**”. Appl. Radiat. Isot. Vol. 42, nº 7, pp. 643-657. Int. J. Radiat. Instrum. Part A. Grã-Bretanha, 1991.

LEONARD, R.A.; CHEN, L.; MERTZ, C.J.; VANDEGRIFT, G.F. “**Progress in Dissolving Modified Leu Cintichem Targets**”, Seoul, 1996. Disponível em <<http://www.rertr.anl.gov/99MO96/LEONAR96.PDF>>. Acesso em: 30 sep, 2013.

MENGATTI, J. **“A produção brasileira de radiofármacos”**. Apresentação do Simpósio de Radiofarmácia e Imagem Molecular - PUCRS. Porto Alegre, 2011. Disponível em <<http://www.pucrs.br/eventos/radiofarmacia/download/DrJairMengatti-POA2011.pdf>>. Acesso em: 19 jun, 2013.

MORRISON, A. **“Future Alternatives to Molybdenum-99 Production for Medical Imaging [Environmental Scan issue 2]”**. Ottawa, 2009. Disponível em <[http://cadth.ca/media/pdf/hta\\_future-alternatives-to-mo-99\\_es-issue-2\\_e.pdf](http://cadth.ca/media/pdf/hta_future-alternatives-to-mo-99_es-issue-2_e.pdf)>. Acesso em 30 nov, 2011.

MUSHTAQ, A.; IQBAL, M.; MUHAMMAD, A. **“Management of radioactive waste from molybdenum-99 production using low enriched uranium foil target and modified CINTICHEM process”**. J Radioanal Nucl Chem 281:379–392 . DOI 10.1007/s10967-009-0009-7, 2009.

MUTALIB, A.; PURWADI, B.; ADANG, H. G.; HOTMAN, L.; MOERIDOEN; KADARISMAN; SUKMANA, A.; SRIYONO; SURIPTO, A.; NASUTION, H.; AMIN, D. L.; BASIRAN, A.; GOGO, A.; SUNARYADI, D.; e TARYO, T. da Agência Nacional de Energia Atômica da Indonésia; VANDEGRIFL, G. F.; HOFINAN, G.; CONNER, C. ; SEDLET, J. ; WALKER, D.; LEONARD, R. A.; WOOD, E. L.; WIENCEK, T. C.; e SNELGROVE, J. L. do Laboratório Nacional Argonne. **“Full-scale demonstration of the cintichem process for the production of Mo-99 using a low-enriched target”**. Serpong e Argonne, 1999. Disponível em <<http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/11079-ehgytO/webviewable/11079.pdf>>. Acesso em: 19 jun, 2013.

NRSB et al, 2009. National Research Council. **“Medical Isotope Production Without Highly Enriched Uranium”**. The National Academies Press. Appendix D: Alternative Molybdenum-99 Production Processes, página 188. Washington , 2009.

NRSB, 2009a. **“Medical Isotope Production Without Highly Enriched Uranium”**, National Academy of Sciences Press, Washington, 2009. Página 32. Disponível em <[http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=12569](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12569)>. Acesso em: 10 abr, 2012.

RÊGO, M.E.M.; VICENTE, R.; HIROMOTO, G. **“Temporal evolution of activities in wastes from mo-99 production”**. Proceedings International Nuclear Atlantic Conference. Belo Horizonte, 2011.

RUTH, T.J. **“A short term solution to the medical isotope crisis via direct production of Tc-99m at low energy: a piece of the puzzle”**. Physics in Canada vol 66 No. 1 pp 15-16. Vancouver, 2010.

RUTH, T.J; D'AURIA, J.; FLEMING, D. **“Medical Isotopes for Canada: A Role for Chemistry”**. Disponível em <<http://www.triumf.ca/chemistry/chemistry-medical-isotopes>>. Acesso em 01 dez, 2011.

RYABCHIKOV, A.I. ; SKURIDIN, V.S. ; NESTEROV, E.V.; CHIBISOV, E.V. ; GOLOVKOV, V.M. **“Obtaining molybdenum-99 in the IRT-T research reactor using resonance neutrons”**. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 213 pp 364–368. Tomsk, 2004.

TOMA, C.; IORGULIS, C.; BUSUIOC, P.; NEGUT, Gh.; COVACI, St. **"Progress in Technology Development for <sup>99</sup>Mo Isotope Production"**. International RERTR Meeting, October 29-November 2. Cape Town, 2006.

TRIUMF, 2008. **"Making Medical Isotopes: Report of the Task Force on Alternatives for Medical-Isotope Production"**. Página 35. Canadá, 2008. Disponível em <<http://www.triumf.ca/sites/default/files/Making-Medical-Isotopes-PREPUB.pdf>> . Acesso em 31 nov, 2011.

TRZNADEL, G.Z.; HARASIMOWICZ, M.; CHMIELEWSKI, A.G. **"Membrane processes in nuclear technology-application for liquid radioactive waste treatment"**. Separation and Purification Technology – Volumes 22-23, Pages 617-625. Elsevier, 2001.

VANDEGRIFT, G. F. ; CONNER, C.; SEDLET, J. ; WYGMANS, D. G.; WU, D.; ISKANDER, F. ; LANDSBERGER, S. **"Progress in chemical processing of leu targets for Mo-99 production - 1997"**. Proceeding of 1997 International RERTR Meeting Program, Jackson Hole – U.S.A., 5-10 October 1997.

VANDEGRIFT, G.F. ; STEPINSKI, D.; JERDEN, J. ; GELIS, A.; KRAHN, E.; HAFENRICHTER, L. **"GTRI progress in technology development for conversion of <sup>99</sup>Mo production to low enriched uranium"**. Proceedings of International Meeting on Reduced Enrichment for Research and Test Reactors. Santiago, 2011.

VAN KLEEF, R.M. **"Radioactive waste treatment from Mo-99 production facility in the Netherlands"**. WM'01 Conference, February 25-March 1. Tucson, 2001.

ZOLLE, I. **"Technetium-99m pharmaceuticals: preparation and quality control in nuclear medicine"**. Springer, pp 79, cap 5, seção 5.1.1. Viena, 2007.



## APÊNDICE A – INVENTÁRIOS CONSIDERANDO-SE REMESSAS ACUMULADAS DE REJEITOS NUM PERÍODO DE 3 MESES

Para tais inventários, os tempos de acúmulo foram escolhidos seguindo um modelo arbitrário desenvolvido pelos responsáveis por este trabalho, de forma que o responsável pela instalação pode, ou não, segui-lo como exemplo para dimensionar seu plano de gerenciamento de rejeitos líquidos.

Os inventários a seguir são frutos de cálculos realizados com o código ORIGEN, um dos módulos de análise de depleção do SCALE® utilizando-se das características de produção e retenção dos RR ao longo de 3 meses.

### APÊNDICE A.1 – ATIVIDADES ESPERADAS NO CENÁRIO I

Neste inventário, o alvo é formado por **16 placas** com dimensões de 240 x 30 x 1,5 mm; composta de 2,5g de  $^{235}\text{U}$  enriquecido a 19,9% e 21g de Al (1050) e o modelo de produção fornece **1 remessa** de RR por semana (Cenário I).

O cálculo cumulativo se deu considerando-se que a 3ª remessa de RR cairá, 36h após o EOI, no mesmo recipiente em que se encontra a 2ª remessa, esta já tendo decaído por 168h, e a 1ª remessa, tendo esta decaído por 336h; e assim sucessivamente.

**APÊNDICE A.1-1 – ATIVIDADES (Bq) ESPERADAS NO CENÁRIO I – ELEMENTOS LEVES (EOI A 876H)**

RNT(h)	EOI	12	36	204	372	540	708	876
<b>Na 24</b>	1,5E+12	8,5E+11	2,8E+11	2,8E+11	2,8E+11	2,8E+11	2,8E+11	2,8E+11
<b>Si 31</b>	1,2E+10	4,9E+08	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05
<b>P 32</b>	1,4E+04	1,4E+04	1,3E+04	2,3E+04	2,9E+04	3,4E+04	3,7E+04	4,0E+04
<b>Ca 45</b>	7,2E+05	7,1E+05	7,1E+05	1,4E+06	2,1E+06	2,7E+06	3,4E+06	4,0E+06
<b>Ca 47</b>	1,1E+05	1,1E+05	9,1E+04	1,2E+05	1,3E+05	1,4E+05	1,4E+05	1,4E+05
<b>Sc 46</b>	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	3,6E+07	5,2E+07	6,8E+07	8,3E+07	9,6E+07
<b>Sc 47</b>	3,5E+08	3,2E+08	2,6E+08	3,2E+08	3,3E+08	3,4E+08	3,4E+08	3,4E+08
<b>Sc 48</b>	7,9E+07	6,5E+07	4,5E+07	4,8E+07	4,8E+07	4,8E+07	4,8E+07	4,8E+07
<b>Cr 51</b>	2,3E+07	2,2E+07	2,2E+07	4,0E+07	5,6E+07	6,9E+07	7,9E+07	8,9E+07
<b>Mn 54</b>	2,1E+08	2,1E+08	2,1E+08	4,2E+08	6,3E+08	8,3E+08	1,0E+09	1,2E+09
<b>Mn 56</b>	1,7E+12	6,6E+10	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08
<b>Fe 55</b>	5,5E+08	5,5E+08	5,5E+08	1,1E+09	1,7E+09	2,2E+09	2,7E+09	3,3E+09
<b>Fe 59</b>	3,9E+08	3,9E+08	3,8E+08	7,3E+08	1,0E+09	1,3E+09	1,6E+09	1,8E+09
<b>Co 60</b>	2,7E+05	2,7E+05	2,7E+05	5,3E+05	7,9E+05	1,1E+06	1,3E+06	1,6E+06
<b>Ni 63</b>	5,8E+05	5,8E+05	5,8E+05	1,2E+06	1,7E+06	2,3E+06	2,9E+06	3,5E+06
<b>Cu 64</b>	3,6E+11	1,9E+11	5,1E+10	5,1E+10	5,1E+10	5,1E+10	5,1E+10	5,1E+10
<b>Cu 67</b>	1,4E+07	1,3E+07	9,6E+06	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07
<b>Zn 65</b>	1,2E+09	1,2E+09	1,1E+09	2,3E+09	3,4E+09	4,5E+09	5,5E+09	6,5E+09
<b>Zn 69</b>	3,7E+10	1,5E+09	4,3E+08	4,3E+08	4,3E+08	4,3E+08	4,3E+08	4,3E+08
<b>Zn 69m</b>	2,5E+09	1,4E+09	4,1E+08	4,1E+08	4,1E+08	4,1E+08	4,1E+08	4,1E+08
<b>Zn 71m</b>	7,3E+06	9,0E+05	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04
<b>TOTAL</b>	<b>3,6E+12</b>	<b>1,1E+12</b>	<b>3,3E+11</b>	<b>3,3E+11</b>	<b>3,3E+11</b>	<b>3,4E+11</b>	<b>3,4E+11</b>	<b>3,4E+11</b>



**APÊNDICE A.1-3 - ATIVIDADES (Bq) ESPERADAS NO CENÁRIO I – ACTINÍDEOS (EOI A 876H)**

RNT(h)	EOI	12	36	204	372	540	708	876
<b>Th231</b>	5,3E+06	4,7E+06	4,0E+06	7,1E+06	1,0E+07	1,3E+07	1,7E+07	2,0E+07
<b>Th234</b>	3,6E+05	3,9E+05	4,3E+05	1,2E+06	2,1E+06	3,2E+06	4,5E+06	5,9E+06
<b>Pa232</b>	4,4E+04	3,4E+04	2,0E+04	2,0E+04	2,0E+04	2,0E+04	2,0E+04	2,0E+04
<b>Pa234m</b>	3,6E+05	3,9E+05	4,3E+05	1,2E+06	2,1E+06	3,2E+06	4,5E+06	5,9E+06
<b>U234</b>	2,7E+08	2,7E+08	2,7E+08	5,5E+08	8,2E+08	1,1E+09	1,4E+09	1,6E+09
<b>U235</b>	3,1E+06	3,1E+06	3,1E+06	6,3E+06	9,4E+06	1,3E+07	1,6E+07	1,9E+07
<b>U236</b>	4,2E+05	4,2E+05	4,2E+05	8,4E+05	1,3E+06	1,7E+06	2,1E+06	2,5E+06
<b>U237</b>	1,5E+12	1,4E+12	1,3E+12	1,9E+12	2,2E+12	2,3E+12	2,4E+12	2,4E+12
<b>U238</b>	2,0E+06	2,0E+06	2,0E+06	4,0E+06	6,0E+06	8,0E+06	9,9E+06	1,2E+07
<b>Np236m</b>	1,9E+05	1,3E+05	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04
<b>Np238</b>	4,6E+09	3,9E+09	2,8E+09	3,1E+09	3,1E+09	3,1E+09	3,1E+09	3,1E+09
<b>Np239</b>	2,4E+14	2,0E+14	1,5E+14	1,7E+14	1,7E+14	1,8E+14	1,8E+14	1,8E+14
<b>Pu238</b>	1,9E+05	2,4E+05	3,1E+05	7,9E+05	1,3E+06	1,8E+06	2,3E+06	2,8E+06
<b>Pu239</b>	8,4E+07	9,2E+07	1,1E+08	2,5E+08	3,9E+08	5,4E+08	6,9E+08	8,3E+08
<b>Pu240</b>	3,9E+06	3,9E+06	3,9E+06	7,8E+06	1,2E+07	1,6E+07	2,0E+07	2,3E+07
<b>Pu241</b>	2,8E+07	2,8E+07	2,8E+07	5,6E+07	8,4E+07	1,1E+08	1,4E+08	1,7E+08
<b>Pu243</b>	1,8E+06	3,3E+05	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04
<b>Am242</b>	2,3E+05	1,4E+05	4,9E+04	4,9E+04	4,9E+04	4,9E+04	4,9E+04	4,9E+04
<b>TOTAL</b>	<b>2,4E+14</b>	<b>2,1E+14</b>	<b>1,5E+14</b>	<b>1,7E+14</b>	<b>1,8E+14</b>	<b>1,8E+14</b>	<b>1,8E+14</b>	<b>1,8E+14</b>



**APÊNDICE A.1- 5 - ATIVIDADES (Bq) ESPERADAS NO CENÁRIO I – PRODUTOS DE FISSÃO (EOI A 876H)**

RNT(h)	EOI	12	36	204	372	540	708	876
H 3	3,6E+08	3,6E+08	3,6E+08	7,3E+08	1,1E+09	1,5E+09	1,8E+09	2,2E+09
Ni 66	3,2E+06	2,7E+06	2,0E+06	2,2E+06	2,3E+06	2,3E+06	2,3E+06	2,3E+06
Cu 66	3,2E+06	2,7E+06	2,0E+06	2,2E+06	2,3E+06	2,3E+06	2,3E+06	2,3E+06
Cu 67	1,6E+07	1,4E+07	1,1E+07	1,2E+07	1,2E+07	1,2E+07	1,2E+07	1,2E+07
Zn 71m	1,2E+07	1,5E+06	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04
Zn 72	8,4E+08	7,0E+08	4,9E+08	5,3E+08	5,3E+08	5,3E+08	5,3E+08	5,3E+08
Ga 72	8,4E+08	8,0E+08	6,4E+08	7,0E+08	7,0E+08	7,0E+08	7,0E+08	7,0E+08
Ga 73	3,4E+09	6,2E+08	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07
Ge 73m	3,4E+09	6,1E+08	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07
As 76	3,3E+07	2,4E+07	1,3E+07	1,3E+07	1,3E+07	1,3E+07	1,3E+07	1,3E+07
Ge 77	7,1E+10	3,4E+10	7,8E+09	7,8E+09	7,8E+09	7,8E+09	7,8E+09	7,8E+09
As 77	2,4E+11	2,1E+11	1,4E+11	1,5E+11	1,5E+11	1,5E+11	1,5E+11	1,5E+11
Se 77m	7,8E+08	6,6E+08	4,5E+08	4,7E+08	4,7E+08	4,7E+08	4,7E+08	4,7E+08
Ge 78	6,9E+11	2,4E+09	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04
As 78	6,9E+11	1,7E+10	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05
Se 79	6,7E+04	6,7E+04	6,7E+04	1,3E+05	2,0E+05	2,7E+05	3,4E+05	4,0E+05
Br 80	5,0E+06	6,1E+05	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04
Br 80m	3,8E+06	5,7E+05	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04
Br 82	5,9E+09	4,7E+09	2,9E+09	3,0E+09	3,0E+09	3,0E+09	3,0E+09	3,0E+09
Br 83	1,8E+13	6,1E+11	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08
Kr 83m	1,8E+13	1,9E+12	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09
Rb 84	1,5E+05	1,5E+05	1,4E+05	2,7E+05	3,8E+05	4,7E+05	5,5E+05	6,2E+05
Kr 85	1,2E+10	1,2E+10	1,2E+10	2,4E+10	3,6E+10	4,8E+10	6,0E+10	7,2E+10
Kr 85m	4,2E+13	6,6E+12	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11
Rb 86	5,1E+08	5,0E+08	4,8E+08	8,5E+08	1,1E+09	1,4E+09	1,5E+09	1,7E+09
Kr 87	8,4E+13	1,2E+11	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05
Kr 88	1,2E+14	6,2E+12	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10
Rb 88	1,2E+14	6,9E+12	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10
Sr 89	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	2,7E+13	3,9E+13	4,9E+13	5,9E+13	6,7E+13
Y 89m	1,3E+09	1,3E+09	1,3E+09	2,5E+09	3,6E+09	4,6E+09	5,5E+09	6,3E+09
Sr 90	9,0E+10	9,1E+10	9,0E+10	1,8E+11	2,7E+11	3,6E+11	4,5E+11	5,4E+11
Y 90	4,9E+10	5,4E+10	6,3E+10	1,5E+11	2,4E+11	3,3E+11	4,2E+11	5,1E+11
Y 90m	1,5E+08	1,1E+07	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04
Sr 91	1,9E+14	8,0E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13
Y 91	1,4E+13	1,5E+13	1,5E+13	2,9E+13	4,2E+13	5,4E+13	6,5E+13	7,5E+13
Y 91m	1,1E+14	5,1E+13	8,9E+12	8,9E+12	8,9E+12	8,9E+12	8,9E+12	8,9E+12
Sr 92	2,0E+14	9,1E+12	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10
Y 92	2,0E+14	5,0E+13	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11
Y 93	2,1E+14	9,3E+13	1,8E+13	1,8E+13	1,8E+13	1,8E+13	1,8E+13	1,8E+13
Zr 93	1,7E+06	1,8E+06	1,8E+06	3,7E+06	5,5E+06	7,3E+06	9,2E+06	1,1E+07
Zr 95	1,6E+13	1,6E+13	1,6E+13	3,0E+13	4,3E+13	5,6E+13	6,7E+13	7,8E+13

RNT(h)	EOI	12	36	204	372	540	708	876
<b>Nb 95</b>	1,1E+12	1,2E+12	1,5E+12	4,7E+12	9,3E+12	1,5E+13	2,1E+13	2,9E+13
<b>Nb 95m</b>	8,0E+10	8,9E+10	1,0E+11	2,5E+11	4,0E+11	5,5E+11	6,8E+11	8,1E+11
<b>Nb 96</b>	2,0E+10	1,4E+10	6,9E+09	6,9E+09	6,9E+09	6,9E+09	6,9E+09	6,9E+09
<b>Zr 97</b>	2,0E+14	1,2E+14	4,6E+13	4,6E+13	4,6E+13	4,6E+13	4,6E+13	4,6E+13
<b>Nb 97</b>	2,0E+14	1,3E+14	4,6E+13	4,6E+13	4,6E+13	4,6E+13	4,6E+13	4,6E+13
<b>Nb 97m</b>	1,9E+14	1,2E+14	4,3E+13	4,3E+13	4,3E+13	4,3E+13	4,3E+13	4,3E+13
<b>Mo 99</b>	2,5E+13	2,2E+13	1,7E+13	2,0E+13	2,1E+13	2,1E+13	2,1E+13	2,1E+13
<b>Tc 99</b>	5,4E+06	6,0E+06	7,0E+06	1,7E+07	2,7E+07	3,8E+07	4,9E+07	5,9E+07
<b>Tc 99m</b>	2,2E+13	2,1E+13	1,7E+13	2,0E+13	2,0E+13	2,0E+13	2,0E+13	2,0E+13
<b>Ru103</b>	1,2E+13	1,2E+13	1,2E+13	2,2E+13	3,1E+13	3,9E+13	4,6E+13	5,2E+13
<b>Rh103m</b>	1,2E+13	1,2E+13	1,2E+13	2,2E+13	3,1E+13	3,9E+13	4,6E+13	5,2E+13
<b>Ru105</b>	3,3E+13	5,3E+12	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11
<b>Rh105</b>	2,8E+13	2,5E+13	1,6E+13	1,7E+13	1,7E+13	1,7E+13	1,7E+13	1,7E+13
<b>Rh105m</b>	9,4E+12	1,5E+12	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10
<b>Ru106</b>	1,8E+11	1,8E+11	1,8E+11	3,6E+11	5,4E+11	7,2E+11	8,9E+11	1,1E+12
<b>Rh106</b>	2,5E+12	1,8E+11	1,8E+11	3,6E+11	5,4E+11	7,2E+11	8,9E+11	1,1E+12
<b>Rh106m</b>	1,1E+12	2,3E+10	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07
<b>Pd107</b>	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	2,2E+04	3,3E+04	4,4E+04	5,5E+04	6,6E+04
<b>Pd109</b>	1,2E+12	6,5E+11	1,9E+11	1,9E+11	1,9E+11	1,9E+11	1,9E+11	1,9E+11
<b>Ag109m</b>	1,2E+12	6,5E+11	1,9E+11	1,9E+11	1,9E+11	1,9E+11	1,9E+11	1,9E+11
<b>Ag110</b>	1,6E+10	8,4E+04	8,4E+04	1,7E+05	2,5E+05	3,3E+05	4,0E+05	4,8E+05
<b>Ag110m</b>	6,2E+06	6,2E+06	6,1E+06	1,2E+07	1,8E+07	2,4E+07	3,0E+07	3,5E+07
<b>Pd111</b>	6,0E+11	2,9E+07	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06
<b>Pd111m</b>	1,7E+08	3,7E+07	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06
<b>Ag111</b>	2,8E+11	2,7E+11	2,5E+11	3,8E+11	4,4E+11	4,8E+11	5,0E+11	5,1E+11
<b>Ag111m</b>	6,0E+11	3,6E+07	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06
<b>Pd112</b>	4,5E+11	3,0E+11	1,4E+11	1,4E+11	1,4E+11	1,4E+11	1,4E+11	1,4E+11
<b>Ag112</b>	4,5E+11	3,5E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11
<b>Ag113</b>	4,7E+11	9,9E+10	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09
<b>Cd113m</b>	3,6E+06	3,9E+06	3,9E+06	7,8E+06	1,2E+07	1,6E+07	2,0E+07	2,4E+07
<b>Cd115</b>	3,6E+11	3,1E+11	2,3E+11	2,6E+11	2,6E+11	2,6E+11	2,6E+11	2,6E+11
<b>Cd115m</b>	1,7E+09	1,7E+09	1,6E+09	3,1E+09	4,4E+09	5,6E+09	6,6E+09	7,6E+09
<b>In115m</b>	3,6E+11	3,4E+11	2,5E+11	2,8E+11	2,8E+11	2,8E+11	2,8E+11	2,8E+11
<b>Cd117</b>	3,6E+11	1,3E+10	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07
<b>Cd117m</b>	7,1E+10	6,0E+09	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07
<b>In117</b>	2,6E+11	2,8E+10	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07
<b>In117m</b>	3,3E+11	3,7E+10	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07
<b>Sn117m</b>	2,4E+08	2,4E+08	2,3E+08	4,0E+08	5,1E+08	5,9E+08	6,4E+08	6,8E+08
<b>Sn119m</b>	2,9E+07	2,9E+07	2,9E+07	5,8E+07	8,6E+07	1,1E+08	1,4E+08	1,7E+08
<b>Sn121</b>	4,1E+11	3,0E+11	1,6E+11	1,7E+11	1,7E+11	1,7E+11	1,7E+11	1,7E+11
<b>Sn121m</b>	5,9E+06	5,9E+06	5,9E+06	1,2E+07	1,8E+07	2,4E+07	2,9E+07	3,5E+07
<b>Sb122</b>	3,6E+08	3,2E+08	2,5E+08	2,9E+08	2,9E+08	3,0E+08	3,0E+08	3,0E+08
<b>Sn123</b>	1,5E+09	1,5E+09	1,5E+09	2,9E+09	4,2E+09	5,6E+09	6,8E+09	8,0E+09

RNT(h)	EOI	12	36	204	372	540	708	876
<b>Sb124</b>	4,8E+07	4,7E+07	4,7E+07	9,0E+07	1,3E+08	1,7E+08	2,0E+08	2,3E+08
<b>Sn125</b>	1,3E+11	1,2E+11	1,1E+11	1,8E+11	2,2E+11	2,5E+11	2,6E+11	2,7E+11
<b>Sb125</b>	4,3E+09	4,4E+09	4,5E+09	9,3E+09	1,4E+10	2,0E+10	2,5E+10	3,0E+10
<b>Te125m</b>	4,0E+07	4,5E+07	5,7E+07	2,0E+08	4,2E+08	7,1E+08	1,1E+09	1,5E+09
<b>Sn126</b>	2,5E+05	2,5E+05	2,5E+05	5,0E+05	7,5E+05	1,0E+06	1,3E+06	1,5E+06
<b>Sb126</b>	9,6E+09	9,3E+09	8,8E+09	1,5E+10	1,9E+10	2,2E+10	2,3E+10	2,5E+10
<b>Sb126m</b>	5,6E+10	2,5E+05	2,5E+05	5,0E+05	7,5E+05	1,0E+06	1,3E+06	1,5E+06
<b>I126</b>	4,7E+04	4,5E+04	4,3E+04	7,3E+04	9,3E+04	1,1E+05	1,2E+05	1,2E+05
<b>Sn127</b>	3,1E+12	5,9E+10	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07
<b>Sb127</b>	3,7E+12	3,5E+12	2,9E+12	3,7E+12	3,9E+12	4,0E+12	4,0E+12	4,0E+12
<b>Te127</b>	3,0E+12	3,0E+12	2,6E+12	3,4E+12	3,7E+12	3,8E+12	3,8E+12	3,9E+12
<b>Te127m</b>	1,7E+10	1,9E+10	2,3E+10	5,6E+10	9,2E+10	1,3E+11	1,6E+11	2,0E+11
<b>Sb128</b>	7,6E+11	3,3E+11	5,1E+10	5,1E+10	5,1E+10	5,1E+10	5,1E+10	5,1E+10
<b>Sb129</b>	1,8E+13	2,8E+12	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10
<b>Te129</b>	1,5E+13	3,4E+12	3,5E+11	5,9E+11	7,9E+11	9,7E+11	1,1E+12	1,3E+12
<b>Te129m</b>	4,3E+11	4,4E+11	4,3E+11	8,1E+11	1,1E+12	1,4E+12	1,7E+12	1,9E+12
<b>I129</b>	1,2E+04	1,3E+04	1,3E+04	2,6E+04	4,0E+04	5,4E+04	6,8E+04	8,2E+04
<b>Xe129m</b>	2,6E+04	2,5E+04	2,3E+04	3,6E+04	4,4E+04	4,8E+04	5,1E+04	5,2E+04
<b>I130</b>	1,2E+09	6,3E+08	1,6E+08	1,6E+08	1,6E+08	1,6E+08	1,6E+08	1,6E+08
<b>Te131</b>	8,5E+13	2,3E+12	1,3E+12	1,3E+12	1,3E+12	1,3E+12	1,3E+12	1,3E+12
<b>Te131m</b>	1,3E+13	1,0E+13	5,8E+12	5,9E+12	5,9E+12	5,9E+12	5,9E+12	5,9E+12
<b>I131</b>	2,1E+12	2,1E+12	1,9E+12	3,0E+12	3,6E+12	3,9E+12	4,1E+12	4,2E+12
<b>Xe131m</b>	8,8E+10	9,8E+10	1,2E+11	3,0E+11	4,8E+11	6,3E+11	7,5E+11	8,3E+11
<b>Te132</b>	1,1E+14	1,0E+14	8,1E+13	9,9E+13	1,0E+14	1,0E+14	1,0E+14	1,0E+14
<b>I132</b>	5,6E+12	5,1E+12	4,2E+12	5,1E+12	5,3E+12	5,4E+12	5,4E+12	5,4E+12
<b>Cs132</b>	5,3E+06	5,0E+06	4,5E+06	6,7E+06	7,7E+06	8,1E+06	8,4E+06	8,5E+06
<b>I133</b>	1,1E+13	7,6E+12	3,4E+12	3,4E+12	3,4E+12	3,4E+12	3,4E+12	3,4E+12
<b>Xe133</b>	1,2E+14	1,2E+14	1,2E+14	1,7E+14	1,9E+14	2,0E+14	2,0E+14	2,1E+14
<b>Xe133m</b>	5,3E+12	5,3E+12	4,7E+12	5,3E+12	5,4E+12	5,4E+12	5,4E+12	5,4E+12
<b>Cs134</b>	5,6E+08	5,6E+08	5,6E+08	1,1E+09	1,7E+09	2,2E+09	2,8E+09	3,3E+09
<b>Cs134m</b>	2,1E+10	1,2E+09	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06
<b>I135</b>	2,1E+14	5,9E+13	4,7E+12	4,7E+12	4,7E+12	4,7E+12	4,7E+12	4,7E+12
<b>Xe135</b>	2,6E+13	7,5E+13	2,4E+13	2,4E+13	2,4E+13	2,4E+13	2,4E+13	2,4E+13
<b>Xe135m</b>	3,8E+13	9,6E+12	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11
<b>Cs135</b>	1,4E+05	1,7E+05	2,1E+05	4,3E+05	6,5E+05	8,7E+05	1,1E+06	1,3E+06
<b>Ba135m</b>	1,5E+06	1,1E+06	6,4E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05
<b>Cs136</b>	6,1E+10	5,9E+10	5,6E+10	9,5E+10	1,2E+11	1,4E+11	1,5E+11	1,6E+11
<b>Ba136m</b>	2,8E+10	6,7E+09	6,3E+09	1,1E+10	1,4E+10	1,6E+10	1,7E+10	1,8E+10
<b>Cs137</b>	9,1E+10	9,2E+10	9,2E+10	1,8E+11	2,7E+11	3,7E+11	4,6E+11	5,5E+11
<b>Ba137m</b>	9,1E+10	8,6E+10	8,6E+10	1,7E+11	2,6E+11	3,5E+11	4,3E+11	5,2E+11
<b>Ba139</b>	2,1E+14	6,6E+11	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06
<b>Ba140</b>	6,6E+13	6,4E+13	6,0E+13	1,0E+14	1,3E+14	1,5E+14	1,6E+14	1,7E+14
<b>La140</b>	4,6E+13	5,0E+13	5,4E+13	1,0E+14	1,3E+14	1,6E+14	1,7E+14	1,8E+14



RNT(h)	EOI	12	36	204	372	540	708	876
<b>La141</b>	1,9E+14	2,5E+13	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11
<b>Ce141</b>	2,6E+13	2,7E+13	2,6E+13	4,9E+13	6,8E+13	8,5E+13	9,9E+13	1,1E+14
<b>La142</b>	1,9E+14	9,1E+11	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07
<b>Pr142</b>	5,8E+09	3,7E+09	1,6E+09	1,6E+09	1,6E+09	1,6E+09	1,6E+09	1,6E+09
<b>Ce143</b>	1,9E+14	1,5E+14	9,0E+13	9,3E+13	9,3E+13	9,3E+13	9,3E+13	9,3E+13
<b>Pr143</b>	4,5E+13	4,8E+13	5,1E+13	9,4E+13	1,2E+14	1,5E+14	1,6E+14	1,7E+14
<b>Ce144</b>	3,1E+12	3,1E+12	3,1E+12	6,1E+12	9,1E+12	1,2E+13	1,5E+13	1,8E+13
<b>Pr144</b>	3,7E+12	3,1E+12	3,1E+12	6,1E+12	9,1E+12	1,2E+13	1,5E+13	1,8E+13
<b>Pr144m</b>	4,4E+10	4,3E+10	4,3E+10	8,6E+10	1,3E+11	1,7E+11	2,1E+11	2,5E+11
<b>Pr145</b>	1,3E+14	3,3E+13	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12
<b>Pm146</b>	1,6E+04	1,6E+04	1,6E+04	3,1E+04	4,7E+04	6,3E+04	7,8E+04	9,4E+04
<b>Nd147</b>	2,7E+13	2,6E+13	2,4E+13	4,0E+13	5,0E+13	5,6E+13	6,0E+13	6,3E+13
<b>Pm147</b>	7,2E+10	8,1E+10	9,9E+10	3,0E+11	5,6E+11	8,6E+11	1,2E+12	1,5E+12
<b>Pm148</b>	3,9E+10	3,6E+10	3,2E+10	4,5E+10	5,0E+10	5,3E+10	5,4E+10	5,4E+10
<b>Pm148m</b>	4,6E+09	4,6E+09	4,5E+09	8,6E+09	1,2E+10	1,5E+10	1,8E+10	2,1E+10
<b>Nd149</b>	3,6E+13	3,0E+11	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07
<b>Pm149</b>	3,1E+13	2,8E+13	2,0E+13	2,3E+13	2,3E+13	2,3E+13	2,3E+13	2,3E+13
<b>Pm150</b>	7,4E+11	3,3E+10	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07
<b>Pm151</b>	1,4E+13	1,0E+13	5,7E+12	5,8E+12	5,8E+12	5,8E+12	5,8E+12	5,8E+12
<b>Sm151</b>	1,4E+09	1,5E+09	1,7E+09	3,5E+09	5,4E+09	7,3E+09	9,1E+09	1,1E+10
<b>Eu152</b>	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	5,6E+04	8,3E+04	1,1E+05	1,4E+05	1,7E+05
<b>Eu152m</b>	5,2E+07	2,1E+07	3,6E+06	3,6E+06	3,6E+06	3,6E+06	3,6E+06	3,6E+06
<b>Sm153</b>	5,1E+12	4,3E+12	3,0E+12	3,2E+12	3,2E+12	3,2E+12	3,2E+12	3,2E+12
<b>Eu154</b>	5,2E+07	5,2E+07	5,2E+07	1,0E+08	1,5E+08	2,1E+08	2,6E+08	3,1E+08
<b>Eu155</b>	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	5,5E+09	8,2E+09	1,1E+10	1,4E+10	1,6E+10
<b>Sm156</b>	5,2E+11	2,1E+11	3,6E+10	3,6E+10	3,6E+10	3,6E+10	3,6E+10	3,6E+10
<b>Eu156</b>	1,7E+11	1,7E+11	1,7E+11	3,0E+11	3,9E+11	4,5E+11	5,0E+11	5,3E+11
<b>Eu157</b>	2,3E+11	1,4E+11	4,6E+10	4,6E+10	4,6E+10	4,6E+10	4,6E+10	4,6E+10
<b>Gd159</b>	3,7E+10	2,4E+10	9,8E+09	9,8E+09	9,8E+09	9,8E+09	9,8E+09	9,8E+09
<b>Tb160</b>	5,8E+06	5,8E+06	5,7E+06	1,1E+07	1,6E+07	2,1E+07	2,5E+07	2,9E+07
<b>Tb161</b>	1,7E+09	1,6E+09	1,4E+09	2,2E+09	2,5E+09	2,7E+09	2,8E+09	2,8E+09
<b>Dy166</b>	2,4E+07	2,2E+07	1,8E+07	2,2E+07	2,3E+07	2,3E+07	2,3E+07	2,3E+07
<b>Ho166</b>	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,7E+07	2,8E+07	2,9E+07	2,9E+07	2,9E+07
<b>Er169</b>	2,5E+06	2,4E+06	2,2E+06	3,5E+06	4,3E+06	4,8E+06	5,0E+06	5,2E+06
<b>Er171</b>	1,9E+06	6,1E+05	6,7E+04	6,7E+04	6,7E+04	6,7E+04	6,7E+04	6,7E+04
<b>Tm171</b>	1,2E+04	1,2E+04	1,3E+04	2,5E+04	3,8E+04	5,0E+04	6,2E+04	7,5E+04
<b>Er172</b>	3,0E+06	2,5E+06	1,8E+06	2,0E+06	2,0E+06	2,0E+06	2,0E+06	2,0E+06
<b>Tm172</b>	2,0E+06	2,1E+06	2,1E+06	2,9E+06	3,0E+06	3,1E+06	3,1E+06	3,1E+06
<b>TOTAL</b>	<b>4,0E+15</b>	<b>1,7E+15</b>	<b>9,0E+14</b>	<b>1,2E+15</b>	<b>1,4E+15</b>	<b>1,6E+15</b>	<b>1,7E+15</b>	<b>1,8E+15</b>

**APÊNDICE A.1-6 - ATIVIDADES (Bq) ESPERADAS NO CENÁRIO I – PRODUTOS DE FISSÃO (1044H A 2220H)**

RNT(h)	1044	1212	1380	1548	1716	1884	2052	2220
H 3	2,5E+09	2,9E+09	3,3E+09	3,6E+09	4,0E+09	4,3E+09	4,7E+09	5,0E+09
Ni 66	2,3E+06	2,3E+06	2,3E+06	2,3E+06	2,3E+06	2,3E+06	2,3E+06	2,3E+06
Cu 66	2,3E+06	2,3E+06	2,3E+06	2,3E+06	2,3E+06	2,3E+06	2,3E+06	2,3E+06
Cu 67	1,2E+07	1,2E+07	1,2E+07	1,2E+07	1,2E+07	1,2E+07	1,2E+07	1,2E+07
Zn 71m	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04
Zn 72	5,3E+08	5,3E+08	5,3E+08	5,3E+08	5,3E+08	5,3E+08	5,3E+08	5,3E+08
Ga 72	7,0E+08	7,0E+08	7,0E+08	7,0E+08	7,0E+08	7,0E+08	7,0E+08	7,0E+08
Ga 73	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07
Ge 73m	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07
As 76	1,3E+07	1,3E+07	1,3E+07	1,3E+07	1,3E+07	1,3E+07	1,3E+07	1,3E+07
Ge 77	7,8E+09	7,8E+09	7,8E+09	7,8E+09	7,8E+09	7,8E+09	7,8E+09	7,8E+09
As 77	1,5E+11	1,5E+11	1,5E+11	1,5E+11	1,5E+11	1,5E+11	1,5E+11	1,5E+11
Se 77m	4,7E+08	4,7E+08	4,7E+08	4,7E+08	4,7E+08	4,7E+08	4,7E+08	4,7E+08
Ge 78	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04
As 78	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05
Se 79	4,7E+05	5,4E+05	6,0E+05	6,7E+05	7,4E+05	8,1E+05	8,7E+05	9,4E+05
Br 80	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04
Br 80m	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04
Br 82	3,0E+09	3,0E+09	3,0E+09	3,0E+09	3,0E+09	3,0E+09	3,0E+09	3,0E+09
Br 83	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08
Kr 83m	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09
Rb 84	6,8E+05	7,3E+05	7,7E+05	8,1E+05	8,4E+05	8,7E+05	9,0E+05	9,2E+05
Kr 85	8,4E+10	9,6E+10	1,1E+11	1,2E+11	1,3E+11	1,4E+11	1,6E+11	1,7E+11
Kr 85m	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11
Rb 86	1,8E+09	1,8E+09	1,9E+09	1,9E+09	2,0E+09	2,0E+09	2,0E+09	2,1E+09
Kr 87	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05
Kr 88	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10
Rb 88	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10
Sr 89	7,5E+13	8,2E+13	8,9E+13	9,5E+13	1,0E+14	1,1E+14	1,1E+14	1,1E+14
Y 89m	7,0E+09	7,7E+09	8,3E+09	8,8E+09	9,3E+09	9,8E+09	1,0E+10	1,1E+10
Sr 90	6,3E+11	7,2E+11	8,1E+11	9,0E+11	9,9E+11	1,1E+12	1,2E+12	1,3E+12
Y 90	6,0E+11	6,9E+11	7,8E+11	8,7E+11	9,6E+11	1,1E+12	1,1E+12	1,2E+12
Y 90m	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04
Sr 91	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13
Y 91	8,4E+13	9,3E+13	1,0E+14	1,1E+14	1,1E+14	1,2E+14	1,3E+14	1,3E+14
Y 91m	8,9E+12	8,9E+12	8,9E+12	8,9E+12	8,9E+12	8,9E+12	8,9E+12	8,9E+12
Sr 92	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10
Y 92	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11
Y 93	1,8E+13	1,8E+13	1,8E+13	1,8E+13	1,8E+13	1,8E+13	1,8E+13	1,8E+13
Zr 93	1,3E+07	1,5E+07	1,7E+07	1,8E+07	2,0E+07	2,2E+07	2,4E+07	2,6E+07
Zr 95	8,8E+13	9,7E+13	1,1E+14	1,1E+14	1,2E+14	1,3E+14	1,3E+14	1,4E+14

RNT(h)	1044	1212	1380	1548	1716	1884	2052	2220
<b>Nb 95</b>	3,6E+13	4,4E+13	5,2E+13	6,0E+13	6,7E+13	7,5E+13	8,3E+13	9,0E+13
<b>Nb 95m</b>	9,2E+11	1,0E+12	1,1E+12	1,2E+12	1,3E+12	1,4E+12	1,5E+12	1,5E+12
<b>Nb 96</b>	6,9E+09	6,9E+09	6,9E+09	6,9E+09	6,9E+09	6,9E+09	6,9E+09	6,9E+09
<b>Zr 97</b>	4,6E+13	4,6E+13	4,6E+13	4,6E+13	4,6E+13	4,6E+13	4,6E+13	4,6E+13
<b>Nb 97</b>	4,6E+13	4,6E+13	4,6E+13	4,6E+13	4,6E+13	4,6E+13	4,6E+13	4,6E+13
<b>Nb 97m</b>	4,3E+13	4,3E+13	4,3E+13	4,3E+13	4,3E+13	4,3E+13	4,3E+13	4,3E+13
<b>Mo 99</b>	2,1E+13	2,1E+13	2,1E+13	2,1E+13	2,1E+13	2,1E+13	2,1E+13	2,1E+13
<b>Tc 99</b>	7,0E+07	8,0E+07	9,1E+07	1,0E+08	1,1E+08	1,2E+08	1,3E+08	1,4E+08
<b>Tc 99m</b>	2,0E+13	2,0E+13	2,0E+13	2,0E+13	2,0E+13	2,0E+13	2,0E+13	2,0E+13
<b>Ru103</b>	5,8E+13	6,3E+13	6,7E+13	7,1E+13	7,4E+13	7,7E+13	8,0E+13	8,2E+13
<b>Rh103m</b>	5,8E+13	6,2E+13	6,7E+13	7,1E+13	7,4E+13	7,7E+13	7,9E+13	8,2E+13
<b>Ru105</b>	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11
<b>Rh105</b>	1,7E+13	1,7E+13	1,7E+13	1,7E+13	1,7E+13	1,7E+13	1,7E+13	1,7E+13
<b>Rh105m</b>	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10
<b>Ru106</b>	1,2E+12	1,4E+12	1,6E+12	1,7E+12	1,9E+12	2,0E+12	2,2E+12	2,4E+12
<b>Rh106</b>	1,2E+12	1,4E+12	1,6E+12	1,7E+12	1,9E+12	2,0E+12	2,2E+12	2,4E+12
<b>Rh106m</b>	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07
<b>Pd107</b>	7,7E+04	8,7E+04	9,8E+04	1,1E+05	1,2E+05	1,3E+05	1,4E+05	1,5E+05
<b>Pd109</b>	1,9E+11	1,9E+11	1,9E+11	1,9E+11	1,9E+11	1,9E+11	1,9E+11	1,9E+11
<b>Ag109m</b>	1,9E+11	1,9E+11	1,9E+11	1,9E+11	1,9E+11	1,9E+11	1,9E+11	1,9E+11
<b>Ag110</b>	5,5E+05	6,3E+05	7,0E+05	7,7E+05	8,4E+05	9,0E+05	9,7E+05	1,0E+06
<b>Ag110m</b>	4,1E+07	4,6E+07	5,1E+07	5,6E+07	6,2E+07	6,6E+07	7,1E+07	7,6E+07
<b>Pd111</b>	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06
<b>Pd111m</b>	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06
<b>Ag111</b>	5,1E+11	5,1E+11	5,2E+11	5,2E+11	5,2E+11	5,2E+11	5,2E+11	5,2E+11
<b>Ag111m</b>	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06
<b>Pd112</b>	1,4E+11	1,4E+11	1,4E+11	1,4E+11	1,4E+11	1,4E+11	1,4E+11	1,4E+11
<b>Ag112</b>	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11
<b>Ag113</b>	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09
<b>Cd113m</b>	2,7E+07	3,1E+07	3,5E+07	3,9E+07	4,3E+07	4,7E+07	5,1E+07	5,5E+07
<b>Cd115</b>	2,6E+11	2,6E+11	2,6E+11	2,6E+11	2,6E+11	2,6E+11	2,6E+11	2,6E+11
<b>Cd115m</b>	8,4E+09	9,2E+09	9,9E+09	1,1E+10	1,1E+10	1,2E+10	1,2E+10	1,2E+10
<b>In115m</b>	2,8E+11	2,8E+11	2,8E+11	2,8E+11	2,8E+11	2,8E+11	2,8E+11	2,8E+11
<b>Cd117</b>	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07
<b>Cd117m</b>	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07
<b>In117</b>	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07
<b>In117m</b>	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07
<b>Sn117m</b>	7,1E+08	7,3E+08	7,4E+08	7,5E+08	7,6E+08	7,6E+08	7,7E+08	7,7E+08
<b>Sn119m</b>	1,9E+08	2,2E+08	2,5E+08	2,7E+08	2,9E+08	3,2E+08	3,4E+08	3,7E+08
<b>Sn121</b>	1,7E+11	1,7E+11	1,7E+11	1,7E+11	1,7E+11	1,7E+11	1,7E+11	1,7E+11
<b>Sn121m</b>	4,1E+07	4,7E+07	5,3E+07	5,9E+07	6,5E+07	7,1E+07	7,6E+07	8,2E+07
<b>Sb122</b>	3,0E+08	3,0E+08	3,0E+08	3,0E+08	3,0E+08	3,0E+08	3,0E+08	3,0E+08
<b>Sn123</b>	9,2E+09	1,0E+10	1,1E+10	1,3E+10	1,4E+10	1,4E+10	1,5E+10	1,6E+10



RNT(h)	1044	1212	1380	1548	1716	1884	2052	2220
<b>La141</b>	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11
<b>Ce141</b>	1,2E+14	1,3E+14	1,4E+14	1,5E+14	1,5E+14	1,6E+14	1,6E+14	1,7E+14
<b>La142</b>	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07
<b>Pr142</b>	1,6E+09	1,6E+09	1,6E+09	1,6E+09	1,6E+09	1,6E+09	1,6E+09	1,6E+09
<b>Ce143</b>	9,3E+13	9,3E+13	9,3E+13	9,3E+13	9,3E+13	9,3E+13	9,3E+13	9,3E+13
<b>Pr143</b>	1,8E+14	1,8E+14	1,9E+14	1,9E+14	1,9E+14	1,9E+14	1,9E+14	1,9E+14
<b>Ce144</b>	2,1E+13	2,3E+13	2,6E+13	2,9E+13	3,1E+13	3,4E+13	3,6E+13	3,9E+13
<b>Pr144</b>	2,1E+13	2,3E+13	2,6E+13	2,9E+13	3,1E+13	3,4E+13	3,6E+13	3,9E+13
<b>Pr144m</b>	2,9E+11	3,3E+11	3,6E+11	4,0E+11	4,4E+11	4,7E+11	5,1E+11	5,4E+11
<b>Pr145</b>	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12
<b>Pm146</b>	1,1E+05	1,2E+05	1,4E+05	1,6E+05	1,7E+05	1,9E+05	2,0E+05	2,2E+05
<b>Nd147</b>	6,5E+13	6,6E+13	6,6E+13	6,7E+13	6,7E+13	6,7E+13	6,7E+13	6,8E+13
<b>Pm147</b>	1,9E+12	2,2E+12	2,6E+12	2,9E+12	3,3E+12	3,6E+12	4,0E+12	4,4E+12
<b>Pm148</b>	5,5E+10	5,5E+10	5,5E+10	5,5E+10	5,5E+10	5,5E+10	5,5E+10	5,5E+10
<b>Pm148m</b>	2,3E+10	2,5E+10	2,7E+10	2,8E+10	3,0E+10	3,1E+10	3,2E+10	3,3E+10
<b>Nd149</b>	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07
<b>Pm149</b>	2,3E+13	2,3E+13	2,3E+13	2,3E+13	2,3E+13	2,3E+13	2,3E+13	2,3E+13
<b>Pm150</b>	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07
<b>Pm151</b>	5,8E+12	5,8E+12	5,8E+12	5,8E+12	5,8E+12	5,8E+12	5,8E+12	5,8E+12
<b>Sm151</b>	1,3E+10	1,5E+10	1,7E+10	1,9E+10	2,0E+10	2,2E+10	2,4E+10	2,6E+10
<b>Eu152</b>	1,9E+05	2,2E+05	2,5E+05	2,8E+05	3,0E+05	3,3E+05	3,6E+05	3,9E+05
<b>Eu152m</b>	3,6E+06	3,6E+06	3,6E+06	3,6E+06	3,6E+06	3,6E+06	3,6E+06	3,6E+06
<b>Sm153</b>	3,2E+12	3,2E+12	3,2E+12	3,2E+12	3,2E+12	3,2E+12	3,2E+12	3,2E+12
<b>Eu154</b>	3,6E+08	4,1E+08	4,6E+08	5,1E+08	5,6E+08	6,1E+08	6,6E+08	7,1E+08
<b>Eu155</b>	1,9E+10	2,2E+10	2,4E+10	2,7E+10	3,0E+10	3,2E+10	3,5E+10	3,8E+10
<b>Sm156</b>	3,6E+10	3,6E+10	3,6E+10	3,6E+10	3,6E+10	3,6E+10	3,6E+10	3,6E+10
<b>Eu156</b>	5,6E+11	5,8E+11	5,9E+11	6,0E+11	6,1E+11	6,1E+11	6,2E+11	6,2E+11
<b>Eu157</b>	4,6E+10	4,6E+10	4,6E+10	4,6E+10	4,6E+10	4,6E+10	4,6E+10	4,6E+10
<b>Gd159</b>	9,8E+09	9,8E+09	9,8E+09	9,8E+09	9,8E+09	9,8E+09	9,8E+09	9,8E+09
<b>Tb160</b>	3,3E+07	3,7E+07	4,0E+07	4,3E+07	4,6E+07	4,9E+07	5,1E+07	5,4E+07
<b>Tb161</b>	2,8E+09	2,8E+09	2,9E+09	2,9E+09	2,9E+09	2,9E+09	2,9E+09	2,9E+09
<b>Dy166</b>	2,3E+07	2,3E+07	2,3E+07	2,3E+07	2,3E+07	2,3E+07	2,3E+07	2,3E+07
<b>Ho166</b>	2,9E+07	2,9E+07	2,9E+07	2,9E+07	2,9E+07	2,9E+07	2,9E+07	2,9E+07
<b>Er169</b>	5,3E+06	5,4E+06	5,4E+06	5,4E+06	5,4E+06	5,4E+06	5,4E+06	5,4E+06
<b>Er171</b>	6,7E+04	6,7E+04	6,7E+04	6,7E+04	6,7E+04	6,7E+04	6,7E+04	6,7E+04
<b>Tm171</b>	8,7E+04	9,9E+04	1,1E+05	1,2E+05	1,3E+05	1,5E+05	1,6E+05	1,7E+05
<b>Er172</b>	2,0E+06	2,0E+06	2,0E+06	2,0E+06	2,0E+06	2,0E+06	2,0E+06	2,0E+06
<b>Tm172</b>	3,1E+06	3,1E+06	3,1E+06	3,1E+06	3,1E+06	3,1E+06	3,1E+06	3,1E+06
<b>TOTAL</b>	<b>1,9E+15</b>	<b>2,0E+15</b>	<b>2,1E+15</b>	<b>2,1E+15</b>	<b>2,2E+15</b>	<b>2,2E+15</b>	<b>2,3E+15</b>	<b>2,3E+15</b>

## APÊNDICE A.2 – ATIVIDADES ESPERADAS NO CENÁRIO II

Neste inventário, o alvo é formado por **16 placas** com dimensões de 240 x 30 x 1,5 mm; composta de aproximadamente 2,5g de <sup>235</sup>U enriquecido a 19,9% e 21g de Al (1050) e o modelo de produção fornece **3 remessas** de RR por semana (Cenário II).

O cálculo cumulativo se deu considerando-se que a 4ª remessa de RR cairá, 36h após o EOI, no mesmo recipiente em que se encontra a 3ª remessa, esta já tendo decaído por 72h, a 2ª remessa, tendo esta decaído por 120h; a 1ª remessa, esta já tendo decaído por 168h, e assim sucessivamente.

### APÊNDICE A.2-1 - ATIVIDADES (Bq) ESPERADAS NO CENÁRIO II – ELEMENTOS LEVES (EOI A 636H)

RNT(h)	EOI	12	36	84	132	204	252	300	372	420	468	540	588	636
Na 24	1,5E+12	8,5E+11	2,8E+11	3,0E+11	3,1E+11	2,9E+11	3,0E+11	3,1E+11	2,9E+11	3,0E+11	3,1E+11	2,9E+11	3,0E+11	3,1E+11
Si 31	1,2E+10	4,9E+08	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05
P 32	1,4E+04	1,4E+04	1,3E+04	2,5E+04	3,7E+04	4,4E+04	5,3E+04	6,2E+04	6,6E+04	7,3E+04	8,0E+04	8,2E+04	8,8E+04	9,3E+04
Ca 45	7,2E+05	7,1E+05	7,1E+05	1,4E+06	2,1E+06	2,8E+06	3,5E+06	4,2E+06	4,8E+06	5,5E+06	6,2E+06	6,8E+06	7,5E+06	8,1E+06
Ca 47	1,1E+05	1,1E+05	9,1E+04	1,6E+05	2,2E+05	2,2E+05	2,5E+05	2,8E+05	2,7E+05	2,9E+05	3,0E+05	2,8E+05	3,0E+05	3,1E+05
Sc 46	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	3,7E+07	5,5E+07	7,2E+07	8,9E+07	1,1E+08	1,2E+08	1,4E+08	1,5E+08	1,7E+08	1,9E+08	2,0E+08
Sc 47	3,5E+08	3,2E+08	2,6E+08	4,3E+08	5,7E+08	5,5E+08	6,2E+08	6,7E+08	6,1E+08	6,6E+08	7,0E+08	6,3E+08	6,7E+08	7,0E+08
Sc 48	7,9E+07	6,5E+07	4,5E+07	6,5E+07	8,0E+07	6,9E+07	7,7E+07	8,0E+07	7,0E+07	7,7E+07	8,1E+07	7,0E+07	7,8E+07	8,1E+07
Cr 51	2,3E+07	2,2E+07	2,2E+07	4,3E+07	6,3E+07	8,0E+07	9,8E+07	1,2E+08	1,3E+08	1,4E+08	1,6E+08	1,7E+08	1,8E+08	2,0E+08
Mn 54	2,1E+08	2,1E+08	2,1E+08	4,2E+08	6,3E+08	8,4E+08	1,1E+09	1,3E+09	1,5E+09	1,7E+09	1,9E+09	2,1E+09	2,3E+09	2,5E+09
Mn 56	1,7E+12	6,6E+10	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08
Fe 55	5,5E+08	5,5E+08	5,5E+08	1,1E+09	1,7E+09	2,2E+09	2,8E+09	3,3E+09	3,9E+09	4,4E+09	4,9E+09	5,5E+09	6,0E+09	6,6E+09
Fe 59	3,9E+08	3,9E+08	3,8E+08	7,6E+08	1,1E+09	1,5E+09	1,8E+09	2,1E+09	2,4E+09	2,7E+09	3,0E+09	3,3E+09	3,5E+09	3,8E+09
Co 60	2,7E+05	2,7E+05	2,7E+05	5,3E+05	7,9E+05	1,1E+06	1,3E+06	1,6E+06	1,9E+06	2,1E+06	2,4E+06	2,6E+06	2,9E+06	3,2E+06
Ni 63	5,8E+05	5,8E+05	5,8E+05	1,2E+06	1,7E+06	2,3E+06	2,9E+06	3,5E+06	4,0E+06	4,6E+06	5,2E+06	5,8E+06	6,3E+06	6,9E+06
Cu 64	3,6E+11	1,9E+11	5,1E+10	5,5E+10	5,6E+10	5,2E+10	5,5E+10	5,5E+10	5,2E+10	5,5E+10	5,5E+10	5,2E+10	5,5E+10	5,5E+10
Cu 67	1,4E+07	1,3E+07	9,6E+06	1,5E+07	1,9E+07	1,8E+07	2,0E+07	2,1E+07	1,9E+07	2,1E+07	2,2E+07	1,9E+07	2,1E+07	2,2E+07
Zn 65	1,2E+09	1,2E+09	1,1E+09	2,3E+09	3,4E+09	4,5E+09	5,7E+09	6,8E+09	7,9E+09	9,0E+09	1,0E+10	1,1E+10	1,2E+10	1,3E+10
Zn 69	3,7E+10	1,5E+09	4,3E+08	4,7E+08	4,8E+08	4,5E+08	4,7E+08	4,8E+08	4,5E+08	4,7E+08	4,8E+08	4,5E+08	4,7E+08	4,8E+08
Zn 69m	2,5E+09	1,4E+09	4,1E+08	4,4E+08	4,5E+08	4,2E+08	4,4E+08	4,4E+08	4,2E+08	4,4E+08	4,4E+08	4,2E+08	4,4E+08	4,4E+08
Zn 71m	7,3E+06	9,0E+05	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04
TOTAL	3,6E+12	1,1E+12	3,3E+11	3,6E+11	3,8E+11	3,5E+11	3,7E+11	3,8E+11	3,5E+11	3,8E+11	3,8E+11	3,6E+11	3,9E+11	3,9E+11

**APÊNDICE A.2-2 - ATIVIDADES (Bq) ESPERADAS NO CENÁRIO II – ELEMENTOS LEVES (708H A 1380H)**

RN\T(h)	708	756	804	876	924	972	1044	1092	1140	1212	1260	1308	1380
<b>Na 24</b>	2,9E+11	3,0E+11	3,1E+11	2,9E+11	3,0E+11	3,1E+11	2,9E+11	3,0E+11	3,1E+11	2,9E+11	3,0E+11	3,1E+11	2,9E+11
<b>Si 31</b>	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05
<b>P 32</b>	9,3E+04	9,8E+04	1,0E+05	1,0E+05	1,1E+05	1,1E+05	1,1E+05	1,1E+05	1,1E+05	1,1E+05	1,1E+05	1,2E+05	1,1E+05
<b>Ca 45</b>	8,7E+06	9,3E+06	1,0E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,2E+07	1,2E+07	1,3E+07	1,4E+07	1,4E+07	1,5E+07	1,5E+07	1,6E+07
<b>Ca 47</b>	2,9E+05	3,0E+05	3,1E+05	2,9E+05	3,0E+05	3,2E+05	2,9E+05	3,0E+05	3,2E+05	2,9E+05	3,0E+05	3,2E+05	2,9E+05
<b>Sc 46</b>	2,1E+08	2,3E+08	2,4E+08	2,6E+08	2,7E+08	2,8E+08	3,0E+08	3,1E+08	3,2E+08	3,3E+08	3,5E+08	3,6E+08	3,7E+08
<b>Sc 47</b>	6,3E+08	6,8E+08	7,0E+08	6,4E+08	6,8E+08	7,0E+08	6,4E+08	6,8E+08	7,0E+08	6,4E+08	6,8E+08	7,0E+08	6,4E+08
<b>Sc 48</b>	7,0E+07	7,8E+07	8,1E+07	7,0E+07	7,8E+07	8,1E+07	7,0E+07	7,8E+07	8,1E+07	7,0E+07	7,8E+07	8,1E+07	7,0E+07
<b>Cr 51</b>	2,0E+08	2,2E+08	2,3E+08	2,3E+08	2,4E+08	2,5E+08	2,6E+08	2,7E+08	2,8E+08	2,8E+08	2,9E+08	2,9E+08	2,9E+08
<b>Mn 54</b>	2,7E+09	2,9E+09	3,1E+09	3,3E+09	3,5E+09	3,7E+09	3,8E+09	4,0E+09	4,2E+09	4,4E+09	4,6E+09	4,8E+09	5,0E+09
<b>Mn 56</b>	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08
<b>Fe 55</b>	7,1E+09	7,7E+09	8,2E+09	8,7E+09	9,3E+09	9,8E+09	1,0E+10	1,1E+10	1,1E+10	1,2E+10	1,3E+10	1,3E+10	1,4E+10
<b>Fe 59</b>	4,0E+09	4,3E+09	4,5E+09	4,7E+09	5,0E+09	5,2E+09	5,3E+09	5,6E+09	5,8E+09	5,9E+09	6,1E+09	6,3E+09	6,4E+09
<b>Co 60</b>	3,4E+06	3,7E+06	4,0E+06	4,2E+06	4,5E+06	4,7E+06	5,0E+06	5,3E+06	5,5E+06	5,8E+06	6,0E+06	6,3E+06	6,6E+06
<b>Ni 63</b>	7,5E+06	8,1E+06	8,6E+06	9,2E+06	9,8E+06	1,0E+07	1,1E+07	1,2E+07	1,2E+07	1,3E+07	1,3E+07	1,4E+07	1,4E+07
<b>Cu 64</b>	5,2E+10	5,5E+10	5,5E+10	5,2E+10	5,5E+10	5,5E+10	5,2E+10	5,5E+10	5,5E+10	5,2E+10	5,5E+10	5,5E+10	5,2E+10
<b>Cu 67</b>	1,9E+07	2,1E+07	2,2E+07	1,9E+07	2,1E+07	2,2E+07	1,9E+07	2,1E+07	2,2E+07	1,9E+07	2,1E+07	2,2E+07	1,9E+07
<b>Zn 65</b>	1,4E+10	1,5E+10	1,6E+10	1,7E+10	1,9E+10	2,0E+10	2,1E+10	2,2E+10	2,3E+10	2,4E+10	2,5E+10	2,6E+10	2,6E+10
<b>Zn 69</b>	4,5E+08	4,7E+08	4,8E+08	4,5E+08	4,7E+08	4,8E+08	4,5E+08	4,7E+08	4,8E+08	4,5E+08	4,7E+08	4,8E+08	4,5E+08
<b>Zn 69m</b>	4,2E+08	4,4E+08	4,4E+08	4,2E+08	4,4E+08	4,4E+08	4,2E+08	4,4E+08	4,4E+08	4,2E+08	4,4E+08	4,4E+08	4,2E+08
<b>Zn 71m</b>	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04
<b>TOTAL</b>	<b>3,7E+11</b>	<b>3,9E+11</b>	<b>4,0E+11</b>	<b>3,7E+11</b>	<b>4,0E+11</b>	<b>4,0E+11</b>	<b>3,8E+11</b>	<b>4,0E+11</b>	<b>4,1E+11</b>	<b>3,9E+11</b>	<b>4,1E+11</b>	<b>4,1E+11</b>	<b>3,9E+11</b>

**APÊNDICE A.2-3 - ATIVIDADES (Bq) ESPERADAS NO CENÁRIO II – ELEMENTOS LEVES (1428H A 2148H)**

RNT(h)	1428	1476	1548	1596	1644	1716	1764	1812	1884	1932	1980	2052	2100	2148
<b>Na 24</b>	3,0E+11	3,1E+11	2,9E+11	3,0E+11	3,1E+11	2,9E+11	3,0E+11	3,1E+11	2,9E+11	3,0E+11	3,1E+11	2,9E+11	3,0E+11	3,1E+11
<b>Si 31</b>	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05	8,5E+05
<b>P 32</b>	1,2E+05	1,2E+05	1,2E+05	1,2E+05	1,2E+05	1,2E+05	1,2E+05	1,2E+05	1,2E+05	1,2E+05	1,2E+05	1,2E+05	1,2E+05	1,2E+05
<b>Ca 45</b>	1,6E+07	1,7E+07	1,8E+07	1,8E+07	1,9E+07	1,9E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,2E+07	2,2E+07	2,3E+07	2,3E+07
<b>Ca 47</b>	3,0E+05	3,2E+05	2,9E+05	3,0E+05	3,2E+05	2,9E+05	3,0E+05	3,2E+05	2,9E+05	3,0E+05	3,2E+05	2,9E+05	3,1E+05	3,2E+05
<b>Sc 46</b>	3,8E+08	3,9E+08	4,0E+08	4,1E+08	4,3E+08	4,3E+08	4,5E+08	4,6E+08	4,6E+08	4,7E+08	4,9E+08	4,9E+08	5,0E+08	5,1E+08
<b>Sc 47</b>	6,8E+08	7,0E+08	6,4E+08	6,8E+08	7,0E+08	6,4E+08	6,8E+08	7,0E+08	6,4E+08	6,8E+08	7,0E+08	6,4E+08	6,8E+08	7,0E+08
<b>Sc 48</b>	7,8E+07	8,1E+07	7,0E+07	7,8E+07	8,1E+07	7,0E+07	7,8E+07	8,1E+07	7,0E+07	7,8E+07	8,1E+07	7,0E+07	7,8E+07	8,1E+07
<b>Cr 51</b>	3,0E+08	3,1E+08	3,1E+08	3,2E+08	3,2E+08	3,2E+08	3,3E+08	3,3E+08	3,3E+08	3,4E+08	3,4E+08	3,4E+08	3,4E+08	3,5E+08
<b>Mn 54</b>	5,2E+09	5,4E+09	5,5E+09	5,7E+09	5,9E+09	6,1E+09	6,3E+09	6,5E+09	6,6E+09	6,8E+09	7,0E+09	7,2E+09	7,3E+09	7,5E+09
<b>Mn 56</b>	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08	1,0E+08
<b>Fe 55</b>	1,4E+10	1,5E+10	1,5E+10	1,6E+10	1,6E+10	1,7E+10	1,7E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,9E+10	1,9E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,1E+10
<b>Fe 59</b>	6,6E+09	6,8E+09	6,8E+09	7,0E+09	7,2E+09	7,2E+09	7,4E+09	7,5E+09	7,6E+09	7,7E+09	7,9E+09	7,9E+09	8,0E+09	8,2E+09
<b>Co 60</b>	6,8E+06	7,1E+06	7,3E+06	7,6E+06	7,9E+06	8,1E+06	8,4E+06	8,6E+06	8,9E+06	9,1E+06	9,4E+06	9,7E+06	9,9E+06	1,0E+07
<b>Ni 63</b>	1,5E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,7E+07	1,7E+07	1,8E+07	1,8E+07	1,9E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,2E+07	2,3E+07
<b>Cu 64</b>	5,5E+10	5,5E+10	5,2E+10	5,5E+10	5,5E+10	5,2E+10	5,5E+10	5,5E+10	5,2E+10	5,5E+10	5,5E+10	5,2E+10	5,5E+10	5,5E+10
<b>Cu 67</b>	2,1E+07	2,2E+07	1,9E+07	2,1E+07	2,2E+07	1,9E+07	2,1E+07	2,2E+07	1,9E+07	2,1E+07	2,2E+07	1,9E+07	2,1E+07	2,2E+07
<b>Zn 65</b>	2,7E+10	2,8E+10	2,9E+10	3,0E+10	3,1E+10	3,2E+10	3,3E+10	3,4E+10	3,5E+10	3,6E+10	3,7E+10	3,8E+10	3,9E+10	4,0E+10
<b>Zn 69</b>	4,7E+08	4,8E+08	4,5E+08	4,7E+08	4,8E+08	4,5E+08	4,7E+08	4,8E+08	4,5E+08	4,7E+08	4,8E+08	4,5E+08	4,7E+08	4,8E+08
<b>Zn 69m</b>	4,4E+08	4,4E+08	4,2E+08	4,4E+08	4,4E+08	4,2E+08	4,4E+08	4,4E+08	4,2E+08	4,4E+08	4,4E+08	4,2E+08	4,4E+08	4,4E+08
<b>Zn 71m</b>	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04
<b>TOTAL</b>	<b>4,2E+11</b>	<b>4,2E+11</b>	<b>4,0E+11</b>	<b>4,2E+11</b>	<b>4,2E+11</b>	<b>4,0E+11</b>	<b>4,3E+11</b>	<b>4,3E+11</b>	<b>4,1E+11</b>	<b>4,3E+11</b>	<b>4,4E+11</b>	<b>4,1E+11</b>	<b>4,4E+11</b>	<b>4,4E+11</b>



**APÊNDICE A.2-4 - ATIVIDADES (Bq) ESPERADAS NO CENÁRIO II – ACTINÍDEOS (EOI A 636H)**

RNT(h)	EOI	12	36	84	132	204	252	300	372	420	468	540	588	636
<b>Th231</b>	5,3E+06	4,7E+06	4,0E+06	7,3E+06	1,1E+07	1,4E+07	1,7E+07	2,0E+07	2,3E+07	2,6E+07	2,9E+07	3,2E+07	3,6E+07	3,9E+07
<b>Th234</b>	3,6E+05	3,9E+05	4,3E+05	9,5E+05	1,5E+06	2,4E+06	3,1E+06	3,9E+06	5,0E+06	5,9E+06	6,9E+06	8,3E+06	9,3E+06	1,1E+07
<b>Pa232</b>	4,4E+04	3,4E+04	2,0E+04	2,7E+04	3,1E+04	2,6E+04	2,9E+04	3,0E+04	2,6E+04	2,9E+04	3,0E+04	2,6E+04	2,9E+04	3,0E+04
<b>Pa234m</b>	3,6E+05	3,9E+05	4,3E+05	9,5E+05	1,5E+06	2,4E+06	3,1E+06	3,9E+06	5,0E+06	5,9E+06	6,9E+06	8,3E+06	9,3E+06	1,1E+07
<b>U234</b>	2,7E+08	2,7E+08	2,7E+08	5,5E+08	8,2E+08	1,1E+09	1,4E+09	1,6E+09	1,9E+09	2,2E+09	2,5E+09	2,7E+09	3,0E+09	3,3E+09
<b>U235</b>	3,1E+06	3,1E+06	3,1E+06	6,3E+06	9,4E+06	1,3E+07	1,6E+07	1,9E+07	2,2E+07	2,5E+07	2,8E+07	3,1E+07	3,4E+07	3,8E+07
<b>U236</b>	4,2E+05	4,2E+05	4,2E+05	8,4E+05	1,3E+06	1,7E+06	2,1E+06	2,5E+06	3,0E+06	3,4E+06	3,8E+06	4,2E+06	4,6E+06	5,1E+06
<b>U237</b>	1,5E+12	1,4E+12	1,3E+12	2,3E+12	3,2E+12	3,5E+12	4,1E+12	4,6E+12	4,7E+12	5,0E+12	5,4E+12	5,2E+12	5,5E+12	5,7E+12
<b>U238</b>	2,0E+06	2,0E+06	2,0E+06	4,0E+06	6,0E+06	8,0E+06	9,9E+06	1,2E+07	1,4E+07	1,6E+07	1,8E+07	2,0E+07	2,2E+07	2,4E+07
<b>Np236m</b>	1,9E+05	1,3E+05	6,2E+04	7,6E+04	8,3E+04	7,1E+04	7,8E+04	8,0E+04	7,1E+04	7,8E+04	8,0E+04	7,1E+04	7,8E+04	8,0E+04
<b>Np238</b>	4,6E+09	3,9E+09	2,8E+09	4,2E+09	5,3E+09	4,7E+09	5,2E+09	5,5E+09	4,8E+09	5,3E+09	5,5E+09	4,9E+09	5,3E+09	5,6E+09
<b>Np239</b>	2,4E+14	2,0E+14	1,5E+14	2,4E+14	3,0E+14	2,7E+14	3,0E+14	3,2E+14	2,9E+14	3,1E+14	3,3E+14	2,9E+14	3,1E+14	3,3E+14
<b>Pu238</b>	1,9E+05	2,4E+05	3,1E+05	7,1E+05	1,1E+06	1,7E+06	2,1E+06	2,6E+06	3,2E+06	3,6E+06	4,1E+06	4,6E+06	5,1E+06	5,6E+06
<b>Pu239</b>	8,4E+07	9,2E+07	1,1E+08	2,3E+08	3,6E+08	5,2E+08	6,5E+08	8,0E+08	9,5E+08	1,1E+09	1,2E+09	1,4E+09	1,5E+09	1,7E+09
<b>Pu240</b>	3,9E+06	3,9E+06	3,9E+06	7,8E+06	1,2E+07	1,6E+07	2,0E+07	2,3E+07	2,7E+07	3,1E+07	3,5E+07	3,9E+07	4,3E+07	4,7E+07
<b>Pu241</b>	2,8E+07	2,8E+07	2,8E+07	5,6E+07	8,4E+07	1,1E+08	1,4E+08	1,7E+08	2,0E+08	2,2E+08	2,5E+08	2,8E+08	3,1E+08	3,4E+08
<b>Pu243</b>	1,8E+06	3,3E+05	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04
<b>Am242</b>	2,3E+05	1,4E+05	4,9E+04	5,5E+04	5,7E+04	5,1E+04	5,5E+04	5,6E+04	5,1E+04	5,5E+04	5,6E+04	5,1E+04	5,5E+04	5,6E+04
<b>TOTAL</b>	<b>2,4E+14</b>	<b>2,1E+14</b>	<b>1,5E+14</b>	<b>2,4E+14</b>	<b>3,0E+14</b>	<b>2,7E+14</b>	<b>3,1E+14</b>	<b>3,3E+14</b>	<b>2,9E+14</b>	<b>3,2E+14</b>	<b>3,3E+14</b>	<b>2,9E+14</b>	<b>3,2E+14</b>	<b>3,3E+14</b>

### APÊNDICE A.2-5 - ATIVIDADES (Bq) ESPERADAS NO CENÁRIO II – ACTINÍDEOS (708H A 1428H)

RNT(h)	708	756	804	876	924	972	1044	1092	1140	1212	1260	1308	1380	1428
Th231	4,2E+07	4,5E+07	4,8E+07	5,1E+07	5,4E+07	5,7E+07	6,0E+07	6,4E+07	6,7E+07	7,0E+07	7,3E+07	7,6E+07	7,9E+07	8,2E+07
Th234	1,2E+07	1,3E+07	1,5E+07	1,6E+07	1,8E+07	1,9E+07	2,1E+07	2,2E+07	2,4E+07	2,5E+07	2,7E+07	2,8E+07	3,0E+07	3,2E+07
Pa232	2,6E+04	2,9E+04	3,0E+04	2,6E+04	2,9E+04	3,0E+04	2,6E+04	2,9E+04	3,0E+04	2,6E+04	2,9E+04	3,0E+04	2,6E+04	2,9E+04
Pa234m	1,2E+07	1,3E+07	1,5E+07	1,6E+07	1,8E+07	1,9E+07	2,1E+07	2,2E+07	2,4E+07	2,5E+07	2,7E+07	2,8E+07	3,0E+07	3,2E+07
U234	3,6E+09	3,8E+09	4,1E+09	4,4E+09	4,7E+09	4,9E+09	5,2E+09	5,5E+09	5,7E+09	6,0E+09	6,3E+09	6,6E+09	6,8E+09	7,1E+09
U235	4,1E+07	4,4E+07	4,7E+07	5,0E+07	5,3E+07	5,6E+07	5,9E+07	6,3E+07	6,6E+07	6,9E+07	7,2E+07	7,5E+07	7,8E+07	8,1E+07
U236	5,5E+06	5,9E+06	6,3E+06	6,8E+06	7,2E+06	7,6E+06	8,0E+06	8,4E+06	8,9E+06	9,3E+06	9,7E+06	1,0E+07	1,1E+07	1,1E+07
U237	5,5E+12	5,7E+12	5,9E+12	5,6E+12	5,8E+12	6,0E+12	5,7E+12	5,9E+12	6,0E+12	5,7E+12	5,9E+12	6,0E+12	5,7E+12	5,9E+12
U238	2,6E+07	2,8E+07	3,0E+07	3,2E+07	3,4E+07	3,6E+07	3,8E+07	4,0E+07	4,2E+07	4,4E+07	4,6E+07	4,8E+07	5,0E+07	5,2E+07
Np236m	7,1E+04	7,8E+04	8,0E+04	7,1E+04	7,8E+04	8,0E+04	7,1E+04	7,8E+04	8,0E+04	7,1E+04	7,8E+04	8,0E+04	7,1E+04	7,8E+04
Np238	4,9E+09	5,3E+09	5,6E+09	4,9E+09	5,3E+09	5,6E+09	4,9E+09	5,3E+09	5,6E+09	4,9E+09	5,3E+09	5,6E+09	4,9E+09	5,3E+09
Np239	2,9E+14	3,1E+14	3,3E+14	2,9E+14	3,1E+14	3,3E+14	2,9E+14	3,1E+14	3,3E+14	2,9E+14	3,1E+14	3,3E+14	2,9E+14	3,1E+14
Pu238	6,1E+06	6,6E+06	7,1E+06	7,6E+06	8,1E+06	8,5E+06	9,1E+06	9,6E+06	1,0E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,2E+07	1,2E+07	1,3E+07
Pu239	1,8E+09	2,0E+09	2,1E+09	2,3E+09	2,4E+09	2,6E+09	2,7E+09	2,9E+09	3,0E+09	3,2E+09	3,3E+09	3,4E+09	3,6E+09	3,7E+09
Pu240	5,1E+07	5,5E+07	5,9E+07	6,2E+07	6,6E+07	7,0E+07	7,4E+07	7,8E+07	8,2E+07	8,6E+07	9,0E+07	9,4E+07	9,8E+07	1,0E+08
Pu241	3,6E+08	3,9E+08	4,2E+08	4,5E+08	4,7E+08	5,0E+08	5,3E+08	5,6E+08	5,9E+08	6,1E+08	6,4E+08	6,7E+08	7,0E+08	7,2E+08
Pu243	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04
Am242	5,1E+04	5,5E+04	5,6E+04	5,1E+04	5,5E+04	5,6E+04	5,1E+04	5,5E+04	5,6E+04	5,1E+04	5,5E+04	5,6E+04	5,1E+04	5,5E+04
<b>TOTAL</b>	<b>2,9E+14</b>	<b>3,2E+14</b>	<b>3,3E+14</b>	<b>2,9E+14</b>	<b>3,2E+14</b>	<b>3,3E+14</b>	<b>2,9E+14</b>	<b>3,2E+14</b>	<b>3,3E+14</b>	<b>2,9E+14</b>	<b>3,2E+14</b>	<b>3,3E+14</b>	<b>2,9E+14</b>	<b>3,2E+14</b>

**APÊNDICE A.2- 6 - ATIVIDADES (BQ) ESPERADAS NO CENÁRIO II – ACTINÍDEOS (1476H A 2148H)**

RNVT(h)	1476	1548	1596	1644	1716	1764	1812	1884	1932	1980	2052	2100	2148
<b>Th231</b>	8,6E+07	8,9E+07	9,2E+07	9,5E+07	9,8E+07	1,0E+08	1,0E+08	1,1E+08	1,1E+08	1,1E+08	1,2E+08	1,2E+08	1,2E+08
<b>Th234</b>	3,3E+07	3,6E+07	3,7E+07	3,9E+07	4,1E+07	4,2E+07	4,4E+07	4,6E+07	4,8E+07	5,0E+07	5,2E+07	5,3E+07	5,5E+07
<b>Pa232</b>	3,0E+04	2,6E+04	2,9E+04	3,0E+04	2,6E+04	2,9E+04	3,0E+04	2,6E+04	2,9E+04	3,0E+04	2,6E+04	2,9E+04	3,0E+04
<b>Pa234m</b>	3,3E+07	3,6E+07	3,7E+07	3,9E+07	4,1E+07	4,2E+07	4,4E+07	4,6E+07	4,8E+07	5,0E+07	5,2E+07	5,3E+07	5,5E+07
<b>U234</b>	7,4E+09	7,7E+09	7,9E+09	8,2E+09	8,5E+09	8,8E+09	9,0E+09	9,3E+09	9,6E+09	9,8E+09	1,0E+10	1,0E+10	1,1E+10
<b>U235</b>	8,4E+07	8,8E+07	9,1E+07	9,4E+07	9,7E+07	1,0E+08	1,0E+08	1,1E+08	1,1E+08	1,1E+08	1,2E+08	1,2E+08	1,2E+08
<b>U236</b>	1,1E+07	1,2E+07	1,2E+07	1,3E+07	1,3E+07	1,4E+07	1,4E+07	1,4E+07	1,5E+07	1,5E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07
<b>U237</b>	6,1E+12	5,7E+12	5,9E+12	6,1E+12	5,7E+12	5,9E+12	6,1E+12	5,7E+12	5,9E+12	6,1E+12	5,7E+12	5,9E+12	6,1E+12
<b>U238</b>	5,4E+07	5,6E+07	5,8E+07	6,0E+07	6,2E+07	6,4E+07	6,6E+07	6,8E+07	7,0E+07	7,2E+07	7,4E+07	7,6E+07	7,8E+07
<b>Np236m</b>	8,0E+04	7,1E+04	7,8E+04	8,0E+04	7,1E+04	7,8E+04	8,0E+04	7,1E+04	7,8E+04	8,0E+04	7,1E+04	7,8E+04	8,0E+04
<b>Np238</b>	5,6E+09	4,9E+09	5,3E+09	5,6E+09	4,9E+09	5,3E+09	5,6E+09	4,9E+09	5,3E+09	5,6E+09	4,9E+09	5,3E+09	5,6E+09
<b>Np239</b>	3,3E+14	2,9E+14	3,1E+14	3,3E+14	2,9E+14	3,1E+14	3,3E+14	2,9E+14	3,1E+14	3,3E+14	2,9E+14	3,1E+14	3,3E+14
<b>Pu238</b>	1,3E+07	1,4E+07	1,4E+07	1,5E+07	1,5E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,7E+07	1,7E+07	1,7E+07	1,8E+07	1,8E+07	1,9E+07
<b>Pu239</b>	3,9E+09	4,0E+09	4,2E+09	4,3E+09	4,5E+09	4,6E+09	4,8E+09	4,9E+09	5,1E+09	5,2E+09	5,4E+09	5,5E+09	5,6E+09
<b>Pu240</b>	1,1E+08	1,1E+08	1,1E+08	1,2E+08	1,2E+08	1,3E+08	1,3E+08	1,3E+08	1,4E+08	1,4E+08	1,4E+08	1,5E+08	1,5E+08
<b>Pu241</b>	7,5E+08	7,8E+08	8,1E+08	8,4E+08	8,6E+08	8,9E+08	9,2E+08	9,5E+08	9,7E+08	1,0E+09	1,0E+09	1,1E+09	1,1E+09
<b>Pu243</b>	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04
<b>Am242</b>	5,6E+04	5,1E+04	5,5E+04	5,6E+04	5,1E+04	5,5E+04	5,6E+04	5,1E+04	5,5E+04	5,6E+04	5,1E+04	5,5E+04	5,6E+04
<b>TOTAL</b>	<b>3,3E+14</b>	<b>2,9E+14</b>	<b>3,2E+14</b>	<b>3,3E+14</b>	<b>2,9E+14</b>	<b>3,2E+14</b>	<b>3,3E+14</b>	<b>2,9E+14</b>	<b>3,2E+14</b>	<b>3,3E+14</b>	<b>2,9E+14</b>	<b>3,2E+14</b>	<b>3,3E+14</b>

**APÊNDICE A.2- 7 - ATIVIDADES (Bq) ESPERADAS NO CENÁRIO II – PRODUTOS DE FISSÃO (EOI A 636H)**

RNIT(h)	EOI	12	36	84	132	204	252	300	372	420	468	540	588	636
H 3	3,6E+08	3,6E+08	3,6E+08	7,3E+08	1,1E+09	1,5E+09	1,8E+09	2,2E+09	2,5E+09	2,9E+09	3,3E+09	3,6E+09	4,0E+09	4,3E+09
Ni 66	3,2E+06	2,7E+06	2,0E+06	3,1E+06	3,9E+06	3,5E+06	3,9E+06	4,1E+06	3,6E+06	4,0E+06	4,2E+06	3,7E+06	4,0E+06	4,2E+06
Cu 66	3,2E+06	2,7E+06	2,0E+06	3,1E+06	3,9E+06	3,5E+06	3,9E+06	4,1E+06	3,6E+06	4,0E+06	4,2E+06	3,7E+06	4,0E+06	4,2E+06
Cu 67	1,6E+07	1,4E+07	1,1E+07	1,7E+07	2,1E+07	2,0E+07	2,2E+07	2,3E+07	2,1E+07	2,3E+07	2,4E+07	2,1E+07	2,3E+07	2,4E+07
Zn 71m	1,2E+07	1,5E+06	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04
Zn 72	8,4E+08	7,0E+08	4,9E+08	7,3E+08	9,0E+08	7,8E+08	8,7E+08	9,1E+08	8,0E+08	8,8E+08	9,2E+08	8,0E+08	8,8E+08	9,2E+08
Ga 72	8,4E+08	8,0E+08	6,4E+08	9,8E+08	1,2E+09	1,1E+09	1,2E+09	1,2E+09	1,1E+09	1,2E+09	1,3E+09	1,1E+09	1,2E+09	1,3E+09
Ga 73	3,4E+09	6,2E+08	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07
Ge 73m	3,4E+09	6,1E+08	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07
As 76	3,3E+07	2,4E+07	1,3E+07	1,7E+07	1,8E+07	1,6E+07	1,7E+07	1,8E+07	1,6E+07	1,7E+07	1,8E+07	1,6E+07	1,7E+07	1,8E+07
Ge 77	7,1E+10	3,4E+10	7,8E+09	8,2E+09	8,3E+09	7,9E+09	8,2E+09	8,2E+09	7,9E+09	8,2E+09	8,2E+09	7,9E+09	8,2E+09	8,2E+09
As 77	2,4E+11	2,1E+11	1,4E+11	2,0E+11	2,4E+11	2,0E+11	2,3E+11	2,4E+11	2,1E+11	2,3E+11	2,4E+11	2,1E+11	2,3E+11	2,4E+11
Se 77m	7,8E+08	6,6E+08	4,5E+08	6,4E+08	7,7E+08	6,5E+08	7,3E+08	7,6E+08	6,6E+08	7,3E+08	7,6E+08	6,6E+08	7,3E+08	7,6E+08
Ge 78	6,9E+11	2,4E+09	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04
As 78	6,9E+11	1,7E+10	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05
Se 79	6,7E+04	6,7E+04	6,7E+04	1,3E+05	2,0E+05	2,7E+05	3,4E+05	4,0E+05	4,7E+05	5,4E+05	6,0E+05	6,7E+05	7,4E+05	8,1E+05
Br 80	5,0E+06	6,1E+05	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04
Br 80m	3,8E+06	5,7E+05	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04
Br 82	5,9E+09	4,7E+09	2,9E+09	4,1E+09	4,8E+09	4,0E+09	4,5E+09	4,7E+09	4,1E+09	4,5E+09	4,7E+09	4,1E+09	4,5E+09	4,7E+09
Br 83	1,8E+13	6,1E+11	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08
Kr 83m	1,8E+13	1,9E+12	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09
Rb 84	1,5E+05	1,5E+05	1,4E+05	2,8E+05	4,2E+05	5,3E+05	6,6E+05	7,7E+05	8,7E+05	9,8E+05	1,1E+06	1,2E+06	1,3E+06	1,4E+06
Kr 85	1,2E+10	1,2E+10	1,2E+10	2,4E+10	3,6E+10	4,8E+10	6,0E+10	7,3E+10	8,5E+10	9,7E+10	1,1E+11	1,2E+11	1,3E+11	1,5E+11
Kr 85m	4,2E+13	6,6E+12	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11
Rb 86	5,1E+08	5,0E+08	4,8E+08	9,3E+08	1,4E+09	1,7E+09	2,0E+09	2,4E+09	2,6E+09	2,9E+09	3,2E+09	3,3E+09	3,6E+09	3,8E+09
Kr 87	8,4E+13	1,2E+11	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05
Kr 88	1,2E+14	6,2E+12	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10
Rb 88	1,2E+14	6,9E+12	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10
Sr 89	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	2,8E+13	4,1E+13	5,4E+13	6,6E+13	7,8E+13	8,9E+13	1,0E+14	1,1E+14	1,2E+14	1,3E+14	1,4E+14
Y 89m	1,3E+09	1,3E+09	1,3E+09	2,6E+09	3,8E+09	5,0E+09	6,2E+09	7,3E+09	8,3E+09	9,4E+09	1,0E+10	1,1E+10	1,2E+10	1,3E+10
Sr 90	9,0E+10	9,1E+10	9,0E+10	1,8E+11	2,7E+11	3,6E+11	4,5E+11	5,4E+11	6,3E+11	7,2E+11	8,1E+11	9,0E+11	9,9E+11	1,1E+12
Y 90	4,9E+10	5,4E+10	6,3E+10	1,4E+11	2,1E+11	3,1E+11	3,9E+11	4,8E+11	5,8E+11	6,6E+11	7,5E+11	8,5E+11	9,3E+11	1,0E+12
Y 90m	1,5E+08	1,1E+07	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04
Sr 91	1,9E+14	8,0E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,5E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13
Y 91	1,4E+13	1,5E+13	1,5E+13	3,0E+13	4,5E+13	5,8E+13	7,2E+13	8,6E+13	9,8E+13	1,1E+14	1,2E+14	1,3E+14	1,5E+14	1,6E+14
Y 91m	1,1E+14	5,1E+13	8,9E+12	9,2E+12	9,2E+12	8,9E+12	9,2E+12	9,2E+12	8,9E+12	9,2E+12	9,2E+12	8,9E+12	9,2E+12	9,2E+12
Sr 92	2,0E+14	9,1E+12	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10
Y 92	2,0E+14	5,0E+13	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11
Y 93	2,1E+14	9,3E+13	1,8E+13	1,9E+13	1,9E+13	1,8E+13	1,9E+13	1,9E+13	1,8E+13	1,9E+13	1,9E+13	1,8E+13	1,9E+13	1,9E+13
Zr 93	1,7E+06	1,8E+06	1,8E+06	3,7E+06	5,5E+06	7,3E+06	9,2E+06	1,1E+07	1,3E+07	1,5E+07	1,7E+07	1,8E+07	2,0E+07	2,2E+07
Zr 95	1,6E+13	1,6E+13	1,6E+13	3,1E+13	4,6E+13	6,0E+13	7,4E+13	8,8E+13	1,0E+14	1,1E+14	1,3E+14	1,4E+14	1,5E+14	1,6E+14

RN/T(h)	EOI	12	36	84	132	204	252	300	372	420	468	540	588	636
Nb 95	1,1E+12	1,2E+12	1,5E+12	3,5E+12	5,8E+12	9,7E+12	1,3E+13	1,7E+13	2,2E+13	2,7E+13	3,2E+13	3,9E+13	4,4E+13	5,0E+13
Nb 95m	8,0E+10	8,9E+10	1,0E+11	2,3E+11	3,6E+11	5,3E+11	6,7E+11	8,2E+11	9,9E+11	1,1E+12	1,3E+12	1,4E+12	1,6E+12	1,7E+12
Nb 96	2,0E+10	1,4E+10	6,9E+09	8,5E+09	9,3E+09	7,9E+09	8,8E+09	9,0E+09	7,9E+09	8,8E+09	9,0E+09	7,9E+09	8,8E+09	9,0E+09
Zr 97	2,0E+14	1,2E+14	4,6E+13	5,2E+13	5,4E+13	4,8E+13	5,2E+13	5,3E+13	4,8E+13	5,2E+13	5,3E+13	4,8E+13	5,2E+13	5,3E+13
Nb 97	2,0E+14	1,3E+14	4,6E+13	5,2E+13	5,4E+13	4,8E+13	5,2E+13	5,3E+13	4,8E+13	5,2E+13	5,3E+13	4,8E+13	5,2E+13	5,3E+13
Nb 97m	1,9E+14	1,2E+14	4,3E+13	4,9E+13	5,1E+13	4,6E+13	5,0E+13	5,0E+13	4,6E+13	5,0E+13	5,0E+13	4,6E+13	5,0E+13	5,0E+13
Mo 99	2,5E+13	2,2E+13	1,7E+13	2,8E+13	3,6E+13	3,3E+13	3,8E+13	4,0E+13	3,6E+13	3,9E+13	4,1E+13	3,7E+13	3,9E+13	4,1E+13
Tc 99	5,4E+06	6,0E+06	7,0E+06	1,5E+07	2,4E+07	3,5E+07	4,5E+07	5,5E+07	6,6E+07	7,6E+07	8,7E+07	9,8E+07	1,1E+08	1,2E+08
Tc 99m	2,2E+13	2,1E+13	1,7E+13	2,7E+13	3,5E+13	3,2E+13	3,6E+13	3,9E+13	3,5E+13	3,8E+13	4,0E+13	3,5E+13	3,8E+13	4,0E+13
Ru103	1,2E+13	1,2E+13	1,2E+13	2,3E+13	3,4E+13	4,3E+13	5,3E+13	6,3E+13	7,1E+13	8,1E+13	8,9E+13	9,6E+13	1,0E+14	1,1E+14
Rh103m	1,2E+13	1,2E+13	1,2E+13	2,3E+13	3,4E+13	4,3E+13	5,3E+13	6,3E+13	7,1E+13	8,0E+13	8,9E+13	9,6E+13	1,0E+14	1,1E+14
Ru105	3,3E+13	5,3E+12	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11
Rh105	2,8E+13	2,5E+13	1,6E+13	2,2E+13	2,6E+13	2,2E+13	2,5E+13	2,6E+13	2,2E+13	2,5E+13	2,6E+13	2,2E+13	2,5E+13	2,6E+13
Rh105m	9,4E+12	1,5E+12	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10
Ru106	1,8E+11	1,8E+11	1,8E+11	3,7E+11	5,5E+11	7,3E+11	9,1E+11	1,1E+12	1,3E+12	1,4E+12	1,6E+12	1,8E+12	2,0E+12	2,1E+12
Rh106	2,5E+12	1,8E+11	1,8E+11	3,7E+11	5,5E+11	7,3E+11	9,1E+11	1,1E+12	1,3E+12	1,4E+12	1,6E+12	1,8E+12	2,0E+12	2,1E+12
Rh106m	1,1E+12	2,3E+10	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07
Pd107	1,1E+04	1,1E+04	1,1E+04	2,2E+04	3,3E+04	4,4E+04	5,5E+04	6,6E+04	7,7E+04	8,7E+04	9,8E+04	1,1E+05	1,2E+05	1,3E+05
Pd109	1,2E+12	6,5E+11	1,9E+11	2,1E+11	2,2E+11	2,0E+11	2,1E+11	2,1E+11	2,0E+11	2,1E+11	2,1E+11	2,0E+11	2,1E+11	2,1E+11
Ag109m	1,2E+12	6,5E+11	1,9E+11	2,1E+11	2,2E+11	2,0E+11	2,1E+11	2,1E+11	2,0E+11	2,1E+11	2,1E+11	2,0E+11	2,1E+11	2,1E+11
Ag110	1,6E+10	8,4E+04	8,4E+04	1,7E+05	2,5E+05	3,3E+05	4,1E+05	4,9E+05	5,7E+05	6,5E+05	7,3E+05	8,1E+05	8,9E+05	9,7E+05
Ag110m	6,2E+06	6,2E+06	6,1E+06	1,2E+07	1,8E+07	2,4E+07	3,0E+07	3,6E+07	4,2E+07	4,8E+07	5,4E+07	6,0E+07	6,6E+07	7,1E+07
Pd111	6,0E+11	2,9E+07	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06
Pd111m	1,7E+08	3,7E+07	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06
Ag111	2,8E+11	2,7E+11	2,5E+11	4,5E+11	6,4E+11	7,2E+11	8,4E+11	9,5E+11	9,6E+11	1,1E+12	1,1E+12	1,1E+12	1,2E+12	1,2E+12
Ag111m	6,0E+11	3,6E+07	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06
Pd112	4,5E+11	3,0E+11	1,4E+11	1,7E+11	1,8E+11	1,5E+11	1,7E+11	1,7E+11	1,5E+11	1,7E+11	1,7E+11	1,5E+11	1,7E+11	1,7E+11
Ag112	4,5E+11	3,5E+11	1,6E+11	1,9E+11	2,1E+11	1,8E+11	2,0E+11	2,0E+11	1,8E+11	2,0E+11	2,0E+11	1,8E+11	2,0E+11	2,0E+11
Ag113	4,7E+11	9,9E+10	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09
Cd113m	3,6E+06	3,9E+06	3,9E+06	7,8E+06	1,2E+07	1,6E+07	2,0E+07	2,4E+07	2,7E+07	3,1E+07	3,5E+07	3,9E+07	4,3E+07	4,7E+07
Cd115	3,6E+11	3,1E+11	2,3E+11	3,5E+11	4,4E+11	3,9E+11	4,4E+11	4,7E+11	4,1E+11	4,5E+11	4,7E+11	4,1E+11	4,5E+11	4,7E+11
Cd115m	1,7E+09	1,7E+09	1,6E+09	3,2E+09	4,8E+09	6,2E+09	7,6E+09	9,0E+09	1,0E+10	1,2E+10	1,3E+10	1,4E+10	1,5E+10	1,6E+10
In115m	3,6E+11	3,4E+11	2,5E+11	3,8E+11	4,8E+11	4,3E+11	4,8E+11	5,1E+11	4,5E+11	4,9E+11	5,1E+11	4,5E+11	4,9E+11	5,1E+11
Cd117	3,6E+11	1,3E+10	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07
Cd117m	7,1E+10	6,0E+09	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07
In117	2,6E+11	2,8E+10	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07
In117m	3,3E+11	3,7E+10	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07
Sn117m	2,4E+08	2,4E+08	2,3E+08	4,4E+08	6,4E+08	7,7E+08	9,3E+08	1,1E+09	1,2E+09	1,3E+09	1,4E+09	1,4E+09	1,5E+09	1,6E+09
Sn119m	2,9E+07	2,9E+07	2,9E+07	5,8E+07	8,7E+07	1,2E+08	1,4E+08	1,7E+08	2,0E+08	2,3E+08	2,6E+08	2,8E+08	3,1E+08	3,4E+08
Sn121	4,1E+11	3,0E+11	1,6E+11	2,1E+11	2,4E+11	2,0E+11	2,2E+11	2,3E+11	2,0E+11	2,2E+11	2,3E+11	2,0E+11	2,2E+11	2,3E+11
Sn121m	5,9E+06	5,9E+06	5,9E+06	1,2E+07	1,8E+07	2,4E+07	2,9E+07	3,5E+07	4,1E+07	4,7E+07	5,3E+07	5,9E+07	6,5E+07	7,1E+07
Sb122	3,6E+08	3,2E+08	2,5E+08	3,9E+08	5,1E+08	4,7E+08	5,3E+08	5,6E+08	5,1E+08	5,5E+08	5,8E+08	5,1E+08	5,5E+08	5,8E+08
Sn123	1,5E+09	1,5E+09	1,5E+09	2,9E+09	4,4E+09	5,8E+09	7,2E+09	8,6E+09	9,9E+09	1,1E+10	1,3E+10	1,4E+10	1,5E+10	1,7E+10

RNT(h)	EOI	12	36	84	132	204	252	300	372	420	468	540	588	636
<b>Sb124</b>	4,8E+07	4,7E+07	4,7E+07	9,2E+07	1,4E+08	1,8E+08	2,2E+08	2,6E+08	3,0E+08	3,4E+08	3,8E+08	4,1E+08	4,5E+08	4,9E+08
<b>Sn125</b>	1,3E+11	1,2E+11	1,1E+11	2,1E+11	3,0E+11	3,5E+11	4,2E+11	4,8E+11	5,0E+11	5,4E+11	5,8E+11	5,8E+11	6,2E+11	6,5E+11
<b>Sb125</b>	4,3E+09	4,4E+09	4,5E+09	9,0E+09	1,4E+10	1,9E+10	2,4E+10	2,9E+10	3,4E+10	3,9E+10	4,4E+10	4,9E+10	5,5E+10	6,0E+10
<b>Te125m</b>	4,0E+07	4,5E+07	5,7E+07	1,4E+08	2,3E+08	4,0E+08	5,5E+08	7,3E+08	9,9E+08	1,2E+09	1,5E+09	1,8E+09	2,1E+09	2,4E+09
<b>Sn126</b>	2,5E+05	2,5E+05	2,5E+05	5,0E+05	7,5E+05	1,0E+06	1,3E+06	1,5E+06	1,8E+06	2,0E+06	2,3E+06	2,5E+06	2,8E+06	3,0E+06
<b>Sb126</b>	9,6E+09	9,3E+09	8,8E+09	1,7E+10	2,4E+10	2,9E+10	3,5E+10	4,0E+10	4,2E+10	4,7E+10	5,1E+10	5,2E+10	5,5E+10	5,8E+10
<b>Sb126m</b>	5,6E+10	2,5E+05	2,5E+05	5,0E+05	7,5E+05	1,0E+06	1,3E+06	1,5E+06	1,8E+06	2,0E+06	2,3E+06	2,5E+06	2,8E+06	3,0E+06
<b>I126</b>	2,3E+03	2,3E+03	2,2E+03	4,1E+03	5,9E+03	7,1E+03	8,6E+03	9,9E+03	1,1E+04	1,2E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,4E+04	1,5E+04
<b>Sn127</b>	3,1E+12	5,9E+10	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07
<b>Sb127</b>	3,7E+12	3,5E+12	2,9E+12	4,9E+12	6,6E+12	6,6E+12	7,5E+12	8,1E+12	7,6E+12	8,2E+12	8,6E+12	7,9E+12	8,4E+12	8,7E+12
<b>Te127</b>	3,0E+12	3,0E+12	2,6E+12	4,5E+12	6,1E+12	6,1E+12	7,0E+12	7,6E+12	7,2E+12	7,7E+12	8,1E+12	7,5E+12	8,0E+12	8,4E+12
<b>Te127m</b>	1,7E+10	1,9E+10	2,3E+10	5,0E+10	8,0E+10	1,2E+11	1,5E+11	1,9E+11	2,3E+11	2,6E+11	2,9E+11	3,3E+11	3,7E+11	4,0E+11
<b>Sb128</b>	7,6E+11	3,3E+11	5,1E+10	5,3E+10	5,3E+10	5,2E+10	5,3E+10	5,3E+10	5,2E+10	5,3E+10	5,3E+10	5,2E+10	5,3E+10	5,3E+10
<b>Sb129</b>	1,8E+13	2,8E+12	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10
<b>Te129</b>	1,5E+13	3,4E+12	3,5E+11	6,1E+11	8,7E+11	1,1E+12	1,3E+12	1,6E+12	1,7E+12	2,0E+12	2,2E+12	2,3E+12	2,5E+12	2,7E+12
<b>Te129m</b>	4,3E+11	4,4E+11	4,3E+11	8,5E+11	1,3E+12	1,6E+12	2,0E+12	2,3E+12	2,6E+12	2,9E+12	3,3E+12	3,5E+12	3,8E+12	4,1E+12
<b>I129</b>	6,1E+02	6,4E+02	6,5E+02	1,3E+03	2,0E+03	2,6E+03	3,3E+03	4,0E+03	4,7E+03	5,3E+03	6,0E+03	6,7E+03	7,4E+03	8,1E+03
<b>Xe129m</b>	2,6E+04	2,5E+04	2,3E+04	4,2E+04	6,0E+04	6,9E+04	8,2E+04	9,3E+04	9,6E+04	1,1E+05	1,1E+05	1,1E+05	1,2E+05	1,2E+05
<b>I130</b>	1,2E+09	6,3E+08	1,6E+08	1,8E+08	1,8E+08	1,7E+08	1,8E+08	1,8E+08	1,7E+08	1,8E+08	1,8E+08	1,7E+08	1,8E+08	1,8E+08
<b>Te131</b>	8,5E+13	2,3E+12	1,3E+12	1,7E+12	2,0E+12	1,7E+12	1,9E+12	1,9E+12	1,7E+12	1,9E+12	1,9E+12	1,7E+12	1,9E+12	1,9E+12
<b>Te131m</b>	1,3E+13	1,0E+13	5,8E+12	7,7E+12	8,8E+12	7,4E+12	8,2E+12	8,5E+12	7,4E+12	8,2E+12	8,5E+12	7,4E+12	8,2E+12	8,5E+12
<b>I131</b>	2,1E+12	2,1E+12	1,9E+12	3,6E+12	5,1E+12	5,8E+12	6,8E+12	7,7E+12	7,9E+12	8,6E+12	9,2E+12	9,1E+12	9,6E+12	1,0E+13
<b>Xe131m</b>	8,8E+10	9,8E+10	1,2E+11	2,6E+11	4,2E+11	6,3E+11	8,1E+11	9,8E+11	1,2E+12	1,3E+12	1,5E+12	1,7E+12	1,8E+12	1,9E+12
<b>Te132</b>	1,1E+14	1,0E+14	8,1E+13	1,3E+14	1,8E+14	1,7E+14	1,9E+14	2,1E+14	1,9E+14	2,0E+14	2,1E+14	1,9E+14	2,1E+14	2,2E+14
<b>I132</b>	5,6E+12	5,1E+12	4,2E+12	6,9E+12	9,1E+12	8,7E+12	9,9E+12	1,1E+13	9,8E+12	1,1E+13	1,1E+13	1,0E+13	1,1E+13	1,1E+13
<b>Cs132</b>	5,3E+06	5,0E+06	4,5E+06	8,2E+06	1,1E+07	1,3E+07	1,5E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,8E+07	1,9E+07	1,8E+07	1,9E+07	2,0E+07
<b>I133</b>	1,1E+13	7,6E+12	3,4E+12	4,1E+12	4,4E+12	3,8E+12	4,2E+12	4,3E+12	3,8E+12	4,2E+12	4,3E+12	3,8E+12	4,2E+12	4,3E+12
<b>Xe133</b>	1,2E+14	1,2E+14	1,2E+14	2,2E+14	3,1E+14	3,3E+14	3,8E+14	4,2E+14	4,1E+14	4,4E+14	4,7E+14	4,5E+14	4,7E+14	4,9E+14
<b>Xe133m</b>	5,3E+12	5,3E+12	4,7E+12	7,6E+12	9,8E+12	8,7E+12	9,8E+12	1,0E+13	9,2E+12	1,0E+13	1,1E+13	9,2E+12	1,0E+13	1,1E+13
<b>Cs134</b>	5,6E+08	5,6E+08	5,6E+08	1,1E+09	1,7E+09	2,2E+09	2,8E+09	3,3E+09	3,9E+09	4,4E+09	5,0E+09	5,5E+09	6,1E+09	6,6E+09
<b>Cs134m</b>	2,1E+10	1,2E+09	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06
<b>I135</b>	1,0E+13	2,9E+12	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11
<b>Xe135</b>	2,6E+13	7,5E+13	2,4E+13	2,5E+13	2,6E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13
<b>Xe135m</b>	3,8E+13	9,6E+12	7,6E+11	7,6E+11	7,7E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11
<b>Cs135</b>	1,4E+05	1,7E+05	2,1E+05	4,3E+05	6,5E+05	8,7E+05	1,1E+06	1,3E+06	1,5E+06	1,7E+06	2,0E+06	2,2E+06	2,4E+06	2,6E+06
<b>Ba135m</b>	1,5E+06	1,1E+06	6,4E+05	8,4E+05	9,6E+05	8,0E+05	8,9E+05	9,2E+05	8,0E+05	8,9E+05	9,2E+05	8,0E+05	8,9E+05	9,2E+05
<b>Cs136</b>	6,1E+10	5,9E+10	5,6E+10	1,1E+11	1,6E+11	1,9E+11	2,3E+11	2,6E+11	2,8E+11	3,1E+11	3,3E+11	3,4E+11	3,6E+11	3,8E+11
<b>Ba136m</b>	2,8E+10	6,7E+09	6,3E+09	1,2E+10	1,7E+10	2,1E+10	2,5E+10	2,9E+10	3,1E+10	3,4E+10	3,7E+10	3,8E+10	4,1E+10	4,3E+10
<b>Cs137</b>	9,1E+10	9,2E+10	9,2E+10	1,8E+11	2,7E+11	3,7E+11	4,6E+11	5,5E+11	6,4E+11	7,3E+11	8,2E+11	9,1E+11	1,0E+12	1,1E+12
<b>Ba137m</b>	9,1E+10	8,6E+10	8,6E+10	1,7E+11	2,6E+11	3,5E+11	4,3E+11	5,2E+11	6,0E+11	6,9E+11	7,8E+11	8,6E+11	9,5E+11	1,0E+12
<b>Ba139</b>	2,1E+14	6,6E+11	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06
<b>Ba140</b>	6,6E+13	6,4E+13	6,0E+13	1,2E+14	1,7E+14	2,0E+14	2,4E+14	2,8E+14	2,9E+14	3,2E+14	3,5E+14	3,6E+14	3,8E+14	4,0E+14
<b>La140</b>	4,6E+13	5,0E+13	5,4E+13	1,1E+14	1,6E+14	2,1E+14	2,5E+14	2,9E+14	3,2E+14	3,5E+14	3,8E+14	3,9E+14	4,1E+14	4,4E+14

RNT(h)	EOI	12	36	84	132	204	252	300	372	420	468	540	588	636
La141	1,9E+14	2,5E+13	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11
Ce141	2,6E+13	2,7E+13	2,6E+13	5,1E+13	7,6E+13	9,7E+13	1,2E+14	1,4E+14	1,6E+14	1,8E+14	2,0E+14	2,1E+14	2,3E+14	2,4E+14
La142	1,9E+14	9,1E+11	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07
Pr142	5,8E+09	3,7E+09	1,6E+09	1,8E+09	2,0E+09	1,7E+09	1,9E+09	1,9E+09	1,7E+09	1,9E+09	1,9E+09	1,7E+09	1,9E+09	1,9E+09
Ce143	1,9E+14	1,5E+14	9,0E+13	1,2E+14	1,4E+14	1,2E+14	1,3E+14	1,4E+14	1,2E+14	1,3E+14	1,4E+14	1,2E+14	1,3E+14	1,4E+14
Pr143	4,5E+13	4,8E+13	5,1E+13	1,0E+14	1,5E+14	1,9E+14	2,3E+14	2,7E+14	2,9E+14	3,2E+14	3,5E+14	3,6E+14	3,8E+14	4,1E+14
Ce144	3,1E+12	3,1E+12	3,1E+12	6,2E+12	9,2E+12	1,2E+13	1,5E+13	1,8E+13	2,1E+13	2,4E+13	2,7E+13	3,0E+13	3,3E+13	3,6E+13
Pr144	3,7E+12	3,1E+12	3,1E+12	6,2E+12	9,2E+12	1,2E+13	1,5E+13	1,8E+13	2,1E+13	2,4E+13	2,7E+13	3,0E+13	3,3E+13	3,6E+13
Pr144m	4,4E+10	4,3E+10	4,3E+10	8,6E+10	1,3E+11	1,7E+11	2,1E+11	2,6E+11	3,0E+11	3,4E+11	3,8E+11	4,2E+11	4,6E+11	5,0E+11
Pr145	1,3E+14	3,3E+13	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12
Pm146	1,6E+04	1,6E+04	1,6E+04	3,1E+04	4,7E+04	6,3E+04	7,8E+04	9,4E+04	1,1E+05	1,3E+05	1,4E+05	1,6E+05	1,7E+05	1,9E+05
Nd147	2,7E+13	2,6E+13	2,4E+13	4,5E+13	6,5E+13	7,7E+13	9,2E+13	1,1E+14	1,1E+14	1,2E+14	1,3E+14	1,3E+14	1,4E+14	1,5E+14
Pm147	7,2E+10	8,1E+10	9,9E+10	2,3E+11	3,8E+11	6,2E+11	8,2E+11	1,0E+12	1,4E+12	1,6E+12	1,9E+12	2,2E+12	2,5E+12	2,8E+12
Pm148	3,9E+10	3,6E+10	3,2E+10	5,7E+10	7,9E+10	8,4E+10	9,7E+10	1,1E+11	1,1E+11	1,1E+11	1,2E+11	1,1E+11	1,2E+11	1,3E+11
Pm148m	4,6E+09	4,6E+09	4,5E+09	8,9E+09	1,3E+10	1,7E+10	2,1E+10	2,5E+10	2,8E+10	3,2E+10	3,5E+10	3,8E+10	4,1E+10	4,5E+10
Nd149	3,6E+13	3,0E+11	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07
Pm149	3,1E+13	2,8E+13	2,0E+13	3,1E+13	3,9E+13	3,5E+13	3,9E+13	4,1E+13	3,6E+13	4,0E+13	4,1E+13	3,6E+13	4,0E+13	4,1E+13
Pm150	7,4E+11	3,3E+10	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07
Pm151	1,4E+13	1,0E+13	5,7E+12	7,5E+12	8,5E+12	7,1E+12	7,9E+12	8,2E+12	7,1E+12	7,9E+12	8,2E+12	7,1E+12	7,9E+12	8,2E+12
Sm151	1,4E+09	1,5E+09	1,7E+09	3,5E+09	5,3E+09	7,2E+09	9,1E+09	1,1E+10	1,3E+10	1,5E+10	1,7E+10	1,8E+10	2,0E+10	2,2E+10
Eu152	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	5,6E+04	8,3E+04	1,1E+05	1,4E+05	1,7E+05	1,9E+05	2,2E+05	2,5E+05	2,8E+05	3,1E+05	3,3E+05
Eu152m	5,2E+07	2,1E+07	3,6E+06	3,7E+06	3,7E+06	3,6E+06	3,7E+06	3,7E+06	3,6E+06	3,7E+06	3,7E+06	3,6E+06	3,7E+06	3,7E+06
Sm153	5,1E+12	4,3E+12	3,0E+12	4,4E+12	5,4E+12	4,7E+12	5,3E+12	5,5E+12	4,9E+12	5,3E+12	5,6E+12	4,9E+12	5,4E+12	5,6E+12
Eu154	5,2E+07	5,2E+07	5,2E+07	1,0E+08	1,5E+08	2,1E+08	2,6E+08	3,1E+08	3,6E+08	4,1E+08	4,6E+08	5,1E+08	5,7E+08	6,2E+08
Eu155	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	5,5E+09	8,2E+09	1,1E+10	1,4E+10	1,6E+10	1,9E+10	2,2E+10	2,5E+10	2,7E+10	3,0E+10	3,3E+10
Sm156	5,2E+11	2,1E+11	3,6E+10	3,7E+10	3,8E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10
Eu156	1,7E+11	1,7E+11	1,7E+11	3,3E+11	4,8E+11	5,8E+11	7,0E+11	8,1E+11	8,8E+11	9,7E+11	1,1E+12	1,1E+12	1,2E+12	1,2E+12
Eu157	2,3E+11	1,4E+11	4,6E+10	5,1E+10	5,2E+10	4,8E+10	5,1E+10	5,1E+10	4,8E+10	5,1E+10	5,1E+10	4,8E+10	5,1E+10	5,1E+10
Gd159	3,7E+10	2,4E+10	9,8E+09	1,1E+10	1,2E+10	1,1E+10	1,2E+10	1,2E+10	1,1E+10	1,2E+10	1,2E+10	1,1E+10	1,2E+10	1,2E+10
Tb160	5,8E+06	5,8E+06	5,7E+06	1,1E+07	1,7E+07	2,2E+07	2,7E+07	3,3E+07	3,7E+07	4,2E+07	4,7E+07	5,2E+07	5,6E+07	6,1E+07
Tb161	1,7E+09	1,6E+09	1,4E+09	2,6E+09	3,7E+09	4,1E+09	4,8E+09	5,4E+09	5,4E+09	5,9E+09	6,2E+09	6,1E+09	6,4E+09	6,7E+09
Dy166	2,4E+07	2,2E+07	1,8E+07	3,0E+07	3,9E+07	3,8E+07	4,3E+07	4,7E+07	4,3E+07	4,6E+07	4,9E+07	4,4E+07	4,7E+07	4,9E+07
Ho166	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	3,6E+07	5,0E+07	5,0E+07	5,6E+07	6,1E+07	5,7E+07	6,1E+07	6,4E+07	5,9E+07	6,2E+07	6,5E+07
Er169	2,5E+06	2,4E+06	2,2E+06	4,1E+06	5,8E+06	6,8E+06	8,0E+06	9,1E+06	9,5E+06	1,0E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,2E+07	1,2E+07
Er171	1,9E+06	6,1E+05	6,7E+04	6,8E+04	6,8E+04	6,7E+04	6,8E+04	6,8E+04	6,7E+04	6,8E+04	6,8E+04	6,7E+04	6,8E+04	6,8E+04
Tm171	1,2E+04	1,2E+04	1,3E+04	2,5E+04	3,8E+04	5,0E+04	6,3E+04	7,6E+04	8,8E+04	1,0E+05	1,1E+05	1,3E+05	1,4E+05	1,5E+05
Er172	3,0E+06	2,5E+06	1,8E+06	2,7E+06	3,4E+06	3,0E+06	3,3E+06	3,5E+06	3,1E+06	3,4E+06	3,5E+06	3,1E+06	3,4E+06	3,5E+06
Tm172	2,0E+06	2,1E+06	2,1E+06	3,9E+06	5,4E+06	5,5E+06	6,3E+06	6,8E+06	6,3E+06	6,8E+06	7,1E+06	6,5E+06	6,9E+06	7,2E+06
TOTAL	3,8E+15	1,7E+15	8,9E+14	1,4E+15	1,9E+15	2,1E+15	2,4E+15	2,7E+15	2,8E+15	3,1E+15	3,3E+15	3,3E+15	3,6E+15	3,8E+15

**APÊNDICE A.2- 8 - ATIVIDADES (Bq) ESPERADAS NO CENÁRIO II – PRODUTOS DE FISSÃO (708H A 1428H)**

RNT(h)	708	756	804	876	924	972	1044	1092	1140	1212	1260	1308	1380	1428
H 3	4,7E+09	5,1E+09	5,4E+09	5,8E+09	6,2E+09	6,5E+09	6,9E+09	7,2E+09	7,6E+09	8,0E+09	8,3E+09	8,7E+09	9,0E+09	9,4E+09
Ni 66	3,7E+06	4,0E+06	4,2E+06	3,7E+06	4,0E+06	4,2E+06	3,7E+06	4,0E+06	4,2E+06	3,7E+06	4,0E+06	4,2E+06	3,7E+06	4,0E+06
Cu 66	3,7E+06	4,0E+06	4,2E+06	3,7E+06	4,0E+06	4,2E+06	3,7E+06	4,0E+06	4,2E+06	3,7E+06	4,0E+06	4,2E+06	3,7E+06	4,0E+06
Cu 67	2,1E+07	2,3E+07	2,4E+07	2,1E+07	2,3E+07	2,4E+07	2,1E+07	2,3E+07	2,4E+07	2,1E+07	2,3E+07	2,4E+07	2,1E+07	2,3E+07
Zn 71m	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04
Zn 72	8,0E+08	8,8E+08	9,2E+08	8,0E+08	8,8E+08	9,2E+08	8,0E+08	8,8E+08	9,2E+08	8,0E+08	8,8E+08	9,2E+08	8,0E+08	8,8E+08
Ga 72	1,1E+09	1,2E+09	1,3E+09	1,1E+09	1,2E+09	1,3E+09	1,1E+09	1,2E+09	1,3E+09	1,1E+09	1,2E+09	1,3E+09	1,1E+09	1,2E+09
Ga 73	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07
Ge 73m	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07
As 76	1,6E+07	1,7E+07	1,8E+07	1,6E+07	1,7E+07	1,8E+07	1,6E+07	1,7E+07	1,8E+07	1,6E+07	1,7E+07	1,8E+07	1,6E+07	1,7E+07
Ge 77	7,9E+09	8,2E+09	8,2E+09	7,9E+09	8,2E+09	8,2E+09	7,9E+09	8,2E+09	8,2E+09	7,9E+09	8,2E+09	8,2E+09	7,9E+09	8,2E+09
As 77	2,1E+11	2,3E+11	2,4E+11	2,1E+11	2,3E+11	2,4E+11	2,1E+11	2,3E+11	2,4E+11	2,1E+11	2,3E+11	2,4E+11	2,1E+11	2,3E+11
Se 77m	6,6E+08	7,3E+08	7,6E+08	6,6E+08	7,3E+08	7,6E+08	6,6E+08	7,3E+08	7,6E+08	6,6E+08	7,3E+08	7,6E+08	6,6E+08	7,3E+08
Ge 78	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04
As 78	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05
Se 79	8,7E+05	9,4E+05	1,0E+06	1,1E+06	1,1E+06	1,2E+06	1,3E+06	1,3E+06	1,4E+06	1,5E+06	1,5E+06	1,6E+06	1,7E+06	1,7E+06
Br 80	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04
Br 80m	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04
Br 82	4,1E+09	4,5E+09	4,7E+09	4,1E+09	4,5E+09	4,7E+09	4,1E+09	4,5E+09	4,7E+09	4,1E+09	4,5E+09	4,7E+09	4,1E+09	4,5E+09
Br 83	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08
Kr 83m	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09
Rb 84	1,4E+06	1,5E+06	1,6E+06	1,6E+06	1,7E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,9E+06	2,0E+06	2,0E+06	2,0E+06	2,1E+06	2,1E+06	2,2E+06
Kr 85	1,6E+11	1,7E+11	1,8E+11	1,9E+11	2,1E+11	2,2E+11	2,3E+11	2,4E+11	2,5E+11	2,7E+11	2,8E+11	2,9E+11	3,0E+11	3,1E+11
Kr 85m	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11
Rb 86	3,9E+09	4,1E+09	4,3E+09	4,3E+09	4,5E+09	4,6E+09	4,6E+09	4,8E+09	4,9E+09	4,9E+09	5,0E+09	5,1E+09	5,1E+09	5,2E+09
Kr 87	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05
Kr 88	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10
Rb 88	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10
Sr 89	1,5E+14	1,6E+14	1,7E+14	1,8E+14	1,9E+14	2,0E+14	2,0E+14	2,1E+14	2,2E+14	2,3E+14	2,3E+14	2,4E+14	2,5E+14	2,5E+14
Y 89m	1,4E+10	1,5E+10	1,6E+10	1,7E+10	1,7E+10	1,8E+10	1,9E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,1E+10	2,2E+10	2,2E+10	2,3E+10	2,4E+10
Sr 90	1,2E+12	1,3E+12	1,4E+12	1,5E+12	1,5E+12	1,6E+12	1,7E+12	1,8E+12	1,9E+12	2,0E+12	2,1E+12	2,2E+12	2,3E+12	2,4E+12
Y 90	1,1E+12	1,2E+12	1,3E+12	1,4E+12	1,5E+12	1,6E+12	1,7E+12	1,7E+12	1,8E+12	1,9E+12	2,0E+12	2,1E+12	2,2E+12	2,3E+12
Y 90m	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04
Sr 91	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13
Y 91	1,7E+14	1,8E+14	1,9E+14	2,0E+14	2,1E+14	2,2E+14	2,3E+14	2,4E+14	2,5E+14	2,5E+14	2,6E+14	2,7E+14	2,8E+14	2,9E+14
Y 91m	8,9E+12	9,2E+12	9,2E+12	8,9E+12	9,2E+12	9,2E+12	8,9E+12	9,2E+12	9,2E+12	8,9E+12	9,2E+12	9,2E+12	8,9E+12	9,2E+12
Sr 92	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10
Y 92	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11
Y 93	1,8E+13	1,9E+13	1,9E+13	1,8E+13	1,9E+13	1,9E+13	1,8E+13	1,9E+13	1,9E+13	1,8E+13	1,9E+13	1,9E+13	1,8E+13	1,9E+13
Zr 93	2,4E+07	2,6E+07	2,8E+07	2,9E+07	3,1E+07	3,3E+07	3,5E+07	3,7E+07	3,9E+07	4,0E+07	4,2E+07	4,4E+07	4,6E+07	4,8E+07
Zr 95	1,7E+14	1,9E+14	2,0E+14	2,1E+14	2,2E+14	2,3E+14	2,4E+14	2,5E+14	2,6E+14	2,7E+14	2,8E+14	2,8E+14	2,9E+14	3,0E+14



RN/T(h)	708	756	804	876	924	972	1044	1092	1140	1212	1260	1308	1380	1428
Nb 95	5,7E+13	6,3E+13	6,9E+13	7,8E+13	8,5E+13	9,1E+13	1,0E+14	1,1E+14	1,1E+14	1,2E+14	1,3E+14	1,4E+14	1,5E+14	1,5E+14
Nb 95m	1,8E+12	2,0E+12	2,1E+12	2,2E+12	2,3E+12	2,5E+12	2,6E+12	2,7E+12	2,8E+12	2,9E+12	3,0E+12	3,1E+12	3,2E+12	3,3E+12
Nb 96	7,9E+09	8,8E+09	9,0E+09	7,9E+09	8,8E+09	9,0E+09	7,9E+09	8,8E+09	9,0E+09	7,9E+09	8,8E+09	9,0E+09	7,9E+09	8,8E+09
Zr 97	4,8E+13	5,2E+13	5,3E+13	4,8E+13	5,2E+13	5,3E+13	4,8E+13	5,2E+13	5,3E+13	4,8E+13	5,2E+13	5,3E+13	4,8E+13	5,2E+13
Nb 97	4,8E+13	5,2E+13	5,3E+13	4,8E+13	5,2E+13	5,3E+13	4,8E+13	5,2E+13	5,3E+13	4,8E+13	5,2E+13	5,3E+13	4,8E+13	5,2E+13
Nb 97m	4,6E+13	5,0E+13	5,0E+13	4,6E+13	5,0E+13	5,0E+13	4,6E+13	5,0E+13	5,0E+13	4,6E+13	5,0E+13	5,0E+13	4,6E+13	5,0E+13
Mo 99	3,7E+13	3,9E+13	4,1E+13	3,7E+13	4,0E+13	4,1E+13	3,7E+13	4,0E+13	4,1E+13	3,7E+13	4,0E+13	4,1E+13	3,7E+13	4,0E+13
Tc 99	1,3E+08	1,4E+08	1,5E+08	1,6E+08	1,7E+08	1,8E+08	1,9E+08	2,0E+08	2,1E+08	2,3E+08	2,4E+08	2,5E+08	2,6E+08	2,7E+08
Tc 99m	3,5E+13	3,8E+13	4,0E+13	3,5E+13	3,8E+13	4,0E+13	3,5E+13	3,8E+13	4,0E+13	3,5E+13	3,8E+13	4,0E+13	3,5E+13	3,8E+13
Ru103	1,2E+14	1,3E+14	1,3E+14	1,4E+14	1,4E+14	1,5E+14	1,6E+14	1,6E+14	1,7E+14	1,7E+14	1,8E+14	1,8E+14	1,8E+14	1,9E+14
Rh103m	1,2E+14	1,3E+14	1,3E+14	1,4E+14	1,4E+14	1,5E+14	1,5E+14	1,6E+14	1,7E+14	1,7E+14	1,8E+14	1,8E+14	1,8E+14	1,9E+14
Ru105	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11
Rh105	2,2E+13	2,5E+13	2,6E+13	2,2E+13	2,5E+13	2,6E+13	2,2E+13	2,5E+13	2,6E+13	2,2E+13	2,5E+13	2,6E+13	2,2E+13	2,5E+13
Rh105m	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10
Ru106	2,3E+12	2,5E+12	2,7E+12	2,8E+12	3,0E+12	3,2E+12	3,3E+12	3,5E+12	3,7E+12	3,8E+12	4,0E+12	4,2E+12	4,3E+12	4,5E+12
Rh106	2,3E+12	2,5E+12	2,7E+12	2,8E+12	3,0E+12	3,2E+12	3,3E+12	3,5E+12	3,7E+12	3,8E+12	4,0E+12	4,2E+12	4,3E+12	4,5E+12
Rh106m	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07
Pd107	1,4E+05	1,5E+05	1,6E+05	1,8E+05	1,9E+05	2,0E+05	2,1E+05	2,2E+05	2,3E+05	2,4E+05	2,5E+05	2,6E+05	2,7E+05	2,8E+05
Pd109	2,0E+11	2,1E+11	2,1E+11	2,0E+11	2,1E+11	2,1E+11	2,0E+11	2,1E+11	2,1E+11	2,0E+11	2,1E+11	2,1E+11	2,0E+11	2,1E+11
Ag109m	2,0E+11	2,1E+11	2,1E+11	2,0E+11	2,1E+11	2,1E+11	2,0E+11	2,1E+11	2,1E+11	2,0E+11	2,1E+11	2,1E+11	2,0E+11	2,1E+11
Ag110	1,0E+06	1,1E+06	1,2E+06	1,3E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,5E+06	1,6E+06	1,7E+06	1,7E+06	1,8E+06	1,9E+06	1,9E+06	2,0E+06
Ag110m	7,7E+07	8,3E+07	8,8E+07	9,4E+07	9,9E+07	1,1E+08	1,1E+08	1,2E+08	1,2E+08	1,3E+08	1,3E+08	1,4E+08	1,4E+08	1,5E+08
Pd111	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06
Pd111m	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06
Ag111	1,2E+12	1,2E+12	1,3E+12	1,2E+12	1,2E+12	1,3E+12	1,2E+12	1,3E+12	1,3E+12	1,2E+12	1,3E+12	1,3E+12	1,2E+12	1,3E+12
Ag111m	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06
Pd112	1,5E+11	1,7E+11	1,7E+11	1,5E+11	1,7E+11	1,7E+11	1,5E+11	1,7E+11	1,7E+11	1,5E+11	1,7E+11	1,7E+11	1,5E+11	1,7E+11
Ag112	1,8E+11	2,0E+11	2,0E+11	1,8E+11	2,0E+11	2,0E+11	1,8E+11	2,0E+11	2,0E+11	1,8E+11	2,0E+11	2,0E+11	1,8E+11	2,0E+11
Ag113	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09
Cd113m	5,1E+07	5,5E+07	5,9E+07	6,3E+07	6,6E+07	7,0E+07	7,4E+07	7,8E+07	8,2E+07	8,6E+07	9,0E+07	9,4E+07	9,8E+07	1,0E+08
Cd115	4,1E+11	4,5E+11	4,7E+11	4,1E+11	4,5E+11	4,7E+11	4,1E+11	4,5E+11	4,7E+11	4,1E+11	4,5E+11	4,7E+11	4,1E+11	4,5E+11
Cd115m	1,7E+10	1,8E+10	1,9E+10	2,0E+10	2,1E+10	2,2E+10	2,3E+10	2,4E+10	2,5E+10	2,5E+10	2,6E+10	2,7E+10	2,7E+10	2,8E+10
In115m	4,5E+11	4,9E+11	5,1E+11	4,5E+11	4,9E+11	5,1E+11	4,5E+11	4,9E+11	5,1E+11	4,5E+11	4,9E+11	5,1E+11	4,5E+11	4,9E+11
Cd117	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07
Cd117m	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07
In117	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07
In117m	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07
Sn117m	1,6E+09	1,7E+09	1,8E+09	1,7E+09	1,8E+09	1,9E+09	1,8E+09	1,9E+09	1,9E+09	1,9E+09	1,9E+09	2,0E+09	1,9E+09	2,0E+09
Sn119m	3,7E+08	3,9E+08	4,2E+08	4,5E+08	4,7E+08	5,0E+08	5,3E+08	5,5E+08	5,8E+08	6,0E+08	6,3E+08	6,6E+08	6,8E+08	7,1E+08
Sn121	2,0E+11	2,2E+11	2,3E+11	2,0E+11	2,2E+11	2,3E+11	2,0E+11	2,2E+11	2,3E+11	2,0E+11	2,2E+11	2,3E+11	2,0E+11	2,2E+11
Sn121m	7,7E+07	8,2E+07	8,8E+07	9,4E+07	1,0E+08	1,1E+08	1,1E+08	1,2E+08	1,2E+08	1,3E+08	1,4E+08	1,4E+08	1,5E+08	1,5E+08
Sb122	5,1E+08	5,5E+08	5,8E+08	5,1E+08	5,6E+08	5,8E+08	5,1E+08	5,6E+08	5,8E+08	5,1E+08	5,6E+08	5,8E+08	5,1E+08	5,6E+08
Sn123	1,8E+10	1,9E+10	2,0E+10	2,1E+10	2,3E+10	2,4E+10	2,5E+10	2,6E+10	2,7E+10	2,8E+10	3,0E+10	3,1E+10	3,2E+10	3,3E+10

RNT(h)	708	756	804	876	924	972	1044	1092	1140	1212	1260	1308	1380	1428
<b>Sb124</b>	5,2E+08	5,5E+08	5,9E+08	6,1E+08	6,5E+08	6,8E+08	7,0E+08	7,3E+08	7,6E+08	7,8E+08	8,1E+08	8,4E+08	8,6E+08	8,9E+08
<b>Sn125</b>	6,4E+11	6,6E+11	6,9E+11	6,7E+11	6,9E+11	7,1E+11	6,9E+11	7,1E+11	7,3E+11	7,0E+11	7,2E+11	7,4E+11	7,1E+11	7,3E+11
<b>Sb125</b>	6,5E+10	7,1E+10	7,6E+10	8,1E+10	8,7E+10	9,2E+10	9,7E+10	1,0E+11	1,1E+11	1,1E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,3E+11	1,3E+11
<b>Te125m</b>	2,9E+09	3,2E+09	3,6E+09	4,1E+09	4,5E+09	5,0E+09	5,6E+09	6,0E+09	6,5E+09	7,2E+09	7,7E+09	8,2E+09	9,0E+09	9,6E+09
<b>Sn126</b>	3,3E+06	3,5E+06	3,8E+06	4,0E+06	4,3E+06	4,5E+06	4,8E+06	5,0E+06	5,3E+06	5,5E+06	5,7E+06	6,0E+06	6,2E+06	6,5E+06
<b>Sb126</b>	5,8E+10	6,0E+10	6,3E+10	6,2E+10	6,4E+10	6,6E+10	6,5E+10	6,7E+10	6,9E+10	6,7E+10	6,8E+10	7,0E+10	6,8E+10	7,0E+10
<b>Sb126m</b>	3,3E+06	3,5E+06	3,8E+06	4,0E+06	4,3E+06	4,5E+06	4,8E+06	5,0E+06	5,3E+06	5,5E+06	5,7E+06	6,0E+06	6,2E+06	6,5E+06
<b>I126</b>	1,5E+04	1,5E+04	1,6E+04	1,6E+04	1,6E+04	1,7E+04	1,6E+04	1,7E+04	1,7E+04	1,7E+04	1,7E+04	1,8E+04	1,7E+04	1,8E+04
<b>Sn127</b>	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07
<b>Sb127</b>	8,0E+12	8,4E+12	8,8E+12	8,0E+12	8,5E+12	8,8E+12	8,0E+12	8,5E+12	8,8E+12	8,0E+12	8,5E+12	8,8E+12	8,0E+12	8,5E+12
<b>Te127</b>	7,7E+12	8,2E+12	8,5E+12	7,8E+12	8,3E+12	8,6E+12	7,9E+12	8,4E+12	8,7E+12	8,0E+12	8,5E+12	8,8E+12	8,1E+12	8,6E+12
<b>Te127m</b>	4,4E+11	4,7E+11	5,0E+11	5,4E+11	5,7E+11	6,0E+11	6,3E+11	6,6E+11	6,9E+11	7,2E+11	7,5E+11	7,8E+11	8,1E+11	8,4E+11
<b>Sb128</b>	5,2E+10	5,3E+10	5,3E+10	5,2E+10	5,3E+10	5,3E+10	5,2E+10	5,3E+10	5,3E+10	5,2E+10	5,3E+10	5,3E+10	5,2E+10	5,3E+10
<b>Sb129</b>	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10
<b>Te129</b>	2,8E+12	3,0E+12	3,1E+12	3,2E+12	3,4E+12	3,5E+12	3,6E+12	3,7E+12	3,8E+12	3,9E+12	4,0E+12	4,1E+12	4,2E+12	4,3E+12
<b>Te129m</b>	4,2E+12	4,5E+12	4,8E+12	4,9E+12	5,1E+12	5,4E+12	5,5E+12	5,7E+12	5,9E+12	6,0E+12	6,2E+12	6,3E+12	6,4E+12	6,6E+12
<b>I129</b>	8,8E+03	9,5E+03	1,0E+04	1,1E+04	1,2E+04	1,2E+04	1,3E+04	1,4E+04	1,5E+04	1,5E+04	1,6E+04	1,7E+04	1,8E+04	1,8E+04
<b>Xe129m</b>	1,2E+05	1,3E+05	1,3E+05	1,3E+05	1,3E+05	1,4E+05	1,3E+05	1,3E+05	1,4E+05	1,3E+05	1,4E+05	1,4E+05	1,3E+05	1,4E+05
<b>I130</b>	1,7E+08	1,8E+08	1,8E+08	1,7E+08	1,8E+08	1,8E+08	1,7E+08	1,8E+08	1,8E+08	1,7E+08	1,8E+08	1,8E+08	1,7E+08	1,8E+08
<b>Te131</b>	1,7E+12	1,9E+12	1,9E+12	1,7E+12	1,9E+12	1,9E+12	1,7E+12	1,9E+12	1,9E+12	1,7E+12	1,9E+12	1,9E+12	1,7E+12	1,9E+12
<b>Te131m</b>	7,4E+12	8,2E+12	8,5E+12	7,4E+12	8,2E+12	8,5E+12	7,4E+12	8,2E+12	8,5E+12	7,4E+12	8,2E+12	8,5E+12	7,4E+12	8,2E+12
<b>I131</b>	9,7E+12	1,0E+13	1,1E+13	1,0E+13	1,0E+13	1,1E+13	1,0E+13	1,1E+13	1,1E+13	1,0E+13	1,1E+13	1,1E+13	1,0E+13	1,1E+13
<b>Xe131m</b>	2,0E+12	2,1E+12	2,3E+12	2,3E+12	2,4E+12	2,5E+12	2,5E+12	2,6E+12	2,7E+12	2,7E+12	2,7E+12	2,8E+12	2,8E+12	2,8E+12
<b>Te132</b>	2,0E+14	2,1E+14	2,2E+14	2,0E+14	2,1E+14	2,2E+14	2,0E+14	2,1E+14	2,2E+14	2,0E+14	2,1E+14	2,2E+14	2,0E+14	2,1E+14
<b>I132</b>	1,0E+13	1,1E+13	1,1E+13	1,0E+13	1,1E+13	1,1E+13	1,0E+13	1,1E+13	1,1E+13	1,0E+13	1,1E+13	1,1E+13	1,0E+13	1,1E+13
<b>Cs132</b>	1,9E+07	2,0E+07	2,1E+07	1,9E+07	2,0E+07	2,1E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,1E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,1E+07	2,0E+07	2,1E+07
<b>I133</b>	3,8E+12	4,2E+12	4,3E+12	3,8E+12	4,2E+12	4,3E+12	3,8E+12	4,2E+12	4,3E+12	3,8E+12	4,2E+12	4,3E+12	3,8E+12	4,2E+12
<b>Xe133</b>	4,6E+14	4,8E+14	5,0E+14	4,6E+14	4,8E+14	5,0E+14	4,7E+14	4,9E+14	5,0E+14	4,7E+14	4,9E+14	5,0E+14	4,7E+14	4,9E+14
<b>Xe133m</b>	9,2E+12	1,0E+13	1,1E+13	9,2E+12	1,0E+13	1,1E+13	9,2E+12	1,0E+13	1,1E+13	9,2E+12	1,0E+13	1,1E+13	9,2E+12	1,0E+13
<b>Cs134</b>	7,2E+09	7,7E+09	8,3E+09	8,8E+09	9,3E+09	9,9E+09	1,0E+10	1,1E+10	1,2E+10	1,2E+10	1,3E+10	1,3E+10	1,4E+10	1,4E+10
<b>Cs134m</b>	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06
<b>I135</b>	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11
<b>Xe135</b>	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13
<b>Xe135m</b>	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11
<b>Cs135</b>	2,8E+06	3,1E+06	3,3E+06	3,5E+06	3,7E+06	3,9E+06	4,2E+06	4,4E+06	4,6E+06	4,8E+06	5,0E+06	5,3E+06	5,5E+06	5,7E+06
<b>Ba135m</b>	8,0E+05	8,9E+05	9,2E+05	8,0E+05	8,9E+05	9,2E+05	8,0E+05	8,9E+05	9,2E+05	8,0E+05	8,9E+05	9,2E+05	8,0E+05	8,9E+05
<b>Cs136</b>	3,8E+11	4,0E+11	4,2E+11	4,1E+11	4,3E+11	4,4E+11	4,3E+11	4,5E+11	4,6E+11	4,5E+11	4,6E+11	4,7E+11	4,6E+11	4,7E+11
<b>Ba136m</b>	4,3E+10	4,5E+10	4,7E+10	4,6E+10	4,8E+10	4,9E+10	4,9E+10	5,0E+10	5,1E+10	5,0E+10	5,1E+10	5,3E+10	5,1E+10	5,2E+10
<b>Cs137</b>	1,2E+12	1,3E+12	1,4E+12	1,5E+12	1,6E+12	1,6E+12	1,7E+12	1,8E+12	1,9E+12	2,0E+12	2,1E+12	2,2E+12	2,3E+12	2,4E+12
<b>Ba137m</b>	1,1E+12	1,2E+12	1,3E+12	1,4E+12	1,5E+12	1,6E+12	1,6E+12	1,7E+12	1,8E+12	1,9E+12	2,0E+12	2,1E+12	2,2E+12	2,2E+12
<b>Ba139</b>	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06
<b>Ba140</b>	4,0E+14	4,2E+14	4,4E+14	4,3E+14	4,5E+14	4,6E+14	4,5E+14	4,7E+14	4,8E+14	4,7E+14	4,8E+14	4,9E+14	4,8E+14	4,9E+14
<b>La140</b>	4,4E+14	4,6E+14	4,8E+14	4,8E+14	4,9E+14	5,1E+14	5,0E+14	5,1E+14	5,3E+14	5,2E+14	5,3E+14	5,4E+14	5,3E+14	5,4E+14

RN/T(h)	708	756	804	876	924	972	1044	1092	1140	1212	1260	1308	1380	1428
La141	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11
Ce141	2,6E+14	2,7E+14	2,9E+14	2,9E+14	3,1E+14	3,2E+14	3,3E+14	3,4E+14	3,5E+14	3,6E+14	3,7E+14	3,8E+14	3,8E+14	3,9E+14
La142	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07
Pr142	1,7E+09	1,9E+09	1,9E+09	1,7E+09	1,9E+09	1,9E+09	1,7E+09	1,9E+09	1,9E+09	1,7E+09	1,9E+09	1,9E+09	1,7E+09	1,9E+09
Ce143	1,2E+14	1,3E+14	1,4E+14	1,2E+14	1,3E+14	1,4E+14	1,2E+14	1,3E+14	1,4E+14	1,2E+14	1,3E+14	1,4E+14	1,2E+14	1,3E+14
Pr143	4,1E+14	4,3E+14	4,5E+14	4,4E+14	4,6E+14	4,7E+14	4,7E+14	4,8E+14	4,9E+14	4,8E+14	5,0E+14	5,1E+14	5,0E+14	5,1E+14
Ce144	3,9E+13	4,2E+13	4,5E+13	4,7E+13	5,0E+13	5,3E+13	5,6E+13	5,8E+13	6,1E+13	6,4E+13	6,7E+13	6,9E+13	7,2E+13	7,5E+13
Pr144	3,9E+13	4,2E+13	4,5E+13	4,7E+13	5,0E+13	5,3E+13	5,6E+13	5,8E+13	6,1E+13	6,4E+13	6,7E+13	6,9E+13	7,2E+13	7,5E+13
Pr144m	5,4E+11	5,8E+11	6,2E+11	6,6E+11	7,0E+11	7,4E+11	7,8E+11	8,2E+11	8,6E+11	8,9E+11	9,3E+11	9,7E+11	1,0E+12	1,1E+12
Pr145	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12
Pm146	2,0E+05	2,2E+05	2,3E+05	2,5E+05	2,7E+05	2,8E+05	3,0E+05	3,1E+05	3,3E+05	3,4E+05	3,6E+05	3,7E+05	3,9E+05	4,0E+05
Nd147	1,5E+14	1,5E+14	1,6E+14	1,6E+14	1,6E+14	1,7E+14	1,6E+14	1,7E+14	1,7E+14	1,7E+14	1,7E+14	1,7E+14	1,7E+14	1,7E+14
Pm147	3,2E+12	3,5E+12	3,8E+12	4,2E+12	4,5E+12	4,8E+12	5,2E+12	5,5E+12	5,8E+12	6,3E+12	6,6E+12	6,9E+12	7,3E+12	7,7E+12
Pm148	1,2E+11	1,2E+11	1,3E+11	1,2E+11	1,3E+11	1,3E+11	1,2E+11	1,3E+11	1,3E+11	1,2E+11	1,3E+11	1,3E+11	1,2E+11	1,3E+11
Pm148m	4,7E+10	5,0E+10	5,3E+10	5,5E+10	5,7E+10	6,0E+10	6,2E+10	6,4E+10	6,7E+10	6,8E+10	7,0E+10	7,2E+10	7,3E+10	7,5E+10
Nd149	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07
Pm149	3,6E+13	4,0E+13	4,1E+13	3,6E+13	4,0E+13	4,1E+13	3,6E+13	4,0E+13	4,1E+13	3,6E+13	4,0E+13	4,1E+13	3,6E+13	4,0E+13
Pm150	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07
Pm151	7,1E+12	7,9E+12	8,2E+12	7,1E+12	7,9E+12	8,2E+12	7,1E+12	7,9E+12	8,2E+12	7,1E+12	7,9E+12	8,2E+12	7,1E+12	7,9E+12
Sm151	2,4E+10	2,6E+10	2,8E+10	3,0E+10	3,2E+10	3,3E+10	3,5E+10	3,7E+10	3,9E+10	4,1E+10	4,3E+10	4,5E+10	4,6E+10	4,8E+10
Eu152	3,6E+05	3,9E+05	4,2E+05	4,4E+05	4,7E+05	5,0E+05	5,3E+05	5,5E+05	5,8E+05	6,1E+05	6,4E+05	6,6E+05	6,9E+05	7,2E+05
Eu152m	3,6E+06	3,7E+06	3,7E+06	3,6E+06	3,7E+06	3,7E+06	3,6E+06	3,7E+06	3,7E+06	3,6E+06	3,7E+06	3,7E+06	3,6E+06	3,7E+06
Sm153	4,9E+12	5,4E+12	5,6E+12	4,9E+12	5,4E+12	5,6E+12	4,9E+12	5,4E+12	5,6E+12	4,9E+12	5,4E+12	5,6E+12	4,9E+12	5,4E+12
Eu154	6,7E+08	7,2E+08	7,7E+08	8,2E+08	8,7E+08	9,2E+08	9,7E+08	1,0E+09	1,1E+09	1,1E+09	1,2E+09	1,2E+09	1,3E+09	1,3E+09
Eu155	3,5E+10	3,8E+10	4,1E+10	4,3E+10	4,6E+10	4,9E+10	5,2E+10	5,4E+10	5,7E+10	6,0E+10	6,2E+10	6,5E+10	6,8E+10	7,0E+10
Sm156	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10
Eu156	1,3E+12	1,3E+12	1,4E+12	1,4E+12	1,4E+12	1,5E+12	1,5E+12	1,5E+12	1,5E+12	1,5E+12	1,6E+12	1,6E+12	1,6E+12	1,6E+12
Eu157	4,8E+10	5,1E+10	5,1E+10	4,8E+10	5,1E+10	5,1E+10	4,8E+10	5,1E+10	5,1E+10	4,8E+10	5,1E+10	5,1E+10	4,8E+10	5,1E+10
Gd159	1,1E+10	1,2E+10	1,2E+10	1,1E+10	1,2E+10	1,2E+10	1,1E+10	1,2E+10	1,2E+10	1,1E+10	1,2E+10	1,2E+10	1,1E+10	1,2E+10
Tb160	6,5E+07	6,9E+07	7,4E+07	7,7E+07	8,2E+07	8,6E+07	8,9E+07	9,3E+07	9,7E+07	1,0E+08	1,0E+08	1,1E+08	1,1E+08	1,1E+08
Tb161	6,4E+09	6,7E+09	6,9E+09	6,5E+09	6,8E+09	7,0E+09	6,6E+09	6,9E+09	7,0E+09	6,7E+09	6,9E+09	7,1E+09	6,7E+09	6,9E+09
Dy166	4,5E+07	4,7E+07	4,9E+07	4,5E+07	4,8E+07	4,9E+07	4,5E+07	4,8E+07	4,9E+07	4,5E+07	4,8E+07	4,9E+07	4,5E+07	4,8E+07
Ho166	5,9E+07	6,2E+07	6,5E+07	5,9E+07	6,3E+07	6,5E+07	5,9E+07	6,3E+07	6,5E+07	5,9E+07	6,3E+07	6,5E+07	5,9E+07	6,3E+07
Er169	1,2E+07	1,3E+07	1,3E+07	1,3E+07	1,3E+07	1,4E+07	1,3E+07	1,3E+07	1,4E+07	1,3E+07	1,4E+07	1,4E+07	1,3E+07	1,4E+07
Er171	6,7E+04	6,8E+04	6,8E+04	6,7E+04	6,8E+04	6,8E+04	6,7E+04	6,8E+04	6,8E+04	6,7E+04	6,8E+04	6,8E+04	6,7E+04	6,8E+04
Tm171	1,6E+05	1,7E+05	1,9E+05	2,0E+05	2,1E+05	2,2E+05	2,4E+05	2,5E+05	2,6E+05	2,7E+05	2,8E+05	3,0E+05	3,1E+05	3,2E+05
Er172	3,1E+06	3,4E+06	3,5E+06	3,1E+06	3,4E+06	3,5E+06	3,1E+06	3,4E+06	3,5E+06	3,1E+06	3,4E+06	3,5E+06	3,1E+06	3,4E+06
Tm172	6,5E+06	6,9E+06	7,2E+06	6,5E+06	6,9E+06	7,2E+06	6,5E+06	6,9E+06	7,2E+06	6,5E+06	6,9E+06	7,2E+06	6,5E+06	6,9E+06
TOTAL	3,7E+15	4,0E+15	4,1E+15	4,1E+15	4,3E+15	4,4E+15	4,3E+15	4,5E+15	4,7E+15	4,6E+15	4,8E+15	4,9E+15	4,8E+15	4,9E+15

**APÊNDICE A.2- 9 - ATIVIDADES (Bq) ESPERADAS NO CENÁRIO II – PRODUTOS DE FISSÃO (1476H A 2148H)**

RNT(h)	1476	1548	1596	1644	1716	1764	1812	1884	1932	1980	2052	2100	2148
H 3	9,8E+09	1,0E+10	1,1E+10	1,1E+10	1,1E+10	1,2E+10	1,2E+10	1,2E+10	1,3E+10	1,3E+10	1,3E+10	1,4E+10	1,4E+10
Ni 66	4,2E+06	3,7E+06	4,0E+06	4,2E+06	3,7E+06	4,0E+06	4,2E+06	3,7E+06	4,0E+06	4,2E+06	3,7E+06	4,0E+06	4,2E+06
Cu 66	4,2E+06	3,7E+06	4,0E+06	4,2E+06	3,7E+06	4,0E+06	4,2E+06	3,7E+06	4,0E+06	4,2E+06	3,7E+06	4,0E+06	4,2E+06
Cu 67	2,4E+07	2,1E+07	2,3E+07	2,4E+07	2,1E+07	2,3E+07	2,4E+07	2,1E+07	2,3E+07	2,4E+07	2,1E+07	2,3E+07	2,4E+07
Zn 71m	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04	2,2E+04
Zn 72	9,2E+08	8,0E+08	8,8E+08	9,2E+08	8,0E+08	8,8E+08	9,2E+08	8,0E+08	8,8E+08	9,2E+08	8,0E+08	8,8E+08	9,2E+08
Ga 72	1,3E+09	1,1E+09	1,2E+09	1,3E+09	1,1E+09	1,2E+09	1,3E+09	1,1E+09	1,2E+09	1,3E+09	1,1E+09	1,2E+09	1,3E+09
Ga 73	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07
Ge 73m	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07	2,0E+07
As 76	1,8E+07	1,6E+07	1,7E+07	1,8E+07	1,6E+07	1,7E+07	1,8E+07	1,6E+07	1,7E+07	1,8E+07	1,6E+07	1,7E+07	1,8E+07
Ge 77	8,2E+09	7,9E+09	8,2E+09	8,2E+09	7,9E+09	8,2E+09	8,2E+09	7,9E+09	8,2E+09	8,2E+09	7,9E+09	8,2E+09	8,2E+09
As 77	2,4E+11	2,1E+11	2,3E+11	2,4E+11	2,1E+11	2,3E+11	2,4E+11	2,1E+11	2,3E+11	2,4E+11	2,1E+11	2,3E+11	2,4E+11
Se 77m	7,6E+08	6,6E+08	7,3E+08	7,6E+08	6,6E+08	7,3E+08	7,6E+08	6,6E+08	7,3E+08	7,6E+08	6,6E+08	7,3E+08	7,6E+08
Ge 78	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04	2,8E+04
As 78	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05	6,5E+05
Se 79	1,8E+06	1,9E+06	2,0E+06	2,0E+06	2,1E+06	2,2E+06	2,2E+06	2,3E+06	2,4E+06	2,4E+06	2,5E+06	2,6E+06	2,6E+06
Br 80	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04	1,4E+04
Br 80m	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04	1,3E+04
Br 82	4,7E+09	4,1E+09	4,5E+09	4,7E+09	4,1E+09	4,5E+09	4,7E+09	4,1E+09	4,5E+09	4,7E+09	4,1E+09	4,5E+09	4,7E+09
Br 83	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08	5,9E+08
Kr 83m	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09	2,7E+09
Rb 84	2,2E+06	2,2E+06	2,3E+06	2,3E+06	2,3E+06	2,4E+06	2,4E+06	2,4E+06	2,5E+06	2,5E+06	2,5E+06	2,5E+06	2,6E+06
Kr 85	3,3E+11	3,4E+11	3,5E+11	3,6E+11	3,7E+11	3,8E+11	4,0E+11	4,1E+11	4,2E+11	4,3E+11	4,4E+11	4,6E+11	4,7E+11
Kr 85m	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,6E+11
Rb 86	5,3E+09	5,2E+09	5,3E+09	5,4E+09	5,3E+09	5,4E+09	5,5E+09	5,4E+09	5,5E+09	5,6E+09	5,5E+09	5,6E+09	5,7E+09
Kr 87	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05	2,6E+05
Kr 88	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,8E+10
Rb 88	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10
Sr 89	2,6E+14	2,6E+14	2,7E+14	2,8E+14	2,8E+14	2,9E+14	2,9E+14	3,0E+14	3,0E+14	3,1E+14	3,1E+14	3,1E+14	3,2E+14
Y 89m	2,4E+10	2,5E+10	2,5E+10	2,6E+10	2,6E+10	2,7E+10	2,7E+10	2,8E+10	2,8E+10	2,9E+10	2,9E+10	2,9E+10	3,0E+10
Sr 90	2,4E+12	2,5E+12	2,6E+12	2,7E+12	2,8E+12	2,9E+12	3,0E+12	3,1E+12	3,2E+12	3,3E+12	3,3E+12	3,4E+12	3,5E+12
Y 90	2,4E+12	2,5E+12	2,6E+12	2,6E+12	2,7E+12	2,8E+12	2,9E+12	3,0E+12	3,1E+12	3,2E+12	3,3E+12	3,4E+12	3,5E+12
Y 90m	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04	6,2E+04
Sr 91	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13	1,4E+13
Y 91	3,0E+14	3,0E+14	3,1E+14	3,2E+14	3,2E+14	3,3E+14	3,4E+14	3,4E+14	3,5E+14	3,5E+14	3,6E+14	3,6E+14	3,7E+14
Y 91m	9,2E+12	8,9E+12	9,2E+12	9,2E+12	8,9E+12	9,2E+12	9,2E+12	8,9E+12	9,2E+12	9,2E+12	8,9E+12	9,2E+12	9,2E+12
Sr 92	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,0E+10
Y 92	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11	6,6E+11
Y 93	1,9E+13	1,8E+13	1,9E+13	1,9E+13	1,8E+13	1,9E+13	1,9E+13	1,8E+13	1,9E+13	1,9E+13	1,8E+13	1,9E+13	1,9E+13
Zr 93	5,0E+07	5,1E+07	5,3E+07	5,5E+07	5,7E+07	5,9E+07	6,1E+07	6,2E+07	6,4E+07	6,6E+07	6,8E+07	7,0E+07	7,2E+07
Zr 95	3,1E+14	3,2E+14	3,2E+14	3,3E+14	3,4E+14	3,5E+14	3,5E+14	3,6E+14	3,7E+14	3,7E+14	3,8E+14	3,8E+14	3,9E+14

RNIT(h)	1476	1548	1596	1644	1716	1764	1812	1884	1932	1980	2052	2100	2148
<b>Nb 95</b>	1,6E+14	1,7E+14	1,8E+14	1,8E+14	1,9E+14	2,0E+14	2,1E+14	2,2E+14	2,2E+14	2,3E+14	2,4E+14	2,5E+14	2,5E+14
<b>Nb 95m</b>	3,4E+12	3,5E+12	3,6E+12	3,7E+12	3,8E+12	3,8E+12	3,9E+12	4,0E+12	4,1E+12	4,2E+12	4,2E+12	4,3E+12	4,4E+12
<b>Nb 96</b>	9,0E+09	7,9E+09	8,8E+09	9,0E+09	7,9E+09	8,8E+09	9,0E+09	7,9E+09	8,8E+09	9,0E+09	7,9E+09	8,8E+09	9,0E+09
<b>Zr 97</b>	5,3E+13	4,8E+13	5,2E+13	5,3E+13	4,8E+13	5,2E+13	5,3E+13	4,8E+13	5,2E+13	5,3E+13	4,8E+13	5,2E+13	5,3E+13
<b>Nb 97</b>	5,3E+13	4,8E+13	5,2E+13	5,3E+13	4,8E+13	5,2E+13	5,3E+13	4,8E+13	5,2E+13	5,3E+13	4,8E+13	5,2E+13	5,3E+13
<b>Nb 97m</b>	5,0E+13	4,6E+13	5,0E+13	5,0E+13	4,6E+13	5,0E+13	5,0E+13	4,6E+13	5,0E+13	5,0E+13	4,6E+13	5,0E+13	5,0E+13
<b>Mo 99</b>	4,1E+13	3,7E+13	4,0E+13	4,1E+13	3,7E+13	4,0E+13	4,1E+13	3,7E+13	4,0E+13	4,1E+13	3,7E+13	4,0E+13	4,1E+13
<b>Tc 99</b>	2,8E+08	2,9E+08	3,0E+08	3,1E+08	3,2E+08	3,3E+08	3,4E+08	3,5E+08	3,6E+08	3,7E+08	3,8E+08	3,9E+08	4,0E+08
<b>Tc 99m</b>	4,0E+13	3,5E+13	3,8E+13	4,0E+13	3,5E+13	3,8E+13	4,0E+13	3,5E+13	3,8E+13	4,0E+13	3,5E+13	3,8E+13	4,0E+13
<b>Ru103</b>	1,9E+14	2,0E+14	2,0E+14	2,1E+14	2,1E+14	2,1E+14	2,1E+14	2,2E+14	2,2E+14	2,2E+14	2,2E+14	2,3E+14	2,3E+14
<b>Rh103m</b>	1,9E+14	2,0E+14	2,0E+14	2,0E+14	2,1E+14	2,1E+14	2,1E+14	2,2E+14	2,2E+14	2,2E+14	2,2E+14	2,3E+14	2,3E+14
<b>Ru105</b>	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11	1,2E+11
<b>Rh105</b>	2,6E+13	2,2E+13	2,5E+13	2,6E+13	2,2E+13	2,5E+13	2,6E+13	2,2E+13	2,5E+13	2,6E+13	2,2E+13	2,5E+13	2,6E+13
<b>Rh105m</b>	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10	3,5E+10
<b>Ru106</b>	4,7E+12	4,8E+12	5,0E+12	5,2E+12	5,3E+12	5,5E+12	5,6E+12	5,8E+12	5,9E+12	6,1E+12	6,3E+12	6,4E+12	6,6E+12
<b>Rh106</b>	4,7E+12	4,8E+12	5,0E+12	5,2E+12	5,3E+12	5,5E+12	5,6E+12	5,8E+12	5,9E+12	6,1E+12	6,3E+12	6,4E+12	6,6E+12
<b>Rh106m</b>	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07
<b>Pd107</b>	3,0E+05	3,1E+05	3,2E+05	3,3E+05	3,4E+05	3,5E+05	3,6E+05	3,7E+05	3,8E+05	3,9E+05	4,0E+05	4,2E+05	4,3E+05
<b>Pd109</b>	2,1E+11	2,0E+11	2,1E+11	2,1E+11	2,0E+11	2,1E+11	2,1E+11	2,0E+11	2,1E+11	2,1E+11	2,0E+11	2,1E+11	2,1E+11
<b>Ag109m</b>	2,1E+11	2,0E+11	2,1E+11	2,1E+11	2,0E+11	2,1E+11	2,1E+11	2,0E+11	2,1E+11	2,1E+11	2,0E+11	2,1E+11	2,1E+11
<b>Ag110</b>	2,1E+06	2,2E+06	2,2E+06	2,3E+06	2,4E+06	2,4E+06	2,5E+06	2,6E+06	2,6E+06	2,7E+06	2,8E+06	2,8E+06	2,9E+06
<b>Ag110m</b>	1,5E+08	1,6E+08	1,6E+08	1,7E+08	1,7E+08	1,8E+08	1,8E+08	1,9E+08	1,9E+08	2,0E+08	2,0E+08	2,1E+08	2,1E+08
<b>Pd111</b>	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06
<b>Pd111m</b>	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06
<b>Ag111</b>	1,3E+12	1,2E+12	1,3E+12	1,3E+12	1,2E+12	1,3E+12	1,3E+12	1,2E+12	1,3E+12	1,3E+12	1,2E+12	1,3E+12	1,3E+12
<b>Ag111m</b>	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06	1,8E+06
<b>Pd112</b>	1,7E+11	1,5E+11	1,7E+11	1,7E+11	1,5E+11	1,7E+11	1,7E+11	1,5E+11	1,7E+11	1,7E+11	1,5E+11	1,7E+11	1,7E+11
<b>Ag112</b>	2,0E+11	1,8E+11	2,0E+11	2,0E+11	1,8E+11	2,0E+11	2,0E+11	1,8E+11	2,0E+11	2,0E+11	1,8E+11	2,0E+11	2,0E+11
<b>Ag113</b>	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09	4,5E+09
<b>Cd113m</b>	1,1E+08	1,1E+08	1,1E+08	1,2E+08	1,2E+08	1,3E+08	1,3E+08	1,3E+08	1,4E+08	1,4E+08	1,4E+08	1,5E+08	1,5E+08
<b>Cd115</b>	4,7E+11	4,1E+11	4,5E+11	4,7E+11	4,1E+11	4,5E+11	4,7E+11	4,1E+11	4,5E+11	4,7E+11	4,1E+11	4,5E+11	4,7E+11
<b>Cd115m</b>	2,9E+10	2,9E+10	3,0E+10	3,1E+10	3,1E+10	3,1E+10	3,2E+10	3,2E+10	3,3E+10	3,4E+10	3,4E+10	3,4E+10	3,5E+10
<b>In115m</b>	5,1E+11	4,5E+11	4,9E+11	5,1E+11	4,5E+11	4,9E+11	5,1E+11	4,5E+11	4,9E+11	5,1E+11	4,5E+11	4,9E+11	5,1E+11
<b>Cd117</b>	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07
<b>Cd117m</b>	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07	4,3E+07
<b>In117</b>	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07	9,3E+07
<b>In117m</b>	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07	7,5E+07
<b>Sn117m</b>	2,0E+09	2,0E+09	2,0E+09	2,0E+09	2,0E+09	2,0E+09	2,1E+09	2,0E+09	2,0E+09	2,1E+09	2,0E+09	2,1E+09	2,1E+09
<b>Sn119m</b>	7,3E+08	7,6E+08	7,8E+08	8,1E+08	8,0E+08	8,1E+08	8,1E+08	8,0E+08	8,1E+08	8,1E+08	8,0E+08	8,1E+08	8,1E+08
<b>Sn121</b>	2,3E+11	2,0E+11	2,2E+11	2,3E+11	2,0E+11	2,2E+11	2,3E+11	2,0E+11	2,2E+11	2,3E+11	2,0E+11	2,2E+11	2,3E+11
<b>Sn121m</b>	1,6E+08	1,7E+08	1,7E+08	1,8E+08	1,8E+08	1,9E+08	1,9E+08	2,0E+08	2,1E+08	2,1E+08	2,2E+08	2,2E+08	2,3E+08
<b>Sb122</b>	5,8E+08	5,1E+08	5,6E+08	5,8E+08	5,1E+08	5,6E+08	5,8E+08	5,1E+08	5,6E+08	5,8E+08	5,1E+08	5,6E+08	5,8E+08
<b>Sn123</b>	3,4E+10	3,5E+10	3,6E+10	3,7E+10	3,8E+10	3,9E+10	4,0E+10	4,1E+10	4,2E+10	4,3E+10	4,4E+10	4,5E+10	4,6E+10

RNIT(h)	1476	1548	1596	1644	1716	1764	1812	1884	1932	1980	2052	2100	2148
<b>Sb124</b>	9,1E+08	9,3E+08	9,6E+08	9,8E+08	9,9E+08	1,0E+09	1,0E+09	1,1E+09	1,1E+09	1,1E+09	1,1E+09	1,1E+09	1,2E+09
<b>Sn125</b>	7,4E+11	7,1E+11	7,3E+11	7,4E+11	7,1E+11	7,3E+11	7,5E+11	7,2E+11	7,3E+11	7,5E+11	7,2E+11	7,3E+11	7,5E+11
<b>Sb125</b>	1,4E+11	1,5E+11	1,5E+11	1,6E+11	1,6E+11	1,7E+11	1,7E+11	1,8E+11	1,8E+11	1,9E+11	1,9E+11	2,0E+11	2,0E+11
<b>Te125m</b>	1,0E+10	1,1E+10	1,2E+10	1,2E+10	1,3E+10	1,4E+10	1,4E+10	1,5E+10	1,6E+10	1,7E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,9E+10
<b>Sn126</b>	6,7E+06	7,0E+06	7,2E+06	7,5E+06	7,7E+06	8,0E+06	8,2E+06	8,5E+06	8,7E+06	9,0E+06	9,2E+06	9,5E+06	9,7E+06
<b>Sb126</b>	7,1E+10	6,9E+10	7,0E+10	7,2E+10	7,0E+10	7,1E+10	7,2E+10	7,0E+10	7,1E+10	7,3E+10	7,0E+10	7,2E+10	7,3E+10
<b>Sb126m</b>	6,7E+06	7,0E+06	7,2E+06	7,5E+06	7,7E+06	8,0E+06	8,2E+06	8,5E+06	8,7E+06	9,0E+06	9,2E+06	9,5E+06	9,7E+06
<b>I126</b>	1,8E+04	1,8E+04	1,8E+04	1,8E+04	1,8E+04	1,8E+04	1,8E+04	1,8E+04	1,8E+04	1,9E+04	1,8E+04	1,8E+04	1,9E+04
<b>Sn127</b>	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,1E+07
<b>Sb127</b>	8,8E+12	8,0E+12	8,5E+12	8,8E+12	8,0E+12	8,5E+12	8,8E+12	8,0E+12	8,5E+12	8,8E+12	8,0E+12	8,5E+12	8,8E+12
<b>Te127</b>	8,9E+12	8,2E+12	8,6E+12	9,0E+12	8,3E+12	8,7E+12	9,0E+12	8,3E+12	8,8E+12	9,1E+12	8,4E+12	8,9E+12	9,2E+12
<b>Te127m</b>	8,6E+11	8,9E+11	9,2E+11	9,5E+11	9,7E+11	1,0E+12	1,0E+12	1,1E+12	1,1E+12	1,1E+12	1,1E+12	1,1E+12	1,2E+12
<b>Sb128</b>	5,3E+10	5,2E+10	5,3E+10	5,3E+10	5,2E+10	5,3E+10	5,3E+10	5,2E+10	5,3E+10	5,3E+10	5,2E+10	5,3E+10	5,3E+10
<b>Sb129</b>	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10	6,4E+10
<b>Te129</b>	4,4E+12	4,4E+12	4,5E+12	4,6E+12	4,6E+12	4,7E+12	4,8E+12	4,8E+12	4,9E+12	5,0E+12	4,9E+12	5,0E+12	5,1E+12
<b>Te129m</b>	6,7E+12	6,8E+12	6,9E+12	7,1E+12	7,1E+12	7,2E+12	7,4E+12	7,4E+12	7,5E+12	7,6E+12	7,6E+12	7,7E+12	7,8E+12
<b>I129</b>	1,9E+04	2,0E+04	2,1E+04	2,1E+04	2,2E+04	2,3E+04	2,3E+04	2,4E+04	2,5E+04	2,6E+04	2,7E+04	2,7E+04	2,8E+04
<b>Xe129m</b>	1,4E+05	1,3E+05	1,4E+05	1,4E+05	1,3E+05	1,4E+05	1,4E+05	1,3E+05	1,4E+05	1,4E+05	1,3E+05	1,4E+05	1,4E+05
<b>I130</b>	1,8E+08	1,7E+08	1,8E+08	1,8E+08	1,7E+08	1,8E+08	1,8E+08	1,7E+08	1,8E+08	1,8E+08	1,7E+08	1,8E+08	1,8E+08
<b>Te131</b>	1,9E+12	1,7E+12	1,9E+12	1,9E+12	1,7E+12	1,9E+12	1,9E+12	1,7E+12	1,9E+12	1,9E+12	1,7E+12	1,9E+12	1,9E+12
<b>Te131m</b>	8,5E+12	7,4E+12	8,2E+12	8,5E+12	7,4E+12	8,2E+12	8,5E+12	7,4E+12	8,2E+12	8,5E+12	7,4E+12	8,2E+12	8,5E+12
<b>I131</b>	1,1E+13	1,0E+13	1,1E+13	1,1E+13	1,1E+13	1,1E+13	1,1E+13	1,1E+13	1,1E+13	1,1E+13	1,1E+13	1,1E+13	1,1E+13
<b>Xe131m</b>	2,9E+12	2,9E+12	2,9E+12	2,9E+12	2,9E+12	2,9E+12	3,0E+12	3,0E+12	3,0E+12	3,0E+12	3,0E+12	3,0E+12	3,0E+12
<b>Te132</b>	2,2E+14	2,0E+14	2,1E+14	2,2E+14	2,0E+14	2,1E+14	2,2E+14	2,0E+14	2,1E+14	2,2E+14	2,0E+14	2,1E+14	2,2E+14
<b>I132</b>	1,1E+13	1,0E+13	1,1E+13	1,1E+13	1,0E+13	1,1E+13	1,1E+13	1,0E+13	1,1E+13	1,1E+13	1,0E+13	1,1E+13	1,1E+13
<b>Cs132</b>	2,1E+07	2,0E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,0E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,0E+07	2,1E+07	2,1E+07	2,0E+07	2,1E+07	2,1E+07
<b>I133</b>	4,3E+12	3,8E+12	4,2E+12	4,3E+12	3,8E+12	4,2E+12	4,3E+12	3,8E+12	4,2E+12	4,3E+12	3,8E+12	4,2E+12	4,3E+12
<b>Xe133</b>	5,0E+14	4,7E+14	4,9E+14	5,0E+14	4,7E+14	4,9E+14	5,0E+14	4,7E+14	4,9E+14	5,0E+14	4,7E+14	4,9E+14	5,0E+14
<b>Xe133m</b>	1,1E+13	9,2E+12	1,0E+13	1,1E+13	9,2E+12	1,0E+13	1,1E+13	9,2E+12	1,0E+13	1,1E+13	9,2E+12	1,0E+13	1,1E+13
<b>Cs134</b>	1,5E+10	1,5E+10	1,6E+10	1,6E+10	1,7E+10	1,7E+10	1,8E+10	1,8E+10	1,9E+10	1,9E+10	2,0E+10	2,0E+10	2,1E+10
<b>Cs134m</b>	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06	4,0E+06
<b>I135</b>	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11	2,3E+11
<b>Xe135</b>	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13	2,5E+13
<b>Xe135m</b>	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11	7,6E+11
<b>Cs135</b>	5,9E+06	6,1E+06	6,4E+06	6,6E+06	6,8E+06	7,0E+06	7,2E+06	7,5E+06	7,7E+06	7,9E+06	8,1E+06	8,3E+06	8,5E+06
<b>Ba135m</b>	9,2E+05	8,0E+05	8,9E+05	9,2E+05	8,0E+05	8,9E+05	9,2E+05	8,0E+05	8,9E+05	9,2E+05	8,0E+05	8,9E+05	9,2E+05
<b>Cs136</b>	4,8E+11	4,7E+11	4,7E+11	4,8E+11	4,7E+11	4,8E+11	4,9E+11	4,7E+11	4,8E+11	4,9E+11	4,8E+11	4,8E+11	4,9E+11
<b>Ba136m</b>	5,4E+10	5,2E+10	5,3E+10	5,4E+10	5,3E+10	5,4E+10	5,5E+10	5,3E+10	5,4E+10	5,5E+10	5,3E+10	5,4E+10	5,5E+10
<b>Cs137</b>	2,5E+12	2,6E+12	2,7E+12	2,7E+12	2,8E+12	2,9E+12	3,0E+12	3,1E+12	3,2E+12	3,3E+12	3,4E+12	3,5E+12	3,6E+12
<b>Ba137m</b>	2,3E+12	2,4E+12	2,5E+12	2,6E+12	2,7E+12	2,8E+12	2,8E+12	2,9E+12	3,0E+12	3,1E+12	3,2E+12	3,3E+12	3,4E+12
<b>Ba139</b>	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06	4,9E+06
<b>Ba140</b>	5,0E+14	4,9E+14	5,0E+14	5,0E+14	4,9E+14	5,0E+14	5,1E+14	4,9E+14	5,0E+14	5,1E+14	5,0E+14	5,0E+14	5,1E+14
<b>La140</b>	5,5E+14	5,4E+14	5,4E+14	5,5E+14	5,4E+14	5,5E+14	5,6E+14	5,4E+14	5,5E+14	5,6E+14	5,5E+14	5,5E+14	5,6E+14

RNIT(h)	1476	1548	1596	1644	1716	1764	1812	1884	1932	1980	2052	2100	2148
La141	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11	3,6E+11
Ce141	4,0E+14	4,0E+14	4,1E+14	4,2E+14	4,2E+14	4,3E+14	4,4E+14	4,4E+14	4,5E+14	4,5E+14	4,5E+14	4,6E+14	4,7E+14
La142	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07	1,6E+07
Pr142	1,9E+09	1,7E+09	1,9E+09	1,9E+09	1,7E+09	1,9E+09	1,9E+09	1,7E+09	1,9E+09	1,9E+09	1,7E+09	1,9E+09	1,9E+09
Ce143	1,4E+14	1,2E+14	1,3E+14	1,4E+14	1,2E+14	1,3E+14	1,4E+14	1,2E+14	1,3E+14	1,4E+14	1,2E+14	1,3E+14	1,4E+14
Pr143	5,2E+14	5,1E+14	5,1E+14	5,2E+14	5,1E+14	5,2E+14	5,3E+14	5,2E+14	5,2E+14	5,3E+14	5,2E+14	5,3E+14	5,3E+14
Ce144	7,7E+13	8,0E+13	8,3E+13	8,5E+13	8,8E+13	9,0E+13	9,3E+13	9,6E+13	9,8E+13	1,0E+14	1,0E+14	1,1E+14	1,1E+14
Pr144	7,7E+13	8,0E+13	8,3E+13	8,5E+13	8,8E+13	9,0E+13	9,3E+13	9,6E+13	9,8E+13	1,0E+14	1,0E+14	1,1E+14	1,1E+14
Pr144m	1,1E+12	1,1E+12	1,2E+12	1,2E+12	1,2E+12	1,3E+12	1,3E+12	1,3E+12	1,4E+12	1,4E+12	1,4E+12	1,5E+12	1,5E+12
Pr145	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12	2,0E+12
Pm146	4,2E+05	4,3E+05	4,5E+05	4,7E+05	4,8E+05	5,0E+05	5,1E+05	5,3E+05	5,4E+05	5,6E+05	5,7E+05	5,9E+05	6,0E+05
Nd147	1,8E+14	1,7E+14	1,7E+14	1,8E+14	1,7E+14	1,8E+14	1,8E+14	1,7E+14	1,8E+14	1,8E+14	1,7E+14	1,8E+14	1,8E+14
Pm147	8,0E+12	8,4E+12	8,7E+12	9,0E+12	9,5E+12	9,8E+12	1,0E+13	1,1E+13	1,1E+13	1,1E+13	1,2E+13	1,2E+13	1,2E+13
Pm148	1,3E+11	1,2E+11	1,3E+11	1,3E+11	1,2E+11	1,3E+11	1,3E+11	1,2E+11	1,3E+11	1,3E+11	1,2E+11	1,3E+11	1,3E+11
Pm148m	7,7E+10	7,8E+10	8,0E+10	8,2E+10	8,3E+10	8,4E+10	8,6E+10	8,6E+10	8,8E+10	9,0E+10	9,0E+10	9,1E+10	9,3E+10
Nd149	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07	1,9E+07
Pm149	4,1E+13	3,6E+13	4,0E+13	4,1E+13	3,6E+13	4,0E+13	4,1E+13	3,6E+13	4,0E+13	4,1E+13	3,6E+13	4,0E+13	4,1E+13
Pm150	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07	6,7E+07
Pm151	8,2E+12	7,1E+12	7,9E+12	8,2E+12	7,1E+12	7,9E+12	8,2E+12	7,1E+12	7,9E+12	8,2E+12	7,1E+12	7,9E+12	8,2E+12
Sm151	5,0E+10	5,2E+10	5,4E+10	5,6E+10	5,8E+10	6,0E+10	6,1E+10	6,3E+10	6,5E+10	6,7E+10	6,9E+10	7,1E+10	7,3E+10
Eu152	7,5E+05	7,7E+05	8,0E+05	8,3E+05	8,6E+05	8,8E+05	9,1E+05	9,4E+05	9,7E+05	9,9E+05	1,0E+06	1,1E+06	1,1E+06
Eu152m	3,7E+06	3,6E+06	3,7E+06	3,7E+06	3,6E+06	3,7E+06	3,7E+06	3,6E+06	3,7E+06	3,7E+06	3,6E+06	3,7E+06	3,7E+06
Sm153	5,6E+12	4,9E+12	5,4E+12	5,6E+12	4,9E+12	5,4E+12	5,6E+12	4,9E+12	5,4E+12	5,6E+12	4,9E+12	5,4E+12	5,6E+12
Eu154	1,4E+09	1,4E+09	1,5E+09	1,5E+09	1,6E+09	1,6E+09	1,7E+09	1,7E+09	1,8E+09	1,8E+09	1,9E+09	1,9E+09	2,0E+09
Eu155	7,3E+10	7,6E+10	7,8E+10	8,1E+10	8,4E+10	8,6E+10	8,9E+10	9,2E+10	9,4E+10	9,7E+10	9,9E+10	1,0E+11	1,1E+11
Sm156	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10	3,7E+10
Eu156	1,6E+12	1,6E+12	1,6E+12	1,7E+12	1,6E+12	1,6E+12	1,7E+12	1,6E+12	1,7E+12	1,7E+12	1,6E+12	1,7E+12	1,7E+12
Eu157	5,1E+10	4,8E+10	5,1E+10	5,1E+10	4,8E+10	5,1E+10	5,1E+10	4,8E+10	5,1E+10	5,1E+10	4,8E+10	5,1E+10	5,1E+10
Gd159	1,2E+10	1,1E+10	1,2E+10	1,2E+10	1,1E+10	1,2E+10	1,2E+10	1,1E+10	1,2E+10	1,2E+10	1,1E+10	1,2E+10	1,2E+10
Tb160	1,2E+08	1,2E+08	1,2E+08	1,3E+08	1,3E+08	1,3E+08	1,4E+08	1,4E+08	1,4E+08	1,4E+08	1,5E+08	1,5E+08	1,5E+08
Tb161	7,1E+09	6,7E+09	6,9E+09	7,1E+09	6,7E+09	6,9E+09	7,1E+09	6,7E+09	6,9E+09	7,1E+09	6,7E+09	6,9E+09	7,1E+09
Dy166	4,9E+07	4,5E+07	4,8E+07	4,9E+07	4,5E+07	4,8E+07	4,9E+07	4,5E+07	4,8E+07	4,9E+07	4,5E+07	4,8E+07	4,9E+07
Ho166	6,5E+07	5,9E+07	6,3E+07	6,5E+07	5,9E+07	6,3E+07	6,5E+07	5,9E+07	6,3E+07	6,5E+07	5,9E+07	6,3E+07	6,5E+07
Er169	1,4E+07	1,4E+07	1,4E+07	1,4E+07	1,4E+07	1,4E+07	1,4E+07	1,4E+07	1,4E+07	1,4E+07	1,4E+07	1,4E+07	1,4E+07
Er171	6,8E+04	6,7E+04	6,8E+04	6,8E+04	6,7E+04	6,8E+04	6,8E+04	6,7E+04	6,8E+04	6,8E+04	6,7E+04	6,8E+04	6,8E+04
Tm171	3,3E+05	3,4E+05	3,6E+05	3,7E+05	3,8E+05	3,9E+05	4,0E+05	4,1E+05	4,3E+05	4,4E+05	4,5E+05	4,6E+05	4,7E+05
Er172	3,5E+06	3,1E+06	3,4E+06	3,5E+06	3,1E+06	3,4E+06	3,5E+06	3,1E+06	3,4E+06	3,5E+06	3,1E+06	3,4E+06	3,5E+06
Tm172	7,2E+06	6,5E+06	6,9E+06	7,2E+06	6,5E+06	6,9E+06	7,2E+06	6,5E+06	6,9E+06	7,2E+06	6,5E+06	6,9E+06	7,2E+06
TOTAL	5,1E+15	5,0E+15	5,1E+15	5,2E+15	5,1E+15	5,3E+15	5,4E+15	5,3E+15	5,4E+15	5,5E+15	5,4E+15	5,5E+15	5,7E+15

## APÊNDICE B – CONCENTRAÇÃO DE ATIVIDADE DOS NUCLÍDEOS PRESENTES NOS REJEITOS LÍQUIDOS

A seguir, os resultados de concentração de atividade calculados pelo MicroShield® baseados no volume otimizado de um coletor cilíndrico de aço inox e blindagem de chumbo e das atividades dos isótopos. Nestes dados as devidas frações presentes nos RLA foram consideradas, bem como a retirada de 85% de Mo e 95% de I considerados produtos e não RR.

### APÊNDICE B.1 – CONCENTRAÇÃO DE ATIVIDADE DOS REJEITOS LÍQUIDOS ÁCIDOS NO CENÁRIO I

O volume de RLA estimado por remessa é de 10 litros. À medida que os RR são acumulados no mesmo recipiente ao longo das semanas, deve-se considerar também o aumento de volume proporcional, ou seja, **10L por semana**.

### APÊNDICE B. 1 – CONCENTRAÇÃO DE ATIVIDADE (Bq/m<sup>3</sup>) DOS RLA AO LONGO DE 3 MESES – CENÁRIO I

Nuclídeo	1 semana	2 semanas	3 semanas	4 semanas	5 semanas	6 semanas	7 semanas	8 semanas	9 semanas	10 semanas	11 semanas	12 semanas	13 semanas
Ag-109m	3,9E+03	1,9E+03	1,3E+03	9,7E+02	7,7E+02	6,4E+02	5,5E+02	4,8E+02	4,3E+02	3,9E+02	3,5E+02	3,2E+02	3,0E+02
Ag-110	8,0E+00	8,0E+00	7,9E+00	7,8E+00	7,7E+00	7,6E+00	7,6E+00	7,5E+00	7,4E+00	7,4E+00	7,3E+00	7,2E+00	7,2E+00
Ag-110m	5,9E+02	5,9E+02	5,8E+02	5,8E+02	5,7E+02	5,6E+02	5,6E+02	5,5E+02	5,5E+02	5,4E+02	5,4E+02	5,3E+02	5,3E+02
Ag-111	1,3E+07	9,6E+06	7,5E+06	6,1E+06	5,1E+06	4,3E+06	3,7E+06	3,3E+06	2,9E+06	2,6E+06	2,4E+06	2,2E+06	2,0E+06
Ag-111m	1,1E-07	5,5E-08	3,7E-08	2,8E-08	2,2E-08	1,8E-08	1,6E-08	1,4E-08	1,2E-08	1,1E-08	1,0E-08	9,2E-09	8,5E-09
Ag-112	6,2E+04	3,1E+04	2,1E+04	1,6E+04	1,3E+04	1,0E+04	9,0E+03	7,9E+03	7,0E+03	6,3E+03	5,7E+03	5,2E+03	4,8E+03
Ag-113	1,7E-04	8,4E-05	5,6E-05	4,2E-05	3,4E-05	2,8E-05	2,4E-05	2,1E-05	1,9E-05	1,7E-05	1,5E-05	1,4E-05	1,3E-05
Ba-137m	8,5E+06	0,0E+00	8,5E+06	8,5E+06	8,5E+06	8,5E+06	8,5E+06	8,5E+06	8,5E+06	8,5E+06	8,5E+06	8,4E+05	8,4E+05
Br-80	5,0E-12	2,5E-12	1,7E-12	1,3E-12	1,0E-12	8,3E-13	7,1E-13	6,3E-13	5,6E-13	5,0E-13	4,5E-13	4,2E-13	3,8E-13
Br-80m	4,7E-12	2,3E-12	1,6E-12	1,2E-12	9,3E-13	7,8E-13	6,7E-13	5,8E-13	5,2E-13	4,7E-13	4,2E-13	3,9E-13	3,6E-13
Br-82	1,0E+04	5,5E+03	3,6E+03	2,7E+03	2,2E+03	1,8E+03	1,6E+03	1,4E+03	1,2E+03	1,1E+03	9,9E+02	9,1E+02	8,4E+02
Cs-132	2,1E+02	1,5E+02	1,2E+02	9,4E+01	7,7E+01	6,5E+01	5,6E+01	5,0E+01	4,4E+01	4,0E+01	3,6E+01	3,3E+01	3,1E+01
Cs-134	5,4E+04	5,4E+04	5,4E+04	5,4E+04	5,4E+04	5,3E+04	5,3E+04	5,3E+04	5,3E+04	5,3E+04	5,3E+04	5,3E+04	5,2E+04
Cs-135	2,1E+01	2,2E+01	2,1E+01	2,2E+01	2,1E+01	2,1E+01	2,1E+01	2,2E+01	2,1E+01	2,2E+01	2,1E+01	2,2E+01	2,1E+01
Cs-136	3,8E+06	3,2E+06	2,8E+06	2,4E+06	2,1E+06	1,8E+06	1,6E+06	1,5E+06	1,3E+06	1,2E+06	1,1E+06	1,0E+06	9,5E+05
Cs-137	8,9E+06	9,0E+06	9,0E+06	9,0E+06	8,9E+06	8,9E+06	8,9E+06	8,9E+06	8,9E+06	8,9E+06	8,9E+06	8,9E+05	8,9E+05
Ge-77	2,5E+01	1,3E+01	8,5E+00	6,4E+00	5,1E+00	4,2E+00	3,6E+00	3,2E+00	2,8E+00	2,6E+00	2,3E+00	2,1E+00	2,0E+00
H-3	3,5E+04	3,6E+04	3,5E+04	3,6E+04	3,5E+04	3,5E+04	3,5E+04	3,5E+04	3,5E+04	3,5E+04	3,5E+04	3,5E+04	3,5E+04
I-126	2,9E+00	2,4E+00	2,1E+00	1,8E+00	1,6E+00	1,4E+00	1,2E+00	1,1E+00	1,0E+00	9,1E-01	8,3E-01	7,7E-01	7,1E-01
I-129	1,3E+00	1,3E+00	1,3E+00	1,3E+00	1,3E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00
I-130	1,3E+00	6,5E-01	4,3E-01	3,2E-01	2,6E-01	2,1E-01	1,8E-01	1,6E-01	1,4E-01	1,3E-01	1,2E-01	1,1E-01	9,9E-02



Nuclídeo	1 semana	2 semanas	3 semanas	4 semanas	5 semanas	6 semanas	7 semanas	8 semanas	9 semanas	10 semanas	11 semanas	12 semanas	13 semanas
I-131	1,0E+08	8,2E+07	6,5E+07	5,3E+07	4,4E+07	3,8E+07	3,3E+07	2,9E+07	2,6E+07	2,3E+07	2,1E+07	1,9E+07	1,8E+07
I-132	9,1E+07	5,6E+07	3,9E+07	2,9E+07	2,4E+07	2,0E+07	1,7E+07	1,5E+07	1,3E+07	1,2E+07	1,1E+07	9,8E+06	9,1E+06
I-133	1,2E+06	6,2E+05	4,1E+05	3,1E+05	2,5E+05	2,1E+05	1,8E+05	1,6E+05	1,4E+05	1,2E+05	1,1E+05	1,0E+05	9,5E+04
I-135	9,1E+00	4,5E+00	3,0E+00	2,3E+00	1,8E+00	1,5E+00	1,3E+00	1,1E+00	1,0E+00	9,1E-01	8,3E-01	7,6E-01	7,0E-01
Mo-99	2,9E+08	1,7E+08	1,2E+08	8,8E+07	7,0E+07	5,8E+07	5,0E+07	4,4E+07	3,9E+07	3,5E+07	3,2E+07	2,9E+07	2,7E+07
Na-24	9,5E+03	4,8E+03	3,2E+03	2,4E+03	1,9E+03	1,6E+03	1,4E+03	1,2E+03	1,1E+03	9,6E+02	8,7E+02	8,0E+02	7,3E+02
Nb-95	6,7E+07	8,2E+07	9,4E+07	1,0E+08	1,1E+08	1,2E+08	1,3E+08	1,3E+08	1,3E+08	1,4E+08	1,4E+08	1,4E+08	1,4E+08
Nb-95m	3,1E+06	3,1E+06	3,1E+06	3,0E+06	2,9E+06	2,8E+06	2,8E+06	2,7E+06	2,6E+06	2,5E+06	2,4E+06	2,4E+06	2,3E+06
Nb-96	9,8E+02	4,9E+02	3,3E+02	2,5E+02	2,0E+02	1,6E+02	1,4E+02	1,2E+02	1,1E+02	9,8E+01	8,9E+01	8,2E+01	7,6E+01
Nb-97	9,7E+05	4,9E+05	3,2E+05	2,4E+05	1,9E+05	1,6E+05	1,4E+05	1,2E+05	1,1E+05	9,7E+04	8,8E+04	8,1E+04	7,5E+04
Rb-84	1,2E+01	1,1E+01	1,1E+01	9,9E+00	9,3E+00	8,7E+00	8,2E+00	7,7E+00	7,2E+00	6,8E+00	6,5E+00	6,1E+00	5,8E+00
Rb-86	3,6E+04	3,2E+04	2,9E+04	2,6E+04	2,3E+04	2,1E+04	1,9E+04	1,7E+04	1,6E+04	1,5E+04	1,4E+04	1,3E+04	1,2E+04
Rh-103m	6,1E+08	5,8E+08	5,4E+08	5,2E+08	4,9E+08	4,6E+08	4,4E+08	4,1E+08	3,9E+08	3,7E+08	3,6E+08	3,4E+08	3,2E+08
Rh-105	3,6E+07	1,9E+07	1,2E+07	9,3E+06	7,4E+06	6,2E+06	5,3E+06	4,7E+06	4,1E+06	3,7E+06	3,4E+06	3,1E+06	2,9E+06
Rh-106	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,0E+07	1,0E+07	1,0E+07	1,0E+07	1,0E+07	1,0E+07	1,0E+07	1,0E+07
Ru-103	6,1E+08	5,8E+08	5,5E+08	5,2E+08	4,9E+08	4,6E+08	4,4E+08	4,2E+08	3,9E+08	3,8E+08	3,6E+08	3,4E+08	3,2E+08
Ru-105	3,0E-05	1,5E-05	1,0E-05	7,6E-06	6,1E-06	5,0E-06	4,3E-06	3,8E-06	3,4E-06	3,0E-06	2,8E-06	2,5E-06	2,3E-06
Ru-106	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,0E+07	1,0E+07	1,0E+07	1,0E+07	1,0E+07	1,0E+07	1,0E+07	1,0E+07
Se-77m	2,2E+03	1,2E+03	7,9E+02	5,9E+02	4,7E+02	3,9E+02	3,4E+02	3,0E+02	2,6E+02	2,4E+02	2,1E+02	2,0E+02	1,8E+02
Se-79	6,6E+00	6,6E+00	6,6E+00	6,6E+00	6,6E+00	6,6E+00	6,6E+00	6,6E+00	6,6E+00	6,6E+00	6,6E+00	6,6E+00	6,6E+00
Tc-99	9,7E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03
Tc-99m	2,8E+08	1,6E+08	1,1E+08	8,5E+07	6,8E+07	5,6E+07	4,8E+07	4,2E+07	3,8E+07	3,4E+07	3,1E+07	2,8E+07	2,6E+07
Zr-93	3,8E+01	3,8E+01	3,8E+01	3,8E+01	3,8E+01	3,8E+01	3,8E+01	3,8E+01	3,8E+01	3,8E+01	3,8E+01	3,8E+01	3,8E+01
Zr-95	3,0E+08	2,9E+08	2,8E+08	2,7E+08	2,6E+08	2,5E+08	2,4E+08	2,3E+08	2,3E+08	2,2E+08	2,1E+08	2,1E+08	2,0E+08
Zr-97	9,6E+05	4,8E+05	3,2E+05	2,4E+05	1,9E+05	1,6E+05	1,4E+05	1,2E+05	1,1E+05	9,7E+04	8,8E+04	8,1E+04	7,4E+04

## APÊNDICE B.2 – CONCENTRAÇÃO DE ATIVIDADE DOS REJEITOS LÍQUIDOS BÁSICOS NO CENÁRIO I

O volume de RLB estimado por remessa é de 5 litros. À medida que os RR são acumulados no mesmo recipiente ao longo das semanas, deve-se considerar também o aumento de volume proporcional, ou seja, **5L por semana**.

## APÊNDICE B. 2 – CONCENTRAÇÃO DE ATIVIDADE (Bq/m<sup>3</sup>) DOS RLB AO LONGO DE 3 MESES – CENÁRIO I

Nuclídeo	1 semana	2 semanas	3 semanas	4 semanas	5 semanas	6 semanas	7 semanas	8 semanas	9 semanas	10 semanas	11 semanas	12 semanas	13 semanas
Ag-109m	1,6E+02	7,9E+01	5,3E+01	4,0E+01	3,2E+01	2,6E+01	2,3E+01	2,0E+01	1,8E+01	1,6E+01	1,4E+01	1,3E+01	1,2E+01
Ag-110	3,3E-01	3,2E-01	3,2E-01	3,2E-01	3,2E-01	3,1E-01	3,1E-01	3,1E-01	3,0E-01	3,0E-01	3,0E-01	2,9E-01	2,9E-01
Ag-110m	2,4E+01	2,4E+01	2,4E+01	2,3E+01	2,3E+01	2,3E+01	2,3E+01	2,3E+01	2,2E+01	2,2E+01	2,2E+01	2,2E+01	2,2E+01
Ag-111	5,2E+05	3,9E+05	3,1E+05	2,5E+05	2,1E+05	1,8E+05	1,5E+05	1,3E+05	1,2E+05	1,1E+05	9,8E+04	9,0E+04	8,3E+04
Ag-111m	4,5E-09	2,2E-09	1,5E-09	1,1E-09	9,0E-10	7,5E-10	6,4E-10	5,6E-10	5,0E-10	4,5E-10	4,1E-10	3,7E-10	3,4E-10
Ag-112	2,6E+03	1,3E+03	8,5E+02	6,4E+02	5,1E+02	4,3E+02	3,7E+02	3,2E+02	2,8E+02	2,6E+02	2,3E+02	2,1E+02	2,0E+02
Ag-113	6,9E-06	3,4E-06	2,3E-06	1,7E-06	1,4E-06	1,1E-06	9,8E-07	8,6E-07	7,6E-07	6,9E-07	6,2E-07	5,7E-07	5,3E-07
Ba-137m	3,5E+05	3,5E+05	3,5E+05	3,5E+05	3,5E+05	3,5E+05	3,5E+05	3,5E+05	3,4E+05	3,4E+05	3,5E+05	3,5E+05	3,4E+05
Br-80	2,0E-13	1,0E-13	6,8E-14	5,1E-14	4,1E-14	3,4E-14	2,9E-14	2,6E-14	2,3E-14	2,0E-14	1,9E-14	1,7E-14	1,6E-14
Br-80m	1,9E-13	9,5E-14	6,3E-14	4,8E-14	3,8E-14	3,2E-14	2,7E-14	2,4E-14	2,1E-14	1,9E-14	1,7E-14	1,6E-14	1,5E-14
Br-82	4,3E+02	2,2E+02	1,5E+02	1,1E+02	8,9E+01	7,4E+01	6,4E+01	5,6E+01	5,0E+01	4,5E+01	4,1E+01	3,7E+01	3,4E+01
Cs-132	8,5E+00	6,3E+00	4,8E+00	3,8E+00	3,2E+00	2,7E+00	2,3E+00	2,0E+00	1,8E+00	1,6E+00	1,5E+00	1,3E+00	1,2E+00
Cs-134	2,2E+03	2,2E+03	2,2E+03	2,2E+03	2,2E+03	2,2E+03	2,2E+03	2,2E+03	2,2E+03	2,2E+03	2,1E+03	2,1E+03	2,1E+03
Cs-135	8,8E-01	8,8E-01	8,8E-01	8,8E-01	8,8E-01	8,8E-01	8,8E-01	8,8E-01	8,8E-01	8,8E-01	8,8E-01	8,8E-01	8,8E-01
Cs-136	1,6E+05	1,3E+05	1,1E+05	9,8E+04	8,5E+04	7,5E+04	6,7E+04	6,0E+04	5,4E+04	4,9E+04	4,5E+04	4,2E+04	3,9E+04
Cs-137	3,7E+05	3,6E+05	3,7E+05	3,7E+05	3,7E+05	3,7E+05	3,7E+05	3,7E+05	3,6E+05	3,6E+05	3,7E+05	3,6E+05	3,6E+05
Ge-77	1,0E+00	5,2E-01	3,5E-01	2,6E-01	2,1E-01	1,7E-01	1,5E-01	1,3E-01	1,2E-01	1,0E-01	9,5E-02	8,7E-02	8,0E-02
H-3	1,4E+03	1,4E+03	1,4E+03	1,4E+03	1,4E+03	1,4E+03	1,4E+03	1,4E+03	1,4E+03	1,4E+03	1,4E+03	1,4E+03	1,4E+03
I-126	1,2E-01	1,0E-01	8,5E-02	7,4E-02	6,4E-02	5,6E-02	5,0E-02	4,5E-02	4,1E-02	3,7E-02	3,4E-02	3,1E-02	2,9E-02
I-129	5,3E-02	5,3E-02	5,4E-02	5,5E-02	5,5E-02	5,5E-02	5,6E-02	5,6E-02	5,6E-02	5,7E-02	5,7E-02	5,7E-02	5,7E-02
I-130	5,3E-02	2,6E-02	1,8E-02	1,3E-02	1,1E-02	8,8E-03	7,5E-03	6,6E-03	5,9E-03	5,3E-03	4,8E-03	4,4E-03	4,1E-03
I-131	4,3E+06	3,3E+06	2,6E+06	2,2E+06	1,8E+06	1,5E+06	1,3E+06	1,2E+06	1,0E+06	9,4E+05	8,6E+05	7,9E+05	7,3E+05
I-132	3,7E+06	2,3E+06	1,6E+06	1,2E+06	9,6E+05	8,0E+05	6,9E+05	6,0E+05	5,3E+05	4,8E+05	4,4E+05	4,0E+05	3,7E+05
I-133	5,0E+04	2,5E+04	1,7E+04	1,3E+04	1,0E+04	8,4E+03	7,2E+03	6,3E+03	5,6E+03	5,0E+03	4,6E+03	4,2E+03	3,9E+03
I-135	3,7E-01	1,8E-01	1,2E-01	9,3E-02	7,4E-02	6,2E-02	5,3E-02	4,6E-02	4,1E-02	3,7E-02	3,4E-02	3,1E-02	2,8E-02
Mo-99	1,2E+07	6,9E+06	4,7E+06	3,6E+06	2,9E+06	2,4E+06	2,0E+06	1,8E+06	1,6E+06	1,4E+06	1,3E+06	1,2E+06	1,1E+06
Na-24	3,9E+02	1,9E+02	1,3E+02	9,8E+01	7,8E+01	6,5E+01	5,6E+01	4,9E+01	4,3E+01	3,9E+01	3,5E+01	3,2E+01	3,0E+01
Nb-95	2,7E+06	3,3E+06	3,8E+06	4,3E+06	4,6E+06	4,9E+06	5,1E+06	5,4E+06	5,5E+06	5,6E+06	5,7E+06	5,8E+06	5,8E+06
Nb-95m	1,3E+05	1,3E+05	1,3E+05	1,2E+05	1,2E+05	1,2E+05	1,1E+05	1,1E+05	1,1E+05	1,0E+05	1,0E+05	9,6E+04	9,4E+04
Nb-96	4,0E+01	2,0E+01	1,3E+01	1,0E+01	8,0E+00	6,7E+00	5,7E+00	5,0E+00	4,5E+00	4,0E+00	3,7E+00	3,3E+00	3,1E+00
Nb-97	4,0E+04	2,0E+04	1,3E+04	9,9E+03	7,9E+03	6,6E+03	5,7E+03	5,0E+03	4,4E+03	4,0E+03	3,6E+03	3,3E+03	3,0E+03
Rb-84	5,0E-01	4,6E-01	4,3E-01	4,0E-01	3,8E-01	3,5E-01	3,3E-01	3,1E-01	3,0E-01	2,8E-01	2,6E-01	2,5E-01	2,4E-01
Rb-86	1,5E+03	1,3E+03	1,2E+03	1,0E+03	9,4E+02	8,5E+02	7,7E+02	7,1E+02	6,5E+02	6,0E+02	5,5E+02	5,1E+02	4,8E+02

Nuclideo	1 semana	2 semanas	3 semanas	4 semanas	5 semanas	6 semanas	7 semanas	8 semanas	9 semanas	10 semanas	11 semanas	12 semanas	13 semanas
Rh-103m	2,5E+07	2,4E+07	2,2E+07	2,1E+07	2,0E+07	1,9E+07	1,8E+07	1,7E+07	1,6E+07	1,5E+07	1,5E+07	1,4E+07	1,3E+07
Rh-105	1,5E+06	7,6E+05	5,1E+05	3,8E+05	3,0E+05	2,5E+05	2,2E+05	1,9E+05	1,7E+05	1,5E+05	1,4E+05	1,3E+05	1,2E+05
Rh-106	4,4E+05	4,4E+05	4,4E+05	4,3E+05	4,3E+05	4,3E+05	4,3E+05	4,2E+05	4,2E+05	4,2E+05	4,1E+05	4,1E+05	4,1E+05
Ru-103	2,5E+07	2,4E+07	2,2E+07	2,1E+07	2,0E+07	1,9E+07	1,8E+07	1,7E+07	1,6E+07	1,5E+07	1,5E+07	1,4E+07	1,3E+07
Ru-105	1,2E-06	6,2E-07	4,1E-07	3,1E-07	2,5E-07	2,1E-07	1,8E-07	1,5E-07	1,4E-07	1,2E-07	1,1E-07	1,0E-07	9,5E-08
Ru-106	4,4E+05	4,4E+05	4,4E+05	4,3E+05	4,3E+05	4,3E+05	4,3E+05	4,2E+05	4,2E+05	4,2E+05	4,1E+05	4,1E+05	4,1E+05
Se-77m	9,1E+01	4,8E+01	3,2E+01	2,4E+01	1,9E+01	1,6E+01	1,4E+01	1,2E+01	1,1E+01	9,6E+00	8,7E+00	8,0E+00	7,4E+00
Se-79	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01
Tc-99	4,0E+01	4,1E+01	4,1E+01	4,2E+01	4,2E+01	4,2E+01	4,2E+01	4,2E+01	4,2E+01	4,2E+01	4,2E+01	4,2E+01	4,2E+01
Tc-99m	1,1E+07	6,7E+06	4,6E+06	3,5E+06	2,8E+06	2,3E+06	2,0E+06	1,7E+06	1,5E+06	1,4E+06	1,3E+06	1,2E+06	1,1E+06
Zr-93	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00
Zr-95	1,2E+07	1,2E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,0E+07	9,9E+06	9,6E+06	9,2E+06	8,9E+06	8,7E+06	8,4E+06	8,1E+06
Zr-97	3,9E+04	2,0E+04	1,3E+04	9,9E+03	7,9E+03	6,6E+03	5,6E+03	4,9E+03	4,4E+03	3,9E+03	3,6E+03	3,3E+03	3,0E+03

## APÊNDICE B.3 – CONCENTRAÇÃO DE ATIVIDADE DOS REJEITOS LÍQUIDOS ÁCIDOS NO CENÁRIO II

O volume de RLA estimado por remessa é de 10 litros. À medida que os RR são acumulados no mesmo recipiente ao longo das semanas, deve-se considerar também o aumento de volume proporcional, ou seja, **30L por semana**.

### APÊNDICE B. 3 – CONCENTRAÇÃO DE ATIVIDADE (Bq/m<sup>3</sup>) DOS RLA AO LONGO DE 3 MESES – CENÁRIO II

Nuclídeo	1 semana	2 semanas	3 semanas	4 semanas	5 semanas	6 semanas	7 semanas	8 semanas	9 semanas	10 semanas	11 semanas	12 semanas
Ag-109m	1,8E+05	9,1E+04	6,1E+04	4,6E+04	3,6E+04	3,0E+04	2,6E+04	2,3E+04	2,0E+04	1,8E+04	1,7E+04	1,5E+04
Ag-110	8,1E+00	8,0E+00	7,9E+00	7,9E+00	7,8E+00	7,7E+00	7,6E+00	7,5E+00	7,5E+00	7,4E+00	7,3E+00	7,3E+00
Ag-110m	5,9E+02	5,9E+02	5,8E+02	5,8E+02	5,7E+02	5,7E+02	5,6E+02	5,5E+02	5,5E+02	5,5E+02	5,4E+02	5,4E+02
Ag-111	1,5E+07	1,2E+07	9,2E+06	7,4E+06	6,2E+06	5,2E+06	4,5E+06	4,0E+06	3,6E+06	3,2E+06	2,9E+06	2,7E+06
Ag-111m	6,6E-03	3,3E-03	2,2E-03	1,6E-03	1,3E-03	1,1E-03	9,4E-04	8,2E-04	7,3E-04	6,6E-04	6,0E-04	5,5E-04
Ag-112	6,1E+05	3,1E+05	2,1E+05	1,5E+05	1,2E+05	1,0E+05	8,8E+04	7,7E+04	6,9E+04	6,2E+04	5,6E+04	5,1E+04
Ag-113	1,4E+01	6,8E+00	4,5E+00	3,4E+00	2,7E+00	2,3E+00	1,9E+00	1,7E+00	1,5E+00	1,4E+00	1,2E+00	1,1E+00
Ba-137m	8,5E+06	8,5E+06	8,5E+06	8,4E+06	8,5E+06	8,5E+06	8,5E+06	8,5E+06	8,4E+06	8,4E+06	8,5E+06	8,5E+06
Br-80	5,8E-06	2,9E-06	1,9E-06	1,4E-06	1,2E-06	9,6E-07	8,2E-07	7,2E-07	6,4E-07	5,8E-07	5,2E-07	4,8E-07
Br-80m	5,4E-06	2,7E-06	1,8E-06	1,3E-06	1,1E-06	8,9E-07	7,7E-07	6,7E-07	6,0E-07	5,4E-07	4,9E-07	4,5E-07
Br-82	3,6E+04	1,8E+04	1,2E+04	9,3E+03	7,4E+03	6,2E+03	5,3E+03	4,6E+03	4,1E+03	3,7E+03	3,4E+03	3,1E+03
Br-83	1,8E-05	8,9E-06	6,0E-06	4,5E-06	3,6E-06	3,0E-06	2,6E-06	2,2E-06	2,0E-06	1,8E-06	1,6E-06	1,5E-06
Cs-132	2,6E+02	1,9E+02	1,5E+02	1,2E+02	9,7E+01	8,2E+01	7,1E+01	6,2E+01	5,6E+01	5,0E+01	4,5E+01	4,2E+01
Cs-134	5,4E+04	5,4E+04	5,4E+04	5,4E+04	5,4E+04	5,4E+04	5,3E+04	5,3E+04	5,3E+04	5,3E+04	5,3E+04	5,3E+04
Cs-134m	4,7E-06	2,3E-06	1,6E-06	1,2E-06	9,3E-07	7,8E-07	6,7E-07	5,8E-07	5,2E-07	4,7E-07	4,2E-07	3,9E-07
Cs-135	2,1E+01	2,1E+01	2,1E+01	2,2E+01	2,1E+01	2,1E+01	2,1E+01	2,1E+01	2,1E+01	2,1E+01	2,1E+01	2,2E+01
Cs-136	4,3E+06	3,6E+06	3,1E+06	2,7E+06	2,3E+06	2,0E+06	1,8E+06	1,6E+06	1,5E+06	1,3E+06	1,2E+06	1,1E+06
Cs-137	9,0E+06	8,9E+06	9,0E+06	8,9E+06	8,9E+06	8,9E+06	9,0E+06	9,0E+06	8,9E+06	8,9E+06	8,9E+06	8,9E+06
Ge-77	3,2E+03	1,6E+03	1,1E+03	8,1E+02	6,5E+02	5,4E+02	4,6E+02	4,0E+02	3,6E+02	3,2E+02	2,9E+02	2,7E+02
Ge-78	1,5E-15	7,7E-16	5,1E-16	3,9E-16	3,1E-16	2,6E-16	2,2E-16	1,9E-16	1,7E-16	1,5E-16	1,4E-16	1,3E-16
H-3	3,6E+04	3,5E+04	3,5E+04	3,5E+04	3,5E+04	3,5E+04	3,5E+04	3,5E+04	3,5E+04	3,5E+04	3,5E+04	3,5E+04
I-126	1,6E-01	1,4E-01	1,2E-01	1,0E-01	8,7E-02	7,7E-02	6,9E-02	6,2E-02	5,6E-02	5,1E-02	4,6E-02	4,3E-02
I-129	6,4E-02	6,5E-02	6,6E-02	6,6E-02	6,7E-02	6,8E-02	6,8E-02	6,8E-02	6,9E-02	6,9E-02	6,9E-02	7,0E-02
I-130	1,0E+02	5,0E+01	3,4E+01	2,5E+01	2,0E+01	1,7E+01	1,4E+01	1,3E+01	1,1E+01	1,0E+01	9,2E+00	8,4E+00
I-131	1,3E+08	9,7E+07	7,7E+07	6,3E+07	5,3E+07	4,5E+07	3,9E+07	3,4E+07	3,1E+07	2,8E+07	2,5E+07	2,3E+07
I-132	1,5E+08	9,1E+07	6,3E+07	4,8E+07	3,8E+07	3,2E+07	2,7E+07	2,4E+07	2,1E+07	1,9E+07	1,7E+07	1,6E+07
I-133	1,2E+07	6,3E+06	4,2E+06	3,1E+06	2,5E+06	2,1E+06	1,8E+06	1,6E+06	1,4E+06	1,3E+06	1,1E+06	1,0E+06
I-135	3,8E+03	1,9E+03	1,3E+03	9,6E+02	7,7E+02	6,4E+02	5,5E+02	4,8E+02	4,3E+02	3,8E+02	3,5E+02	3,2E+02
Mo-99	5,2E+08	3,1E+08	2,1E+08	1,6E+08	1,3E+08	1,0E+08	9,0E+07	7,9E+07	7,0E+07	6,3E+07	5,7E+07	5,3E+07
Na-24	3,3E+05	1,7E+05	1,1E+05	8,3E+04	6,6E+04	5,5E+04	4,7E+04	4,1E+04	3,7E+04	3,3E+04	3,0E+04	2,8E+04
Nb-95	5,7E+07	7,3E+07	8,6E+07	9,8E+07	1,1E+08	1,1E+08	1,2E+08	1,3E+08	1,3E+08	1,3E+08	1,4E+08	1,4E+08
Nb-95m	3,0E+06	3,1E+06	3,1E+06	3,0E+06	2,9E+06	2,9E+06	2,8E+06	2,7E+06	2,6E+06	2,5E+06	2,5E+06	2,4E+06
Nb-96	7,3E+03	3,7E+03	2,5E+03	1,8E+03	1,5E+03	1,2E+03	1,1E+03	9,2E+02	8,2E+02	7,4E+02	6,7E+02	6,1E+02

Nuclídeo	1 semana	2 semanas	3 semanas	4 semanas	5 semanas	6 semanas	7 semanas	8 semanas	9 semanas	10 semanas	11 semanas	12 semanas
<b>Nb-97</b>	1,9E+07	9,6E+06	6,4E+06	4,8E+06	3,8E+06	3,2E+06	2,7E+06	2,4E+06	2,1E+06	1,9E+06	1,7E+06	1,6E+06
<b>Rb-84</b>	1,3E+01	1,2E+01	1,1E+01	1,0E+01	9,7E+00	9,1E+00	8,5E+00	8,0E+00	7,6E+00	7,1E+00	6,8E+00	6,4E+00
<b>Rb-86</b>	3,9E+04	3,5E+04	3,1E+04	2,8E+04	2,5E+04	2,3E+04	2,0E+04	1,9E+04	1,7E+04	1,6E+04	1,5E+04	1,4E+04
<b>Rb-88</b>	1,5E-02	7,5E-03	5,0E-03	3,8E-03	3,0E-03	2,5E-03	2,2E-03	1,9E-03	1,7E-03	1,5E-03	1,4E-03	1,3E-03
<b>Rh-103m</b>	6,4E+08	6,0E+08	5,6E+08	5,3E+08	5,0E+08	4,8E+08	4,5E+08	4,3E+08	4,1E+08	3,9E+08	3,7E+08	3,5E+08
<b>Rh-105</b>	1,2E+08	6,3E+07	4,2E+07	3,1E+07	2,5E+07	2,1E+07	1,8E+07	1,6E+07	1,4E+07	1,3E+07	1,1E+07	1,0E+07
<b>Rh-106</b>	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,0E+07	1,0E+07	1,0E+07	1,0E+07	1,0E+07	1,0E+07	1,0E+07
<b>Rh-106m</b>	2,1E-08	1,1E-08	7,0E-09	5,3E-09	4,2E-09	3,5E-09	3,0E-09	2,6E-09	2,3E-09	2,1E-09	1,9E-09	1,8E-09
<b>Ru-103</b>	6,4E+08	6,0E+08	5,7E+08	5,3E+08	5,0E+08	4,8E+08	4,5E+08	4,3E+08	4,1E+08	3,9E+08	3,7E+08	3,5E+08
<b>Ru-105</b>	3,3E+01	1,6E+01	1,1E+01	8,2E+00	6,5E+00	5,4E+00	4,7E+00	4,1E+00	3,6E+00	3,3E+00	3,0E+00	2,7E+00
<b>Ru-106</b>	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,0E+07	1,0E+07	1,0E+07	1,0E+07	1,0E+07	1,0E+07	1,0E+07
<b>Se-77m</b>	6,6E+03	3,5E+03	2,3E+03	1,8E+03	1,4E+03	1,2E+03	1,0E+03	8,7E+02	7,8E+02	7,0E+02	6,4E+02	5,8E+02
<b>Se-79</b>	6,6E+00	6,6E+00	6,6E+00	6,6E+00	6,6E+00	6,6E+00	6,6E+00	6,6E+00	6,6E+00	6,6E+00	6,6E+00	6,6E+00
<b>Tc-99</b>	9,3E+02	9,7E+02	9,9E+02	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03	1,0E+03
<b>Tc-99m</b>	5,1E+08	3,0E+08	2,0E+08	1,5E+08	1,2E+08	1,0E+08	8,7E+07	7,6E+07	6,8E+07	6,1E+07	5,5E+07	5,1E+07
<b>Zr-93</b>	3,8E+01	3,8E+01	3,8E+01	3,8E+01	3,8E+01	3,8E+01	3,8E+01	3,8E+01	3,8E+01	3,8E+01	3,8E+01	3,8E+01
<b>Zr-95</b>	3,1E+08	3,0E+08	2,9E+08	2,8E+08	2,7E+08	2,6E+08	2,5E+08	2,4E+08	2,3E+08	2,2E+08	2,2E+08	2,1E+08
<b>Zr-97</b>	1,9E+07	9,6E+06	6,4E+06	4,8E+06	3,8E+06	3,2E+06	2,7E+06	2,4E+06	2,1E+06	1,9E+06	1,7E+06	1,6E+06

## APÊNDICE B.4 – CONCENTRAÇÃO DE ATIVIDADE DOS REJEITOS LÍQUIDOS BÁSICOS NO CENÁRIO II

O volume de RLB estimado por remessa é de 5 litros. À medida que os RR são acumulados no mesmo recipiente ao longo das semanas, deve-se considerar também o aumento de volume proporcional, ou seja, **15L por semana**.

### APÊNDICE B. 4 – CONCENTRAÇÃO DE ATIVIDADE (Bq/m<sup>3</sup>) DOS RLB AO LONGO DE 3 MESES – CENÁRIO II

Nuclídeo	1 semana	2 semanas	3 semanas	4 semanas	5 semanas	6 semanas	7 semanas	8 semanas	9 semanas	10 semanas	11 semanas	12 semanas
Ag-109m	7,4E+03	3,7E+03	2,5E+03	1,8E+03	1,5E+03	1,2E+03	1,1E+03	9,3E+02	8,2E+02	7,4E+02	6,7E+02	6,2E+02
Ag-110	3,3E-01	3,3E-01	3,2E-01	3,2E-01	3,2E-01	3,1E-01	3,1E-01	3,1E-01	3,1E-01	3,0E-01	3,0E-01	3,0E-01
Ag-110m	2,4E+01	2,4E+01	2,4E+01	2,3E+01	2,3E+01	2,3E+01	2,3E+01	2,3E+01	2,2E+01	2,2E+01	2,2E+01	2,2E+01
Ag-111	6,3E+05	4,8E+05	3,8E+05	3,0E+05	2,5E+05	2,1E+05	1,9E+05	1,6E+05	1,5E+05	1,3E+05	1,2E+05	1,1E+05
Ag-111m	2,7E-04	1,3E-04	8,9E-05	6,7E-05	5,4E-05	4,5E-05	3,8E-05	3,4E-05	3,0E-05	2,7E-05	2,4E-05	2,2E-05
Ag-112	2,5E+04	1,3E+04	8,4E+03	6,3E+03	5,0E+03	4,2E+03	3,6E+03	3,1E+03	2,8E+03	2,5E+03	2,3E+03	2,1E+03
Ag-113	5,5E-01	2,8E-01	1,8E-01	1,4E-01	1,1E-01	9,2E-02	7,9E-02	6,9E-02	6,1E-02	5,5E-02	5,0E-02	4,6E-02
Ba-137m	3,5E+05	3,5E+05	3,4E+05	3,5E+05	3,5E+05	3,5E+05	3,4E+05	3,5E+05	3,5E+05	3,5E+05	3,5E+05	3,4E+05
Br-80	2,4E-07	1,2E-07	7,8E-08	5,9E-08	4,7E-08	3,9E-08	3,4E-08	2,9E-08	2,6E-08	2,4E-08	2,1E-08	2,0E-08
Br-80m	2,2E-07	1,1E-07	7,3E-08	5,5E-08	4,4E-08	3,7E-08	3,1E-08	2,7E-08	2,4E-08	2,2E-08	2,0E-08	1,8E-08
Br-82	1,5E+03	7,5E+02	5,0E+02	3,8E+02	3,0E+02	2,5E+02	2,2E+02	1,9E+02	1,7E+02	1,5E+02	1,4E+02	1,3E+02
Br-83	7,3E-07	3,6E-07	2,4E-07	1,8E-07	1,5E-07	1,2E-07	1,0E-07	9,1E-08	8,1E-08	7,3E-08	6,6E-08	6,1E-08
Cs-132	1,1E+01	7,9E+00	6,1E+00	4,8E+00	4,0E+00	3,4E+00	2,9E+00	2,5E+00	2,3E+00	2,0E+00	1,8E+00	1,7E+00
Cs-134	2,2E+03	2,2E+03	2,2E+03	2,2E+03	2,2E+03	2,2E+03	2,2E+03	2,2E+03	2,2E+03	2,2E+03	2,2E+03	2,1E+03
Cs-134m	1,9E-07	9,5E-08	6,4E-08	4,8E-08	3,8E-08	3,2E-08	2,7E-08	2,4E-08	2,1E-08	1,9E-08	1,7E-08	1,6E-08
Cs-135	8,8E-01	8,8E-01	8,8E-01	8,8E-01	8,8E-01	8,8E-01	8,8E-01	8,8E-01	8,7E-01	8,8E-01	8,8E-01	8,8E-01
Cs-136	1,7E+05	1,5E+05	1,3E+05	1,1E+05	9,5E+04	8,4E+04	7,4E+04	6,7E+04	6,1E+04	5,5E+04	5,0E+04	4,6E+04
Cs-137	3,7E+05	3,7E+05	3,6E+05	3,6E+05	3,7E+05	3,7E+05	3,6E+05	3,7E+05	3,7E+05	3,6E+05	3,6E+05	3,6E+05
Ge-77	1,3E+02	6,6E+01	4,4E+01	3,3E+01	2,6E+01	2,2E+01	1,9E+01	1,7E+01	1,5E+01	1,3E+01	1,2E+01	1,1E+01
Ge-78	6,3E-17	3,2E-17	2,1E-17	1,6E-17	1,3E-17	1,1E-17	9,0E-18	7,9E-18	7,0E-18	6,3E-18	5,7E-18	5,3E-18
H-3	1,4E+03	1,4E+03	1,4E+03	1,4E+03	1,4E+03	1,4E+03	1,4E+03	1,4E+03	1,4E+03	1,4E+03	1,4E+03	1,4E+03
I-126	6,6E-03	5,6E-03	4,8E-03	4,1E-03	3,6E-03	3,2E-03	2,8E-03	2,5E-03	2,3E-03	2,1E-03	1,9E-03	1,7E-03
I-129	2,6E-03	2,7E-03	2,7E-03	2,7E-03	2,7E-03	2,8E-03	2,8E-03	2,8E-03	2,8E-03	2,8E-03	2,8E-03	2,8E-03
I-130	4,1E+00	2,1E+00	1,4E+00	1,0E+00	8,2E-01	6,8E-01	5,9E-01	5,1E-01	4,6E-01	4,1E-01	3,7E-01	3,4E-01
I-131	5,1E+06	4,0E+06	3,2E+06	2,6E+06	2,2E+06	1,8E+06	1,6E+06	1,4E+06	1,3E+06	1,1E+06	1,0E+06	9,4E+05
I-132	6,0E+06	3,7E+06	2,6E+06	1,9E+06	1,6E+06	1,3E+06	1,1E+06	9,8E+05	8,7E+05	7,8E+05	7,1E+05	6,5E+05
I-133	5,1E+05	2,6E+05	1,7E+05	1,3E+05	1,0E+05	8,5E+04	7,3E+04	6,4E+04	5,7E+04	5,1E+04	4,7E+04	4,3E+04
I-135	1,6E+02	7,8E+01	5,2E+01	3,9E+01	3,1E+01	2,6E+01	2,2E+01	2,0E+01	1,7E+01	1,6E+01	1,4E+01	1,3E+01
Mo-99	2,1E+07	1,2E+07	8,5E+06	6,4E+06	5,1E+06	4,3E+06	3,7E+06	3,2E+06	2,9E+06	2,6E+06	2,3E+06	2,1E+06
Na-24	1,4E+04	6,8E+03	4,5E+03	3,4E+03	2,7E+03	2,3E+03	1,9E+03	1,7E+03	1,5E+03	1,4E+03	1,2E+03	1,1E+03
Nb-95	2,3E+06	3,0E+06	3,5E+06	4,0E+06	4,3E+06	4,7E+06	4,9E+06	5,2E+06	5,3E+06	5,5E+06	5,6E+06	5,7E+06
Nb-95m	1,2E+05	1,2E+05	1,3E+05	1,2E+05	1,2E+05	1,2E+05	1,1E+05	1,1E+05	1,1E+05	1,0E+05	1,0E+05	9,8E+04
Nb-96	3,0E+02	1,5E+02	1,0E+02	7,5E+01	6,0E+01	5,0E+01	4,3E+01	3,8E+01	3,3E+01	3,0E+01	2,7E+01	2,5E+01

Nuclídeo	1 semana	2 semanas	3 semanas	4 semanas	5 semanas	6 semanas	7 semanas	8 semanas	9 semanas	10 semanas	11 semanas	12 semanas
<b>Nb-97</b>	7,9E+05	3,9E+05	2,6E+05	2,0E+05	1,6E+05	1,3E+05	1,1E+05	9,8E+04	8,7E+04	7,9E+04	7,2E+04	6,6E+04
<b>Rb-84</b>	5,2E-01	4,8E-01	4,5E-01	4,2E-01	3,9E-01	3,7E-01	3,5E-01	3,3E-01	3,1E-01	2,9E-01	2,8E-01	2,6E-01
<b>Rb-86</b>	1,6E+03	1,4E+03	1,3E+03	1,1E+03	1,0E+03	9,2E+02	8,4E+02	7,7E+02	7,0E+02	6,5E+02	6,0E+02	5,6E+02
<b>Rb-88</b>	6,2E-04	3,1E-04	2,1E-04	1,5E-04	1,2E-04	1,0E-04	8,8E-05	7,7E-05	6,9E-05	6,2E-05	5,6E-05	5,1E-05
<b>Rh-103m</b>	2,6E+07	2,4E+07	2,3E+07	2,2E+07	2,1E+07	1,9E+07	1,8E+07	1,8E+07	1,7E+07	1,6E+07	1,5E+07	1,4E+07
<b>Rh-105</b>	4,9E+06	2,6E+06	1,7E+06	1,3E+06	1,0E+06	8,6E+05	7,3E+05	6,4E+05	5,7E+05	5,1E+05	4,7E+05	4,3E+05
<b>Rh-106</b>	4,4E+05	4,4E+05	4,4E+05	4,3E+05	4,3E+05	4,3E+05	4,3E+05	4,2E+05	4,2E+05	4,2E+05	4,2E+05	4,1E+05
<b>Rh-106m</b>	8,6E-10	4,3E-10	2,9E-10	2,1E-10	1,7E-10	1,4E-10	1,2E-10	1,1E-10	9,6E-11	8,6E-11	7,8E-11	7,2E-11
<b>Ru-103</b>	2,6E+07	2,4E+07	2,3E+07	2,2E+07	2,1E+07	2,0E+07	1,8E+07	1,8E+07	1,7E+07	1,6E+07	1,5E+07	1,4E+07
<b>Ru-105</b>	1,3E+00	6,7E-01	4,4E-01	3,3E-01	2,7E-01	2,2E-01	1,9E-01	1,7E-01	1,5E-01	1,3E-01	1,2E-01	1,1E-01
<b>Ru-106</b>	4,4E+05	4,4E+05	4,4E+05	4,3E+05	4,3E+05	4,3E+05	4,3E+05	4,2E+05	4,2E+05	4,2E+05	4,2E+05	4,1E+05
<b>Se-77m</b>	2,7E+02	1,4E+02	9,5E+01	7,1E+01	5,7E+01	4,8E+01	4,1E+01	3,6E+01	3,2E+01	2,9E+01	2,6E+01	2,4E+01
<b>Se-79</b>	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01
<b>Tc-99</b>	3,8E+01	4,0E+01	4,0E+01	4,1E+01	4,1E+01	4,1E+01	4,1E+01	4,2E+01	4,2E+01	4,2E+01	4,2E+01	4,2E+01
<b>Tc-99m</b>	2,1E+07	1,2E+07	8,3E+06	6,2E+06	5,0E+06	4,2E+06	3,6E+06	3,1E+06	2,8E+06	2,5E+06	2,3E+06	2,1E+06
<b>Zr-93</b>	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00
<b>Zr-95</b>	1,3E+07	1,2E+07	1,2E+07	1,1E+07	1,1E+07	1,0E+07	1,0E+07	9,8E+06	9,5E+06	9,1E+06	8,9E+06	8,6E+06
<b>Zr-97</b>	7,8E+05	3,9E+05	2,6E+05	1,9E+05	1,6E+05	1,3E+05	1,1E+05	9,8E+04	8,7E+04	7,8E+04	7,1E+04	6,5E+04

## **APÊNDICE C – TAXAS DE DOSE EM FUNÇÃO DA ESPESSURA DA BLINDAGEM DE CHUMBO NO RECIPIENTE PARA TRANSPORTE INTERNO E DO TEMPO DE DECAIMENTO**

Baseando-se nos modelos de produção citados anteriormente foram calculados os volumes esperados de RR produzidos ao longo de 3 meses. A partir destes resultados foi possível estimar as dimensões – como raio e altura – otimizadas dos recipientes a receberem os RL ácidos e básicos, e estas por sua vez viabilizaram a utilização do software MicroShield® para simular o embalado com geometria cilíndrica e para calcular a dose de acordo com a espessura da blindagem.

O recipiente em questão é de 0,5 cm de aço inox com densidade de  $7,86 \text{ g/cm}^3$ , a blindagem de chumbo com densidade de  $11,30 \text{ g/cm}^3$ , a fonte formada por água de densidade  $1,00 \text{ g/cm}^3$  e o espaço entre os pontos e a superfície do recipiente preenchido por ar de densidade  $1,22\text{E-}03 \text{ g/cm}^3$ .

A espessura da blindagem de chumbo foi variada entre 1 cm e 30 cm e os pontos para cálculo de dose considerados foram: SUPERFÍCIE, a 1 METRO e a 2 METROS do embalado.

### **APÊNDICE C.1 – TAXA DE DOSE *VERSUS* BLINDAGEM E DECAIMENTO DOS REJEITOS LÍQUIDOS ÁCIDOS – CENÁRIO I**

Para 3 meses de produção, encontram-se descritos nesta seção: tempo (semana) decorrido após a 1ª remessa chegar ao recipiente, o volume (L) esperado naquele tempo, altura (cm) e raio (cm) do recipiente, espessura (cm) da blindagem com suas respectivas taxas de dose efetiva (mSv/h).



## APÊNDICE C.1- 1 – TAXAS DE DOSE PARA BLINDAGENS DE 1 A 10CM DE Pb – RLA CENÁRIO I

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				1 cm de Pb			2 cm de Pb			3 cm de Pb			4 cm de Pb			5 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	10	23,4	11,7	2,7E+4	4,0E+2	1,1E+2	9,8E+3	1,8E+2	5,2E+1	3,8E+3	8,4E+1	2,4E+1	1,5E+3	3,9E+1	1,1E+1	6,3E+2	1,8E+1	5,2E+0
2	20	29,4	14,7	2,7E+4	5,9E+2	1,7E+2	9,8E+3	2,7E+2	7,6E+1	3,7E+3	1,2E+2	3,4E+1	1,5E+3	5,4E+1	1,6E+1	6,1E+2	2,5E+1	7,3E+0
3	30	33,7	16,8	2,7E+4	7,3E+2	2,1E+2	9,7E+3	3,2E+2	9,5E+1	3,7E+3	1,4E+2	4,2E+1	1,5E+3	6,4E+1	1,9E+1	5,9E+2	2,9E+1	8,7E+0
4	40	37,1	18,5	2,7E+4	8,4E+2	2,5E+2	9,6E+3	3,7E+2	1,1E+2	3,7E+3	1,6E+2	4,9E+1	1,4E+3	7,3E+1	2,2E+1	5,8E+2	3,3E+1	9,9E+0
5	50	39,9	20,0	2,6E+4	9,3E+2	2,8E+2	9,6E+3	4,1E+2	1,2E+2	3,6E+3	1,8E+2	5,5E+1	1,4E+3	8,1E+1	2,4E+1	5,7E+2	3,6E+1	1,1E+1
6	60	42,4	21,2	2,6E+4	1,0E+3	3,0E+2	9,5E+3	4,5E+2	1,4E+2	3,6E+3	2,0E+2	6,0E+1	1,4E+3	8,8E+1	2,7E+1	5,7E+2	3,9E+1	1,2E+1
7	70	44,7	22,3	2,6E+4	1,1E+3	3,3E+2	9,4E+3	4,8E+2	1,5E+2	3,6E+3	2,1E+2	6,4E+1	1,4E+3	9,3E+1	2,9E+1	5,6E+2	4,2E+1	1,3E+1
8	80	46,7	23,4	2,5E+4	1,1E+3	3,5E+2	9,2E+3	5,1E+2	1,5E+2	3,5E+3	2,2E+2	6,8E+1	1,4E+3	9,9E+1	3,0E+1	5,6E+2	4,4E+1	1,4E+1
9	90	48,6	24,3	2,5E+4	1,2E+3	3,6E+2	9,1E+3	5,3E+2	1,6E+2	3,5E+3	2,3E+2	7,2E+1	1,4E+3	1,0E+2	3,2E+1	5,5E+2	4,6E+1	1,4E+1
10	100	50,3	25,2	2,4E+4	1,2E+3	3,8E+2	9,0E+3	5,5E+2	1,7E+2	3,4E+3	2,4E+2	7,5E+1	1,4E+3	1,1E+2	3,4E+1	5,4E+2	4,7E+1	1,5E+1
11	110	51,9	26,0	2,4E+4	1,3E+3	3,9E+2	8,8E+3	5,7E+2	1,8E+2	3,4E+3	2,5E+2	7,8E+1	1,3E+3	1,1E+2	3,5E+1	5,4E+2	4,9E+1	1,6E+1
12	120	53,5	26,7	2,3E+4	1,3E+3	4,0E+2	8,6E+3	5,8E+2	1,8E+2	3,3E+3	2,6E+2	8,0E+1	1,3E+3	1,1E+2	3,6E+1	5,3E+2	5,0E+1	1,6E+1
13	130	54,9	27,5	2,3E+4	1,3E+3	4,1E+2	8,5E+3	6,0E+2	1,9E+2	3,3E+3	2,6E+2	8,3E+1	1,3E+3	1,2E+2	3,7E+1	5,2E+2	5,1E+1	1,6E+1

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				6 cm de Pb			7 cm de Pb			8 cm de Pb			9 cm de Pb			10 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	10	23,4	11,7	269,8	8,7E+0	2,5E+0	1,2E+2	4,2E+0	1,2E+0	5,4E+1	2,1E+0	6,1E-1	2,5E+1	1,0E+0	3,1E-1	1,2E+1	5,3E-1	1,6E-1
2	20	29,4	14,7	258,7	1,1E+1	3,4E+0	1,1E+2	5,4E+0	1,6E+0	5,0E+1	2,6E+0	7,8E-1	2,3E+1	1,3E+0	3,8E-1	1,1E+1	6,3E-1	1,9E-1
3	30	33,7	16,8	247,6	1,3E+1	4,0E+0	1,1E+2	6,2E+0	1,9E+0	4,6E+1	2,9E+0	8,9E-1	2,1E+1	1,4E+0	4,3E-1	9,6E+0	6,7E-1	2,1E-1
4	40	37,1	18,5	241,2	1,5E+1	4,5E+0	1,0E+2	6,8E+0	2,1E+0	4,4E+1	3,1E+0	9,8E-1	2,0E+1	1,5E+0	4,6E-1	9,9E+0	7,0E-1	2,2E-1
5	50	39,9	20,0	236,6	1,6E+1	5,0E+0	9,9E+1	7,4E+0	2,3E+0	4,3E+1	3,4E+0	1,1E+0	1,9E+1	1,6E+0	4,9E-1	8,3E+0	7,3E-1	2,3E-1
6	60	42,4	21,2	233,1	1,7E+1	5,4E+0	9,7E+1	7,9E+0	2,5E+0	4,1E+1	3,6E+0	1,1E+0	1,8E+1	1,6E+0	5,2E-1	8,0E+0	7,6E-1	2,5E-1
7	70	44,7	22,3	230,0	1,9E+1	5,8E+0	9,6E+1	8,3E+0	2,6E+0	4,0E+1	3,7E+0	1,2E+0	1,7E+1	1,7E+0	5,5E-1	7,7E+0	7,9E-1	2,6E-1
8	80	46,7	23,4	226,8	1,9E+1	6,1E+0	9,4E+1	8,7E+0	2,8E+0	4,0E+1	3,9E+0	1,3E+0	1,7E+1	1,8E+0	5,7E-1	7,4E+0	8,1E-1	2,6E-1
9	90	48,6	24,3	223,8	2,0E+1	6,4E+0	9,3E+1	9,0E+0	2,9E+0	3,9E+1	4,0E+0	1,3E+0	1,7E+1	1,8E+0	5,9E-1	7,2E+0	8,3E-1	2,7E-1
10	100	50,3	25,2	221,2	2,1E+1	6,7E+0	9,1E+1	9,3E+0	3,0E+0	3,8E+1	4,2E+0	1,4E+0	1,6E+1	1,9E+0	6,1E-1	7,0E+0	8,4E-1	2,8E-1
11	110	51,9	26,0	217,9	2,2E+1	6,9E+0	9,0E+1	9,6E+0	3,1E+0	3,7E+1	4,3E+0	1,4E+0	1,6E+1	1,9E+0	6,3E-1	6,8E+0	8,6E-1	2,9E-1
12	120	53,5	26,7	214,4	2,2E+1	7,1E+0	8,8E+1	9,8E+0	3,2E+0	3,7E+1	4,3E+0	1,4E+0	1,5E+1	1,9E+0	6,4E-1	6,6E+0	8,7E-1	2,9E-1
13	130	54,9	27,5	211,0	2,3E+1	7,3E+0	8,7E+1	1,0E+1	3,3E+0	3,6E+1	4,4E+0	1,5E+0	1,5E+1	2,0E+0	6,6E-1	6,5E+0	8,8E-1	3,0E-1

## APÊNDICE C.1- 2 – TAXAS DE DOSE PARA BLINDAGENS DE 11 A 20CM DE Pb – RLA CENÁRIO I

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				11 cm de Pb			12 cm de Pb			13 cm de Pb			14 cm de Pb			15 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	10	23,4	11,7	6,1E+0	2,8E-1	8,5E-2	3,1E+0	1,5E-1	4,6E-2	1,6E+0	8,3E-2	2,6E-2	8,6E-1	4,7E-2	1,4E-2	4,6E-1	2,6E-2	8,3E-3
2	20	29,4	14,7	5,3E+0	3,2E-1	1,0E-1	2,6E+0	1,7E-1	5,3E-2	1,4E+0	9,1E-2	2,9E-2	7,1E-1	5,0E-2	1,6E-2	3,8E-1	2,8E-2	8,9E-3
3	30	33,7	16,8	4,6E+0	3,3E-1	1,1E-1	2,3E+0	1,7E-1	5,4E-2	1,1E+0	9,0E-2	2,9E-2	5,9E-1	4,8E-2	1,6E-2	3,1E-1	2,7E-2	8,6E-3
4	40	37,1	18,5	4,1E+0	3,4E-1	1,1E-1	2,0E+0	1,7E-1	5,5E-2	1,0E+0	8,9E-2	2,9E-2	5,1E-1	4,7E-2	1,5E-2	2,7E-1	2,5E-2	8,4E-3
5	50	39,9	20,0	3,9E+0	3,5E-1	1,1E-1	1,8E+0	1,7E-1	5,7E-2	9,0E-1	8,9E-2	2,9E-2	4,6E-1	4,6E-2	1,5E-2	2,4E-1	2,5E-2	8,2E-3
6	60	42,4	21,2	3,6E+0	3,6E-1	1,2E-1	1,7E+0	1,8E-1	5,8E-2	8,3E-1	8,8E-2	2,9E-2	4,1E-1	4,5E-2	1,5E-2	2,1E-1	2,4E-2	8,0E-3
7	70	44,7	22,3	3,5E+0	3,7E-1	1,2E-1	1,6E+0	1,8E-1	5,9E-2	7,7E-1	8,8E-2	2,9E-2	3,8E-1	4,5E-2	1,5E-2	2,0E-1	2,4E-2	7,9E-3
8	80	46,7	23,4	3,3E+0	3,8E-1	1,2E-1	1,5E+0	1,8E-1	6,0E-2	7,3E-1	8,8E-2	3,0E-2	3,6E-1	4,4E-2	1,5E-2	1,8E-1	2,3E-2	7,8E-3
9	90	48,6	24,3	3,2E+0	3,8E-1	1,3E-1	1,5E+0	1,8E-1	6,1E-2	6,9E-1	8,8E-2	3,0E-2	3,4E-1	4,4E-2	1,5E-2	1,7E-1	2,3E-2	7,8E-3
10	100	50,3	25,2	3,1E+0	3,9E-1	1,3E-1	1,4E+0	1,8E-1	6,2E-2	6,6E-1	8,8E-2	3,0E-2	3,2E-1	4,4E-2	1,5E-2	1,6E-1	2,2E-2	7,7E-3
11	110	51,9	26,0	3,0E+0	3,9E-1	1,3E-1	1,4E+0	1,8E-1	6,2E-2	6,3E-1	8,8E-2	3,0E-2	3,0E-1	4,3E-2	1,5E-2	1,5E-1	2,2E-2	7,7E-3
12	120	53,5	26,7	2,9E+0	4,0E-1	1,3E-1	1,3E+0	1,8E-1	6,3E-2	6,1E-1	8,8E-2	3,0E-2	2,9E-1	4,3E-2	1,5E-2	1,4E-1	2,2E-2	7,6E-3
13	130	54,9	27,5	2,8E+0	4,0E-1	1,4E-1	1,3E+0	1,9E-1	6,4E-2	5,9E-1	8,8E-2	3,0E-2	2,8E-1	4,3E-2	1,5E-2	1,4E-1	2,2E-2	7,6E-3

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				16 cm de Pb			17 cm de Pb			18 cm de Pb			19 cm de Pb			20 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	10	23,4	11,7	2,5E-1	1,5E-2	4,8E-3	1,4E-1	8,9E-3	2,8E-3	7,9E-2	5,2E-3	1,7E-3	4,4E-2	3,0E-3	9,8E-4	2,5E-2	1,8E-3	5,8E-4
2	20	29,4	14,7	2,1E-1	1,6E-2	5,1E-3	1,2E-1	9,1E-3	2,9E-3	6,4E-2	5,3E-3	1,7E-3	3,6E-2	3,1E-3	1,0E-3	2,1E-2	1,8E-3	6,0E-4
3	30	33,7	16,8	1,7E-1	1,5E-2	4,9E-3	9,3E-2	8,5E-3	2,8E-3	5,2E-2	4,9E-3	1,6E-3	2,9E-2	2,8E-3	9,4E-4	1,6E-2	1,7E-3	5,6E-4
4	40	37,1	18,5	1,4E-1	1,4E-2	4,7E-3	7,8E-2	7,9E-3	2,6E-3	4,3E-2	4,5E-3	1,5E-3	2,4E-2	2,6E-3	8,9E-4	1,4E-2	1,5E-3	5,2E-4
5	50	39,9	20,0	1,3E-1	1,4E-2	4,5E-3	6,8E-2	7,6E-3	2,5E-3	3,8E-2	4,3E-3	1,5E-3	2,1E-2	2,5E-3	8,4E-4	1,2E-2	1,4E-3	4,9E-4
6	60	42,4	21,2	1,1E-1	1,3E-2	4,4E-3	6,1E-2	7,2E-3	2,5E-3	3,3E-2	4,1E-3	1,4E-3	1,9E-2	2,3E-3	8,0E-4	1,0E-2	1,4E-3	4,7E-4
7	70	44,7	22,3	1,0E-1	1,3E-2	4,3E-3	5,5E-2	7,0E-3	2,4E-3	3,0E-2	3,9E-3	1,3E-3	1,7E-2	2,2E-3	7,7E-4	9,4E-3	1,3E-3	4,5E-4
8	80	46,7	23,4	9,4E-2	1,2E-2	4,2E-3	5,0E-2	6,7E-3	2,3E-3	2,8E-2	3,8E-3	1,3E-3	1,5E-2	2,1E-3	7,4E-4	8,5E-3	1,2E-3	4,3E-4
9	90	48,6	24,3	8,8E-2	1,2E-2	4,1E-3	4,7E-2	6,5E-3	2,3E-3	2,5E-2	3,6E-3	1,3E-3	1,4E-2	2,1E-3	7,2E-4	7,8E-3	1,2E-3	4,2E-4
10	100	50,3	25,2	8,2E-2	1,2E-2	4,1E-3	4,4E-2	6,4E-3	2,2E-3	2,4E-2	3,5E-3	1,2E-3	1,3E-2	2,0E-3	7,0E-4	7,3E-3	1,1E-3	4,0E-4
11	110	51,9	26,0	7,8E-2	1,2E-2	4,0E-3	4,1E-2	6,2E-3	2,2E-3	2,2E-2	3,4E-3	1,2E-3	1,2E-2	1,9E-3	6,9E-4	6,8E-3	1,1E-3	3,9E-4
12	120	53,5	26,7	7,4E-2	1,1E-2	4,0E-3	3,9E-2	6,1E-3	2,2E-3	2,1E-2	3,3E-3	1,2E-3	1,1E-2	1,9E-3	6,7E-4	6,4E-3	1,1E-3	3,8E-4
13	130	54,9	27,5	7,0E-2	1,1E-2	4,0E-3	3,7E-2	6,0E-3	2,1E-3	2,0E-2	3,3E-3	1,2E-3	1,1E-2	1,8E-3	6,6E-4	6,0E-3	1,0E-3	3,7E-4

### APÊNDICE C.1- 3 – TAXAS DE DOSE PARA BLINDAGENS DE 21 A 30CM DE Pb – RLA CENÁRIO I

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				21 cm de Pb			22 cm de Pb			23 cm de Pb			24 cm de Pb			25 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	10	23,4	11,7	1,4E-2	1,1E-3	3,5E-4	8,1E-3	6,3E-4	2,1E-4	4,6E-3	3,7E-4	1,2E-4	2,6E-3	2,2E-4	7,4E-5	1,5E-3	1,3E-4	4,4E-5
2	20	29,4	14,7	1,2E-2	1,1E-3	3,6E-4	6,7E-3	6,3E-4	2,1E-4	3,8E-3	3,7E-4	1,3E-4	2,2E-3	2,2E-4	7,5E-5	1,3E-3	1,3E-4	4,5E-5
3	30	33,7	16,8	9,4E-3	9,7E-4	3,3E-4	5,4E-3	5,8E-4	2,0E-4	3,1E-3	3,4E-4	1,2E-4	1,8E-3	2,0E-4	6,9E-5	1,0E-3	1,2E-4	4,1E-5
4	40	37,1	18,5	7,8E-3	9,0E-4	3,1E-4	4,5E-3	5,3E-4	1,8E-4	2,6E-3	3,1E-4	1,1E-4	1,5E-3	1,8E-4	6,4E-5	8,5E-4	1,1E-4	3,8E-5
5	50	39,9	20,0	6,8E-3	8,4E-4	2,9E-4	3,9E-3	4,9E-4	1,7E-4	2,2E-3	2,9E-4	1,0E-4	1,3E-3	1,7E-4	6,0E-5	7,4E-4	1,0E-4	3,6E-5
6	60	42,4	21,2	5,9E-3	7,9E-4	2,7E-4	3,4E-3	4,6E-4	1,6E-4	1,9E-3	2,7E-4	9,6E-5	1,1E-3	1,6E-4	5,7E-5	6,5E-4	9,5E-5	3,4E-5
7	70	44,7	22,3	5,3E-3	7,5E-4	2,6E-4	3,0E-3	4,4E-4	1,5E-4	1,7E-3	2,6E-4	9,1E-5	1,0E-3	1,5E-4	5,4E-5	5,8E-4	9,0E-5	3,2E-5
8	80	46,7	23,4	4,8E-3	7,1E-4	2,5E-4	2,8E-3	4,2E-4	1,5E-4	1,6E-3	2,4E-4	8,7E-5	9,1E-4	1,4E-4	5,2E-5	5,3E-4	8,5E-5	3,1E-5
9	90	48,6	24,3	4,4E-3	6,8E-4	2,4E-4	2,5E-3	4,0E-4	1,4E-4	1,4E-3	2,3E-4	8,4E-5	8,3E-4	1,4E-4	5,0E-5	4,8E-4	8,1E-5	3,0E-5
10	100	50,3	25,2	4,1E-3	6,6E-4	2,4E-4	2,3E-3	3,8E-4	1,4E-4	1,3E-3	2,2E-4	8,1E-5	7,7E-4	1,3E-4	4,8E-5	4,5E-4	7,8E-5	2,9E-5
11	110	51,9	26,0	3,8E-3	6,3E-4	2,3E-4	2,2E-3	3,7E-4	1,3E-4	1,2E-3	2,2E-4	7,9E-5	7,2E-4	1,3E-4	4,7E-5	4,1E-4	7,5E-5	2,8E-5
12	120	53,5	26,7	3,6E-3	6,1E-4	2,2E-4	2,0E-3	3,6E-4	1,3E-4	1,2E-3	2,1E-4	7,7E-5	6,7E-4	1,2E-4	4,5E-5	3,9E-4	7,2E-5	2,7E-5
13	130	54,9	27,5	3,4E-3	6,0E-4	2,2E-4	1,9E-3	3,5E-4	1,3E-4	1,1E-3	2,0E-4	7,5E-5	6,3E-4	1,2E-4	4,4E-5	3,7E-4	7,0E-5	2,6E-5

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				26 cm de Pb			27 cm de Pb			28 cm de Pb			29 cm de Pb			30 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	10	23,4	11,7	8,7E-4	7,9E-5	2,7E-5	5,0E-4	4,7E-5	1,6E-5	2,9E-4	2,8E-5	9,5E-6	1,7E-4	1,7E-5	5,7E-6	9,7E-5	9,9E-6	3,4E-6
2	20	29,4	14,7	7,3E-4	7,8E-5	2,7E-5	4,2E-4	4,7E-5	1,6E-5	2,4E-4	2,8E-5	9,7E-6	1,4E-4	1,7E-5	5,8E-6	8,2E-5	9,9E-6	3,5E-6
3	30	33,7	16,8	5,9E-4	7,1E-5	2,5E-5	3,4E-4	4,2E-5	1,5E-5	2,0E-4	2,5E-5	8,9E-6	1,1E-4	1,5E-5	5,3E-6	6,6E-5	8,9E-6	3,2E-6
4	40	37,1	18,5	4,9E-4	6,5E-5	2,3E-5	2,8E-4	3,9E-5	1,4E-5	1,7E-4	2,3E-5	8,2E-6	9,6E-5	1,4E-5	4,9E-6	5,6E-5	8,1E-6	2,9E-6
5	50	39,9	20,0	4,3E-4	6,0E-5	2,2E-5	2,5E-4	3,6E-5	1,3E-5	1,4E-4	2,1E-5	7,7E-6	8,3E-5	1,3E-5	4,6E-6	4,8E-5	7,5E-6	2,8E-6
6	60	42,4	21,2	3,7E-4	5,6E-5	2,0E-5	2,2E-4	3,3E-5	1,2E-5	1,3E-4	2,0E-5	7,2E-6	7,3E-5	1,2E-5	4,3E-6	4,3E-5	7,0E-6	2,6E-6
7	70	44,7	22,3	3,4E-4	5,3E-5	1,9E-5	1,9E-4	3,2E-5	1,1E-5	1,1E-4	1,9E-5	6,9E-6	6,6E-5	1,1E-5	4,1E-6	3,8E-5	6,6E-6	2,5E-6
8	80	46,7	23,4	3,0E-4	5,0E-5	1,8E-5	1,8E-4	3,0E-5	1,1E-5	1,0E-4	1,8E-5	6,6E-6	6,0E-5	1,1E-5	3,9E-6	3,5E-5	6,3E-6	2,3E-6
9	90	48,6	24,3	2,8E-4	4,8E-5	1,8E-5	1,6E-4	2,9E-5	1,1E-5	9,4E-5	1,7E-5	6,3E-6	5,5E-5	1,0E-5	3,8E-6	3,2E-5	6,0E-6	2,3E-6
10	100	50,3	25,2	2,6E-4	4,6E-5	1,7E-5	1,5E-4	2,7E-5	1,0E-5	8,7E-5	1,6E-5	6,1E-6	5,1E-5	9,6E-6	3,6E-6	3,0E-5	5,7E-6	2,2E-6
11	110	51,9	26,0	2,4E-4	4,4E-5	1,6E-5	1,4E-4	2,6E-5	9,8E-6	8,1E-5	1,6E-5	5,9E-6	4,7E-5	9,3E-6	3,5E-6	2,8E-5	5,5E-6	2,1E-6
12	120	53,5	26,7	2,2E-4	4,3E-5	1,6E-5	1,3E-4	2,5E-5	9,5E-6	7,6E-5	1,5E-5	5,7E-6	4,4E-5	8,9E-6	3,4E-6	2,6E-5	5,3E-6	2,0E-6
13	130	54,9	27,5	2,1E-4	4,1E-5	1,6E-5	1,2E-4	2,4E-5	9,3E-6	7,1E-5	1,5E-5	5,5E-6	4,2E-5	8,6E-6	3,3E-6	2,4E-5	5,1E-6	2,0E-6



## APÊNDICE C.2 – TAXA DE DOSE *VERSUS* BLINDAGEM E DECAIMENTO DOS REJEITOS LÍQUIDOS BÁSICOS – CENÁRIO I

Para 3 meses de produção, encontram-se descritos nesta seção: tempo (semana) decorrido após a 1ª remessa chegar ao recipiente, o volume (L) esperado naquele tempo, altura (cm) e raio (cm) do recipiente, espessura (cm) da blindagem com suas respectivas taxas de dose efetiva (mSv/h).

### APÊNDICE C.2- 1 – TAXAS DE DOSE PARA BLINDAGENS DE 1 A 10CM DE Pb – RLB CENÁRIO I

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				1 cm de Pb			2 cm de Pb			3 cm de Pb			4 cm de Pb			5 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	5	18,53	9,27	9,0E+2	9,2E+0	2,5E+0	3,3E+2	4,4E+0	1,2E+0	1,3E+2	2,0E+0	5,6E-1	5,0E+1	9,3E-1	2,6E-1	2,1E+1	4,4E-1	1,2E-1
2	10	23,35	11,68	9,4E+2	1,4E+1	3,9E+0	3,4E+2	6,4E+0	1,8E+0	1,3E+2	2,9E+0	8,2E-1	5,1E+1	1,3E+0	3,8E-1	2,1E+1	6,1E-1	1,8E-1
3	15	26,73	13,37	9,5E+2	1,8E+1	5,0E+0	3,4E+2	8,0E+0	2,3E+0	1,3E+2	3,6E+0	1,0E+0	5,1E+1	1,6E+0	4,7E-1	2,1E+1	7,4E-1	2,1E-1
4	20	29,42	14,71	9,5E+2	2,1E+1	5,9E+0	3,4E+2	9,3E+0	2,7E+0	1,3E+2	4,2E+0	1,2E+0	5,1E+1	1,9E+0	5,4E-1	2,1E+1	8,4E-1	2,5E-1
5	25	31,69	15,85	9,5E+2	2,3E+1	6,7E+0	3,4E+2	1,0E+1	3,0E+0	1,3E+2	4,6E+0	1,4E+0	5,1E+1	2,1E+0	6,1E-1	2,1E+1	9,3E-1	2,8E-1
6	30	33,68	16,84	9,4E+2	2,5E+1	7,3E+0	3,4E+2	1,1E+1	3,3E+0	1,3E+2	5,1E+0	1,5E+0	5,1E+1	2,3E+0	6,7E-1	2,1E+1	1,0E+0	3,0E-1
7	35	35,45	17,73	9,4E+2	2,7E+1	8,0E+0	3,4E+2	1,2E+1	3,6E+0	1,3E+2	5,5E+0	1,6E+0	5,1E+1	2,4E+0	7,3E-1	2,0E+1	1,1E+0	3,3E-1
8	40	37,07	18,53	9,3E+2	2,9E+1	8,5E+0	3,4E+2	1,3E+1	3,9E+0	1,3E+2	5,8E+0	1,7E+0	5,1E+1	2,6E+0	7,8E-1	2,0E+1	1,2E+0	3,5E-1
9	45	38,55	19,28	9,2E+2	3,1E+1	9,0E+0	3,4E+2	1,4E+1	4,1E+0	1,3E+2	6,1E+0	1,8E+0	5,0E+1	2,7E+0	8,2E-1	2,0E+1	1,2E+0	3,7E-1
10	50	39,93	19,96	9,1E+2	3,2E+1	9,4E+0	3,3E+2	1,4E+1	4,3E+0	1,3E+2	6,4E+0	1,9E+0	5,0E+1	2,8E+0	8,6E-1	2,0E+1	1,3E+0	3,9E-1
11	55	41,22	20,61	8,9E+2	3,3E+1	9,8E+0	3,3E+2	1,5E+1	4,5E+0	1,3E+2	6,6E+0	2,0E+0	5,0E+1	3,0E+0	9,0E-1	2,0E+1	1,3E+0	4,0E-1
12	60	42,43	21,22	8,8E+2	3,4E+1	1,0E+1	3,3E+2	1,5E+1	4,6E+0	1,2E+2	6,9E+0	2,1E+0	4,9E+1	3,0E+0	9,3E-1	2,0E+1	1,4E+0	4,2E-1
13	65	43,58	21,79	8,6E+2	3,5E+1	1,0E+1	3,2E+2	1,6E+1	4,8E+0	1,2E+2	7,0E+0	2,1E+0	4,9E+1	3,1E+0	9,6E-1	1,9E+1	1,4E+0	4,3E-1

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				6 cm de Pb			7 cm de Pb			8 cm de Pb			9 cm de Pb			10 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	5	18,53	9,27	8,8E+0	2,1E-1	6,0E-2	3,9E+0	1,0E-1	2,9E-2	1,7E+0	5,0E-2	1,5E-2	8,1E-1	2,5E-2	7,4E-3	3,8E-1	1,3E-2	3,8E-3
2	10	23,35	11,68	8,8E+0	2,9E-1	8,3E-2	3,8E+0	1,3E-1	4,0E-2	1,7E+0	6,5E-2	1,9E-2	7,7E-1	3,2E-2	9,4E-3	3,6E-1	1,6E-2	4,7E-3
3	15	26,73	13,37	8,7E+0	3,4E-1	1,0E-1	3,7E+0	1,6E-1	4,7E-2	1,6E+0	7,4E-2	2,2E-2	7,2E-1	3,5E-2	1,1E-2	3,3E-1	1,7E-2	5,2E-3
4	20	29,42	14,71	8,6E+0	3,8E-1	1,1E-1	3,6E+0	1,8E-1	5,3E-2	1,6E+0	8,2E-2	2,5E-2	6,8E-1	3,8E-2	1,2E-2	3,1E-1	1,8E-2	5,6E-3
5	25	31,69	15,85	8,5E+0	4,2E-1	1,3E-1	3,5E+0	1,9E-1	5,8E-2	1,5E+0	8,8E-2	2,7E-2	6,6E-1	4,1E-2	1,3E-2	2,9E-1	1,9E-2	6,0E-3
6	30	33,68	16,84	8,4E+0	4,6E-1	1,4E-1	3,5E+0	2,1E-1	6,3E-2	1,5E+0	9,4E-2	2,9E-2	6,4E-1	4,3E-2	1,3E-2	2,8E-1	2,0E-2	6,3E-3
7	35	35,45	17,73	8,4E+0	4,9E-1	1,5E-1	3,5E+0	2,2E-1	6,7E-2	1,5E+0	9,9E-2	3,1E-2	6,3E-1	4,5E-2	1,4E-2	2,7E-1	2,1E-2	6,6E-3
8	40	37,07	18,53	8,3E+0	5,2E-1	1,6E-1	3,4E+0	2,3E-1	7,1E-2	1,4E+0	1,0E-1	3,2E-2	6,1E-1	4,7E-2	1,5E-2	2,7E-1	2,2E-2	6,9E-3
9	45	38,55	19,28	8,2E+0	5,4E-1	1,7E-1	3,4E+0	2,4E-1	7,5E-2	1,4E+0	1,1E-1	3,4E-2	6,0E-1	4,9E-2	1,5E-2	2,6E-1	2,2E-2	7,1E-3
10	50	39,93	19,96	8,2E+0	5,6E-1	1,7E-1	3,4E+0	2,5E-1	7,8E-2	1,4E+0	1,1E-1	3,5E-2	5,9E-1	5,1E-2	1,6E-2	2,6E-1	2,3E-2	7,3E-3
11	55	41,22	20,61	8,1E+0	5,8E-1	1,8E-1	3,3E+0	2,6E-1	8,1E-2	1,4E+0	1,2E-1	3,7E-2	5,8E-1	5,2E-2	1,7E-2	2,5E-1	2,4E-2	7,5E-3
12	60	42,43	21,22	8,0E+0	6,0E-1	1,9E-1	3,3E+0	2,7E-1	8,4E-2	1,4E+0	1,2E-1	3,8E-2	5,7E-1	5,3E-2	1,7E-2	2,4E-1	2,4E-2	7,7E-3
13	65	43,58	21,79	7,9E+0	6,2E-1	1,9E-1	3,2E+0	2,7E-1	8,6E-2	1,3E+0	1,2E-1	3,9E-2	5,6E-1	5,4E-2	1,7E-2	2,4E-1	2,4E-2	7,9E-3

## APÊNDICE C.2- 2 – TAXAS DE DOSE PARA BLINDAGENS DE 11 A 20CM DE Pb – RLB CENÁRIO I

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				11 cm de Pb			12 cm de Pb			13 cm de Pb			14 cm de Pb			15 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	5	18,53	9,27	1,9E-1	6,8E-3	2,0E-3	9,5E-2	3,7E-3	1,1E-3	4,9E-2	2,0E-3	6,1E-4	2,6E-2	1,1E-3	3,5E-4	1,4E-2	6,5E-4	2,0E-4
2	10	23,35	11,68	1,7E-1	8,1E-3	2,4E-3	8,6E-2	4,2E-3	1,3E-3	4,4E-2	2,3E-3	7,0E-4	2,3E-2	1,2E-3	3,9E-4	1,2E-2	7,0E-4	2,2E-4
3	15	26,73	13,37	1,6E-1	8,6E-3	2,6E-3	7,6E-2	4,4E-3	1,4E-3	3,8E-2	2,3E-3	7,2E-4	2,0E-2	1,2E-3	3,9E-4	1,0E-2	6,8E-4	2,2E-4
4	20	29,42	14,71	1,4E-1	9,0E-3	2,8E-3	6,9E-2	4,5E-3	1,4E-3	3,4E-2	2,3E-3	7,3E-4	1,7E-2	1,2E-3	3,9E-4	9,0E-3	6,6E-4	2,1E-4
5	25	31,69	15,85	1,3E-1	9,3E-3	2,9E-3	6,4E-2	4,6E-3	1,4E-3	3,1E-2	2,3E-3	7,4E-4	1,6E-2	1,2E-3	3,9E-4	8,1E-3	6,5E-4	2,1E-4
6	30	33,68	16,84	1,3E-1	9,6E-3	3,0E-3	6,0E-2	4,7E-3	1,5E-3	2,9E-2	2,3E-3	7,5E-4	1,4E-2	1,2E-3	3,9E-4	7,4E-3	6,3E-4	2,1E-4
7	35	35,45	17,73	1,2E-1	9,9E-3	3,1E-3	5,7E-2	4,8E-3	1,5E-3	2,7E-2	2,4E-3	7,6E-4	1,3E-2	1,2E-3	3,9E-4	6,8E-3	6,3E-4	2,0E-4
8	40	37,07	18,53	1,2E-1	1,0E-2	3,2E-3	5,5E-2	4,8E-3	1,6E-3	2,6E-2	2,4E-3	7,7E-4	1,3E-2	1,2E-3	3,9E-4	6,4E-3	6,2E-4	2,0E-4
9	45	38,55	19,28	1,2E-1	1,0E-2	3,3E-3	5,3E-2	4,9E-3	1,6E-3	2,5E-2	2,4E-3	7,8E-4	1,2E-2	1,2E-3	3,9E-4	6,0E-3	6,1E-4	2,0E-4
10	50	39,93	19,96	1,1E-1	1,1E-2	3,4E-3	5,1E-2	5,0E-3	1,6E-3	2,4E-2	2,4E-3	7,9E-4	1,1E-2	1,2E-3	3,9E-4	5,7E-3	6,1E-4	2,0E-4
11	55	41,22	20,61	1,1E-1	1,1E-2	3,5E-3	4,9E-2	5,0E-3	1,6E-3	2,3E-2	2,4E-3	7,9E-4	1,1E-2	1,2E-3	3,9E-4	5,4E-3	6,0E-4	2,0E-4
12	60	42,43	21,22	1,1E-1	1,1E-2	3,5E-3	4,8E-2	5,1E-3	1,7E-3	2,2E-2	2,4E-3	8,0E-4	1,1E-2	1,2E-3	3,9E-4	5,2E-3	6,0E-4	2,0E-4
13	65	43,58	21,79	1,0E-1	1,1E-2	3,6E-3	4,7E-2	5,1E-3	1,7E-3	2,1E-2	2,4E-3	8,1E-4	1,0E-2	1,2E-3	4,0E-4	5,0E-3	6,0E-4	2,0E-4

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				16 cm de Pb			17 cm de Pb			18 cm de Pb			19 cm de Pb			20 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	5	18,53	9,27	7,6E-3	3,7E-4	1,1E-4	4,2E-3	2,2E-4	6,7E-5	2,3E-3	1,3E-4	4,0E-5	1,3E-3	7,4E-5	2,3E-5	7,3E-4	4,4E-5	1,4E-5
2	10	23,35	11,68	6,6E-3	4,0E-4	1,2E-4	3,6E-3	2,3E-4	7,2E-5	2,0E-3	1,3E-4	4,2E-5	1,1E-3	7,7E-5	2,5E-5	6,3E-4	4,5E-5	1,5E-5
3	15	26,73	13,37	5,5E-3	3,8E-4	1,2E-4	3,0E-3	2,2E-4	7,0E-5	1,7E-3	1,3E-4	4,0E-5	9,4E-4	7,3E-5	2,4E-5	5,3E-4	4,3E-5	1,4E-5
4	20	29,42	14,71	4,8E-3	3,7E-4	1,2E-4	2,6E-3	2,1E-4	6,7E-5	1,4E-3	1,2E-4	3,9E-5	8,0E-4	6,8E-5	2,2E-5	4,5E-4	4,0E-5	1,3E-5
5	25	31,69	15,85	4,3E-3	3,5E-4	1,1E-4	2,3E-3	2,0E-4	6,4E-5	1,3E-3	1,1E-4	3,7E-5	7,0E-4	6,4E-5	2,1E-5	3,9E-4	3,7E-5	1,2E-5
6	30	33,68	16,84	3,9E-3	3,4E-4	1,1E-4	2,1E-3	1,9E-4	6,3E-5	1,1E-3	1,1E-4	3,6E-5	6,3E-4	6,2E-5	2,1E-5	3,5E-4	3,6E-5	1,2E-5
7	35	35,45	17,73	3,6E-3	3,4E-4	1,1E-4	1,9E-3	1,9E-4	6,1E-5	1,0E-3	1,0E-4	3,5E-5	5,7E-4	5,9E-5	2,0E-5	3,2E-4	3,4E-5	1,2E-5
8	40	37,07	18,53	3,3E-3	3,3E-4	1,1E-4	1,8E-3	1,8E-4	6,0E-5	9,5E-4	1,0E-4	3,4E-5	5,2E-4	5,7E-5	1,9E-5	2,9E-4	3,3E-5	1,1E-5
9	45	38,55	19,28	3,1E-3	3,2E-4	1,1E-4	1,6E-3	1,8E-4	5,9E-5	8,8E-4	9,8E-5	3,3E-5	4,9E-4	5,5E-5	1,9E-5	2,7E-4	3,2E-5	1,1E-5
10	50	39,93	19,96	2,9E-3	3,2E-4	1,1E-4	1,5E-3	1,7E-4	5,8E-5	8,3E-4	9,6E-5	3,2E-5	4,6E-4	5,4E-5	1,8E-5	2,5E-4	3,1E-5	1,1E-5
11	55	41,22	20,61	2,8E-3	3,2E-4	1,1E-4	1,5E-3	1,7E-4	5,7E-5	7,8E-4	9,5E-5	3,2E-5	4,3E-4	5,2E-5	1,8E-5	2,4E-4	3,0E-5	1,0E-5
12	60	42,43	21,22	2,6E-3	3,1E-4	1,1E-4	1,4E-3	1,7E-4	5,7E-5	7,4E-4	9,1E-5	3,1E-5	4,0E-4	5,1E-5	1,8E-5	2,2E-4	2,9E-5	1,0E-5
13	65	43,58	21,79	2,5E-3	3,1E-4	1,0E-4	1,3E-3	1,6E-4	5,6E-5	7,0E-4	9,0E-5	3,1E-5	3,8E-4	5,0E-5	1,7E-5	2,1E-4	2,8E-5	9,9E-6

## APÊNDICE C.2- 3 – TAXAS DE DOSE PARA BLINDAGENS DE 21 A 30CM DE Pb – RLB CENÁRIO I

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				21 cm de Pb			22 cm de Pb			23 cm de Pb			24 cm de Pb			25 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	5	18,53	9,27	4,1E-4	2,6E-5	8,3E-6	2,3E-4	1,5E-5	5,0E-6	1,3E-4	9,2E-6	3,0E-6	7,6E-5	5,4E-6	1,8E-6	4,3E-5	3,2E-6	1,1E-6
2	10	23,35	11,68	3,6E-4	2,7E-5	8,7E-6	2,0E-4	1,6E-5	5,2E-6	1,2E-4	9,4E-6	3,1E-6	6,6E-5	5,6E-6	1,9E-6	3,8E-5	3,3E-6	1,1E-6
3	15	26,73	13,37	3,0E-4	2,5E-5	8,3E-6	1,7E-4	1,5E-5	4,9E-6	9,7E-5	8,8E-6	2,9E-6	5,6E-5	5,2E-6	1,7E-6	3,2E-5	3,1E-6	1,0E-6
4	20	29,42	14,71	2,5E-4	2,3E-5	7,8E-6	1,5E-4	1,4E-5	4,6E-6	8,3E-5	8,1E-6	2,7E-6	4,8E-5	4,8E-6	1,6E-6	2,7E-5	2,9E-6	9,8E-7
5	25	31,69	15,85	2,2E-4	2,2E-5	7,3E-6	1,3E-4	1,3E-5	4,3E-6	7,2E-5	7,6E-6	2,6E-6	4,2E-5	4,5E-6	1,5E-6	2,4E-5	2,7E-6	9,2E-7
6	30	33,68	16,84	2,0E-4	2,1E-5	7,0E-6	1,1E-4	1,2E-5	4,1E-6	6,5E-5	7,2E-6	2,5E-6	3,7E-5	4,2E-6	1,5E-6	2,1E-5	2,5E-6	8,7E-7
7	35	35,45	17,73	1,8E-4	2,0E-5	6,7E-6	1,0E-4	1,2E-5	4,0E-6	5,9E-5	6,8E-6	2,4E-6	3,4E-5	4,0E-6	1,4E-6	1,9E-5	2,4E-6	8,3E-7
8	40	37,07	18,53	1,7E-4	1,9E-5	6,5E-6	9,4E-5	1,1E-5	3,8E-6	5,4E-5	6,5E-6	2,3E-6	3,1E-5	3,9E-6	1,3E-6	1,8E-5	2,3E-6	8,0E-7
9	45	38,55	19,28	1,5E-4	1,8E-5	6,3E-6	8,7E-5	1,1E-5	3,7E-6	5,0E-5	6,3E-6	2,2E-6	2,8E-5	3,7E-6	1,3E-6	1,6E-5	2,2E-6	7,7E-7
10	50	39,93	19,96	1,4E-4	1,8E-5	6,1E-6	8,1E-5	1,0E-5	3,6E-6	4,6E-5	6,1E-6	2,1E-6	2,7E-5	3,6E-6	1,3E-6	1,5E-5	2,1E-6	7,5E-7
11	55	41,22	20,61	1,3E-4	1,7E-5	6,0E-6	7,6E-5	1,0E-5	3,5E-6	4,3E-5	5,9E-6	2,1E-6	2,5E-5	3,5E-6	1,2E-6	1,4E-5	2,0E-6	7,3E-7
12	60	42,43	21,22	1,3E-4	1,7E-5	5,8E-6	7,1E-5	9,7E-6	3,4E-6	4,1E-5	5,7E-6	2,0E-6	2,3E-5	3,4E-6	1,2E-6	1,3E-5	2,0E-6	7,1E-7
13	65	43,58	21,79	1,2E-4	1,6E-5	5,7E-6	6,8E-5	9,5E-6	3,3E-6	3,9E-5	5,6E-6	2,0E-6	2,2E-5	3,3E-6	1,2E-6	1,3E-5	1,9E-6	6,9E-7

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				26 cm de Pb			27 cm de Pb			28 cm de Pb			29 cm de Pb			30 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	5	18,53	9,27	2,5E-5	1,9E-6	6,4E-7	1,4E-5	1,2E-6	3,8E-7	8,2E-6	6,9E-7	2,3E-7	4,7E-6	4,1E-7	1,4E-7	2,7E-6	2,4E-7	8,3E-8
2	10	23,35	11,68	2,2E-5	2,0E-6	6,6E-7	1,3E-5	1,2E-6	4,0E-7	7,3E-6	7,0E-7	2,4E-7	4,2E-6	4,2E-7	1,4E-7	2,4E-6	2,5E-7	8,6E-8
3	15	26,73	13,37	1,8E-5	1,8E-6	6,3E-7	1,1E-5	1,1E-6	3,7E-7	6,1E-6	6,5E-7	2,2E-7	3,5E-6	3,9E-7	1,3E-7	2,1E-6	2,3E-7	8,1E-8
4	20	29,42	14,71	1,6E-5	1,7E-6	5,8E-7	9,1E-6	1,0E-6	3,5E-7	5,3E-6	6,0E-7	2,1E-7	3,0E-6	3,6E-7	1,3E-7	1,8E-6	2,1E-7	7,5E-8
5	25	31,69	15,85	1,4E-5	1,6E-6	5,5E-7	8,0E-6	9,4E-7	3,3E-7	4,6E-6	5,6E-7	2,0E-7	2,7E-6	3,3E-7	1,2E-7	1,6E-6	2,0E-7	7,0E-8
6	30	33,68	16,84	1,2E-5	1,5E-6	5,2E-7	7,1E-6	8,9E-7	3,1E-7	4,1E-6	5,3E-7	1,9E-7	2,4E-6	3,1E-7	1,1E-7	1,4E-6	1,9E-7	6,7E-8
7	35	35,45	17,73	1,1E-5	1,4E-6	5,0E-7	6,5E-6	8,4E-7	3,0E-7	3,7E-6	5,0E-7	1,8E-7	2,2E-6	3,0E-7	1,1E-7	1,3E-6	1,8E-7	6,4E-8
8	40	37,07	18,53	1,0E-5	1,4E-6	4,8E-7	5,9E-6	8,0E-7	2,9E-7	3,4E-6	4,8E-7	1,7E-7	2,0E-6	2,8E-7	1,0E-7	1,2E-6	1,7E-7	6,1E-8
9	45	38,55	19,28	9,5E-6	1,3E-6	4,6E-7	5,5E-6	7,7E-7	2,8E-7	3,2E-6	4,6E-7	1,6E-7	1,9E-6	2,7E-7	9,9E-8	1,1E-6	1,6E-7	5,9E-8
10	50	39,93	19,96	8,8E-6	1,3E-6	4,5E-7	5,1E-6	7,4E-7	2,7E-7	3,0E-6	4,4E-7	1,6E-7	1,7E-6	2,6E-7	9,5E-8	1,0E-6	1,6E-7	5,7E-8
11	55	41,22	20,61	8,3E-6	1,2E-6	4,3E-7	4,8E-6	7,2E-7	2,6E-7	2,8E-6	4,3E-7	1,5E-7	1,6E-6	2,5E-7	9,3E-8	9,4E-7	1,5E-7	5,5E-8
12	60	42,43	21,22	7,8E-6	1,2E-6	4,2E-7	4,5E-6	7,0E-7	2,5E-7	2,6E-6	4,1E-7	1,5E-7	1,5E-6	2,5E-7	9,0E-8	8,9E-7	1,5E-7	5,4E-8
13	65	43,58	21,79	7,4E-6	1,1E-6	4,1E-7	4,3E-6	6,8E-7	2,5E-7	2,5E-6	4,0E-7	1,5E-7	1,4E-6	2,4E-7	8,8E-8	8,4E-7	1,4E-7	5,3E-8



## APÊNDICE C.3 – TAXA DE DOSE *VERSUS* BLINDAGEM E DECAIMENTO DOS REJEITOS LÍQUIDOS ÁCIDOS – CENÁRIO II

Para 3 meses de produção, encontram-se descritos nesta seção: tempo (semana) decorrido após a 1ª remessa chegar ao recipiente, o volume (L) esperado naquele tempo, altura (cm) e raio (cm) do recipiente, espessura (cm) da blindagem com suas respectivas taxas de dose efetiva (mSv/h).

### APÊNDICE C.3- 1 – TAXAS DE DOSE PARA BLINDAGENS DE 1 A 10CM DE Pb – RLA CENÁRIO II

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				1 cm de Pb			2 cm de Pb			3 cm de Pb			4 cm de Pb			5 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	30	33,68	16,84	4,3E+4	1,2E+3	3,3E+2	1,6E+4	5,3E+2	1,5E+2	6,3E+3	2,4E+2	7,1E+1	2,6E+3	1,1E+2	3,3E+1	1,1E+3	5,3E+1	1,6E+1
2	60	42,43	21,22	3,9E+4	1,5E+3	4,5E+2	1,4E+4	6,8E+2	2,0E+2	5,6E+3	3,0E+2	9,2E+1	2,3E+3	1,4E+2	4,2E+1	9,5E+2	6,4E+1	2,0E+1
3	90	48,57	24,29	3,6E+4	1,8E+3	5,3E+2	1,3E+4	7,8E+2	2,4E+2	5,1E+3	3,4E+2	1,1E+2	2,1E+3	1,5E+2	4,8E+1	8,6E+2	7,0E+1	2,2E+1
4	120	53,46	26,73	3,5E+4	1,9E+3	6,0E+2	1,3E+4	8,5E+2	2,6E+2	4,8E+3	3,7E+2	1,2E+2	1,9E+3	1,7E+2	5,2E+1	8,0E+2	7,5E+1	2,4E+1
5	150	57,59	28,79	3,3E+4	2,1E+3	6,5E+2	1,2E+4	9,1E+2	2,9E+2	4,6E+3	4,0E+2	1,3E+2	1,9E+3	1,8E+2	5,7E+1	7,6E+2	7,9E+1	2,6E+1
6	180	61,20	30,60	3,2E+4	2,2E+3	7,0E+2	1,2E+4	9,7E+2	3,1E+2	4,5E+3	4,2E+2	1,4E+2	1,8E+3	1,9E+2	6,0E+1	7,3E+2	8,3E+1	2,7E+1
7	210	64,42	32,21	3,1E+4	2,3E+3	7,4E+2	1,1E+4	1,0E+3	3,3E+2	4,4E+3	4,4E+2	1,4E+2	1,7E+3	1,9E+2	6,4E+1	7,1E+2	8,7E+1	2,9E+1
8	240	67,36	33,68	3,0E+4	2,4E+3	7,8E+2	1,1E+4	1,1E+3	3,4E+2	4,2E+3	4,6E+2	1,5E+2	1,7E+3	2,0E+2	6,7E+1	6,9E+2	9,0E+1	3,0E+1
9	270	70,05	35,03	2,9E+4	2,5E+3	8,1E+2	1,1E+4	1,1E+3	3,6E+2	4,1E+3	4,7E+2	1,6E+2	1,7E+3	2,1E+2	6,9E+1	6,7E+2	9,2E+1	3,1E+1
10	300	72,56	36,28	2,8E+4	2,6E+3	8,3E+2	1,0E+4	1,1E+3	3,7E+2	4,0E+3	4,9E+2	1,6E+2	1,6E+3	2,1E+2	7,2E+1	6,6E+2	9,4E+1	3,2E+1
11	330	74,90	37,45	2,7E+4	2,6E+3	8,6E+2	1,0E+4	1,1E+3	3,8E+2	3,9E+3	5,0E+2	1,7E+2	1,6E+3	2,2E+2	7,4E+1	6,4E+2	9,6E+1	3,3E+1
12	360	77,10	38,55	2,7E+4	2,7E+3	8,8E+2	9,9E+3	1,2E+3	3,9E+2	3,9E+3	5,1E+2	1,7E+2	1,5E+3	2,2E+2	7,6E+1	6,3E+2	9,8E+1	3,4E+1

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				6 cm de Pb			7 cm de Pb			8 cm de Pb			9 cm de Pb			10 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	30	33,68	16,84	4,9E+2	2,6E+1	7,8E+0	2,3E+2	1,3E+1	3,9E+0	1,1E+2	6,4E+0	2,0E+0	5,2E+1	3,3E+0	1,0E+0	2,6E+1	1,7E+0	5,5E-1
2	60	42,43	21,22	4,2E+2	3,0E+1	9,4E+0	1,9E+2	1,5E+1	4,6E+0	8,6E+1	7,1E+0	2,3E+0	4,1E+1	3,6E+0	1,1E+0	2,0E+1	1,8E+0	5,9E-1
3	90	48,57	24,29	3,7E+2	3,2E+1	1,0E+1	1,6E+2	1,5E+1	4,9E+0	7,4E+1	7,4E+0	2,4E+0	3,5E+1	3,6E+0	1,2E+0	1,7E+1	1,8E+0	6,0E-1
4	120	53,46	26,73	3,4E+2	3,4E+1	1,1E+1	1,5E+2	1,6E+1	5,2E+0	6,6E+1	7,6E+0	2,5E+0	3,1E+1	3,6E+0	1,2E+0	1,5E+1	1,8E+0	6,0E-1
5	150	57,59	28,79	3,2E+2	3,6E+1	1,2E+1	1,4E+2	1,7E+1	5,5E+0	6,1E+1	7,7E+0	2,6E+0	2,8E+1	3,7E+0	1,2E+0	1,3E+1	1,8E+0	6,1E-1
6	180	61,20	30,60	3,1E+2	3,8E+1	1,2E+1	1,3E+2	1,7E+1	5,7E+0	5,8E+1	7,9E+0	2,7E+0	2,6E+1	3,7E+0	1,3E+0	1,2E+1	1,8E+0	6,2E-1
7	210	64,42	32,21	3,0E+2	3,9E+1	1,3E+1	1,3E+2	1,8E+1	5,9E+0	5,5E+1	8,1E+0	2,8E+0	2,5E+1	3,8E+0	1,3E+0	1,1E+1	1,8E+0	6,2E-1
8	240	67,36	33,68	2,9E+2	4,0E+1	1,4E+1	1,2E+2	1,8E+1	6,2E+0	5,3E+1	8,2E+0	2,8E+0	2,3E+1	3,8E+0	1,3E+0	1,1E+1	1,8E+0	6,3E-1
9	270	70,05	35,03	2,8E+2	4,1E+1	1,4E+1	1,2E+2	1,8E+1	6,3E+0	5,1E+1	8,3E+0	2,9E+0	2,3E+1	3,8E+0	1,4E+0	1,0E+1	1,8E+0	6,4E-1
10	300	72,56	36,28	2,7E+2	4,2E+1	1,4E+1	1,2E+2	1,9E+1	6,5E+0	4,9E+1	8,5E+0	3,0E+0	2,2E+1	3,9E+0	1,4E+0	9,8E+0	1,8E+0	6,5E-1
11	330	74,90	37,45	2,7E+2	4,3E+1	1,5E+1	1,1E+2	1,9E+1	6,7E+0	4,8E+1	8,5E+0	3,0E+0	2,1E+1	3,9E+0	1,4E+0	9,4E+0	1,8E+0	6,5E-1
12	360	77,10	38,55	2,6E+2	4,3E+1	1,5E+1	1,1E+2	1,9E+1	6,8E+0	4,7E+1	8,6E+0	3,1E+0	2,0E+1	3,9E+0	1,4E+0	9,1E+0	1,8E+0	6,6E-1

### APÊNDICE C.3- 2 – TAXAS DE DOSE PARA BLINDAGENS DE 11 A 20CM DE Pb – RLA CENÁRIO II

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				11 cm de Pb			12 cm de Pb			13 cm de Pb			14 cm de Pb			15 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	30	33,68	16,84	1,4E+1	9,5E-1	3,0E-1	7,1E+0	5,2E-1	1,7E-1	3,8E+0	2,9E-1	9,4E-2	2,1E+0	1,7E-1	5,4E-2	1,2E+0	9,7E-2	3,1E-2
2	60	42,43	21,22	1,0E+1	9,8E-1	3,2E-1	5,4E+0	5,3E-1	1,7E-1	2,9E+0	2,9E-1	9,6E-2	1,6E+0	1,6E-1	5,4E-2	8,6E-1	9,3E-2	3,1E-2
3	90	48,57	24,29	8,4E+0	9,4E-1	3,1E-1	4,3E+0	5,0E-1	1,7E-1	2,3E+0	2,7E-1	9,2E-2	1,2E+0	1,5E-1	5,1E-2	6,6E-1	8,5E-2	2,9E-2
4	120	53,46	26,73	7,1E+0	9,2E-1	3,1E-1	3,6E+0	4,8E-1	1,6E-1	1,9E+0	2,6E-1	8,8E-2	1,0E+0	1,4E-1	4,8E-2	5,4E-1	7,8E-2	2,7E-2
5	150	57,59	28,79	6,3E+0	9,0E-1	3,1E-1	3,2E+0	4,6E-1	1,6E-1	1,6E+0	2,4E-1	8,5E-2	8,6E-1	1,3E-1	4,6E-2	4,6E-1	7,3E-2	2,6E-2
6	180	61,20	30,60	5,8E+0	8,9E-1	3,1E-1	2,8E+0	4,5E-1	1,6E-1	1,4E+0	2,3E-1	8,3E-2	7,6E-1	1,3E-1	4,5E-2	4,0E-1	6,9E-2	2,5E-2
7	210	64,42	32,21	5,3E+0	8,8E-1	3,1E-1	2,6E+0	4,4E-1	1,6E-1	1,3E+0	2,3E-1	8,1E-2	6,8E-1	1,2E-1	4,3E-2	3,6E-1	6,6E-2	2,4E-2
8	240	67,36	33,68	5,0E+0	8,7E-1	3,1E-1	2,4E+0	4,3E-1	1,5E-1	1,2E+0	2,2E-1	8,0E-2	6,2E-1	1,2E-1	4,2E-2	3,3E-1	6,3E-2	2,3E-2
9	270	70,05	35,03	4,7E+0	8,6E-1	3,1E-1	2,3E+0	4,3E-1	1,5E-1	1,1E+0	2,2E-1	7,9E-2	5,8E-1	1,1E-1	4,1E-2	3,0E-1	6,1E-2	2,2E-2
10	300	72,56	36,28	4,5E+0	8,6E-1	3,1E-1	2,2E+0	4,2E-1	1,5E-1	1,1E+0	2,1E-1	7,8E-2	5,4E-1	1,1E-1	4,1E-2	2,8E-1	5,9E-2	2,2E-2
11	330	74,90	37,45	4,3E+0	8,5E-1	3,1E-1	2,0E+0	4,1E-1	1,5E-1	1,0E+0	2,1E-1	7,7E-2	5,1E-1	1,1E-1	4,0E-2	2,6E-1	5,7E-2	2,1E-2
12	360	77,10	38,55	4,1E+0	8,5E-1	3,1E-1	2,0E+0	4,1E-1	1,5E-1	9,5E-1	2,0E-1	7,6E-2	4,8E-1	1,0E-1	4,0E-2	2,5E-1	5,5E-2	2,1E-2

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				16 cm de Pb			17 cm de Pb			18 cm de Pb			19 cm de Pb			20 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	30	33,68	16,84	6,5E-1	5,6E-2	1,8E-2	3,7E-1	3,3E-2	1,1E-2	2,1E-1	1,9E-2	6,4E-3	1,2E-1	1,1E-2	3,8E-3	6,8E-2	6,8E-3	2,3E-3
2	60	42,43	21,22	4,8E-1	5,4E-2	1,8E-2	2,7E-1	3,1E-2	1,1E-2	1,5E-1	1,8E-2	6,3E-3	8,7E-2	1,1E-2	3,7E-3	5,0E-2	6,4E-3	2,2E-3
3	90	48,57	24,29	3,7E-1	4,9E-2	1,7E-2	2,1E-1	2,8E-2	9,7E-3	1,2E-1	1,6E-2	5,7E-3	6,6E-2	9,6E-3	3,4E-3	3,8E-2	5,6E-3	2,0E-3
4	120	53,46	26,73	3,0E-1	4,4E-2	1,6E-2	1,7E-1	2,5E-2	9,0E-3	9,4E-2	1,5E-2	5,2E-3	5,4E-2	8,6E-3	3,1E-3	3,1E-2	5,1E-3	1,8E-3
5	150	57,59	28,79	2,5E-1	4,1E-2	1,5E-2	1,4E-1	2,3E-2	8,4E-3	7,9E-2	1,4E-2	4,9E-3	4,5E-2	7,9E-3	2,9E-3	2,6E-2	4,6E-3	1,7E-3
6	180	61,20	30,60	2,2E-1	3,8E-2	1,4E-2	1,2E-1	2,2E-2	7,9E-3	6,9E-2	1,3E-2	4,6E-3	3,9E-2	7,3E-3	2,7E-3	2,2E-2	4,4E-3	1,6E-3
7	210	64,42	32,21	2,0E-1	3,6E-2	1,3E-2	1,1E-1	2,1E-2	7,5E-3	6,1E-2	1,2E-2	4,3E-3	3,4E-2	6,8E-3	2,5E-3	2,0E-2	4,0E-3	1,5E-3
8	240	67,36	33,68	1,8E-1	3,5E-2	1,3E-2	9,8E-2	2,0E-2	7,2E-3	5,5E-2	1,1E-2	4,2E-3	3,1E-2	6,4E-3	2,4E-3	1,8E-2	3,7E-3	1,4E-3
9	270	70,05	35,03	1,6E-1	3,3E-2	1,2E-2	8,9E-2	1,9E-2	7,0E-3	5,0E-2	1,1E-2	4,0E-3	2,8E-2	6,1E-3	2,3E-3	1,6E-2	3,5E-3	1,4E-3
10	300	72,56	36,28	1,5E-1	3,2E-2	1,2E-2	8,2E-2	1,8E-2	6,8E-3	4,6E-2	1,0E-2	3,9E-3	2,6E-2	5,8E-3	2,2E-3	1,5E-2	3,4E-3	1,3E-3
11	330	74,90	37,45	1,4E-1	3,1E-2	1,2E-2	7,7E-2	1,7E-2	6,6E-3	4,2E-2	9,7E-3	3,7E-3	2,4E-2	5,6E-3	2,2E-3	1,4E-2	3,2E-3	1,3E-3
12	360	77,10	38,55	1,3E-1	3,0E-2	1,1E-2	7,2E-2	1,7E-2	6,4E-3	4,0E-2	9,3E-3	3,6E-3	2,2E-2	5,3E-3	2,1E-3	1,3E-2	3,1E-3	1,2E-3

### APÊNDICE C.3- 3 – TAXAS DE DOSE PARA BLINDAGENS DE 21 A 30CM DE Pb – RLA CENÁRIO II

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				21 cm de Pb			22 cm de Pb			23 cm de Pb			24 cm de Pb			25 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	30	33,68	16,84	3,9E-2	4,0E-3	1,4E-3	2,2E-2	2,4E-3	8,2E-4	1,3E-2	1,4E-3	4,9E-4	7,5E-3	8,5E-4	2,9E-4	4,3E-3	5,1E-4	1,8E-4
2	60	42,43	21,22	2,9E-2	3,8E-3	1,3E-3	1,7E-2	2,2E-3	7,8E-4	9,6E-3	1,3E-3	4,7E-4	5,5E-3	7,9E-4	2,8E-4	3,2E-3	4,7E-4	1,7E-4
3	90	48,57	24,29	2,2E-2	3,3E-3	1,2E-3	1,3E-2	2,0E-3	7,1E-4	7,3E-3	1,2E-3	4,2E-4	4,2E-3	7,0E-4	2,5E-4	2,5E-3	4,1E-4	1,5E-4
4	120	53,46	26,73	1,8E-2	3,0E-3	1,1E-3	1,0E-2	1,8E-3	6,4E-4	5,9E-3	1,0E-3	3,8E-4	3,4E-3	6,2E-4	2,3E-4	2,0E-3	3,7E-4	1,4E-4
5	150	57,59	28,79	1,5E-2	2,7E-3	1,0E-3	8,5E-3	1,6E-3	5,9E-4	4,9E-3	9,5E-4	3,5E-4	2,9E-3	5,6E-4	2,1E-4	1,7E-3	3,3E-4	1,3E-4
6	180	61,20	30,60	1,3E-2	2,5E-3	9,3E-4	7,3E-3	1,5E-3	5,5E-4	4,2E-3	8,7E-4	3,3E-4	2,5E-3	5,2E-4	2,0E-4	1,4E-3	3,1E-4	1,2E-4
7	210	64,42	32,21	1,1E-2	2,3E-3	8,8E-4	6,5E-3	1,4E-3	5,2E-4	3,7E-3	8,1E-4	3,1E-4	2,2E-3	4,8E-4	1,8E-4	1,3E-3	2,8E-4	1,1E-4
8	240	67,36	33,68	1,0E-2	2,2E-3	8,3E-4	5,8E-3	1,3E-3	4,9E-4	3,3E-3	7,6E-4	2,9E-4	1,9E-3	4,5E-4	1,7E-4	1,1E-3	2,7E-4	1,0E-4
9	270	70,05	35,03	9,1E-3	2,1E-3	8,0E-4	5,2E-3	1,2E-3	4,7E-4	3,0E-3	7,2E-4	2,8E-4	1,8E-3	4,2E-4	1,7E-4	1,0E-3	2,5E-4	9,9E-5
10	300	72,56	36,28	8,4E-3	2,0E-3	7,6E-4	4,8E-3	1,2E-3	4,5E-4	2,8E-3	6,8E-4	2,7E-4	1,6E-3	4,0E-4	1,6E-4	9,4E-4	2,4E-4	9,5E-5
11	330	74,90	37,45	7,7E-3	1,9E-3	7,4E-4	4,4E-3	1,1E-3	4,3E-4	2,6E-3	6,5E-4	2,6E-4	1,5E-3	3,8E-4	1,5E-4	8,7E-4	2,3E-4	9,1E-5
12	360	77,10	38,55	7,2E-3	1,8E-3	7,1E-4	4,1E-3	1,1E-3	4,2E-4	2,4E-3	6,2E-4	2,5E-4	1,4E-3	3,7E-4	1,5E-4	8,0E-4	2,2E-4	8,8E-5

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				26 cm de Pb			27 cm de Pb			28 cm de Pb			29 cm de Pb			30 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	30	33,68	16,84	2,5E-3	3,0E-4	1,1E-4	1,5E-3	1,8E-4	6,4E-5	8,5E-4	1,1E-4	3,8E-5	5,0E-4	6,5E-5	2,3E-5	2,9E-4	3,9E-5	1,4E-5
2	60	42,43	21,22	1,9E-3	2,8E-4	1,0E-4	1,1E-3	1,7E-4	6,1E-5	6,4E-4	1,0E-4	3,6E-5	3,7E-4	6,0E-5	2,2E-5	2,2E-4	3,6E-5	1,3E-5
3	90	48,57	24,29	1,4E-3	2,5E-4	9,1E-5	8,4E-4	1,5E-4	5,4E-5	4,9E-4	8,8E-5	3,3E-5	2,9E-4	5,2E-5	2,0E-5	1,7E-4	3,1E-5	1,2E-5
4	120	53,46	26,73	1,2E-3	2,2E-4	8,2E-5	6,7E-4	1,3E-4	4,9E-5	3,9E-4	7,8E-5	2,9E-5	2,3E-4	4,6E-5	1,8E-5	1,4E-4	2,8E-5	1,1E-5
5	150	57,59	28,79	9,7E-4	2,0E-4	7,5E-5	5,7E-4	1,2E-4	4,5E-5	3,3E-4	7,0E-5	2,7E-5	1,9E-4	4,2E-5	1,6E-5	1,1E-4	2,5E-5	9,7E-6
6	180	61,20	30,60	8,4E-4	1,8E-4	7,0E-5	4,9E-4	1,1E-4	4,2E-5	2,9E-4	6,4E-5	2,5E-5	1,7E-4	3,8E-5	1,5E-5	9,8E-5	2,3E-5	9,0E-6
7	210	64,42	32,21	7,4E-4	1,7E-4	6,6E-5	4,3E-4	1,0E-4	3,9E-5	2,5E-4	6,0E-5	2,4E-5	1,5E-4	3,6E-5	1,4E-5	8,6E-5	2,1E-5	8,5E-6
8	240	67,36	33,68	6,6E-4	1,6E-4	6,2E-5	3,8E-4	9,4E-5	3,7E-5	2,3E-4	5,6E-5	2,2E-5	1,3E-4	3,3E-5	1,3E-5	7,7E-5	2,0E-5	8,0E-6
9	270	70,05	35,03	6,0E-4	1,5E-4	5,9E-5	3,5E-4	8,9E-5	3,6E-5	2,0E-4	5,3E-5	2,1E-5	1,2E-4	3,1E-5	1,3E-5	7,0E-5	1,9E-5	7,6E-6
10	300	72,56	36,28	5,5E-4	1,4E-4	5,7E-5	3,2E-4	8,4E-5	3,4E-5	1,9E-4	5,0E-5	2,0E-5	1,1E-4	3,0E-5	1,2E-5	6,4E-5	1,8E-5	7,3E-6
11	330	74,90	37,45	5,0E-4	1,3E-4	5,5E-5	2,9E-4	8,0E-5	3,3E-5	1,7E-4	4,7E-5	2,0E-5	1,0E-4	2,8E-5	1,2E-5	5,9E-5	1,7E-5	7,0E-6
12	360	77,10	38,55	4,7E-4	1,3E-4	5,3E-5	2,7E-4	7,6E-5	3,1E-5	1,6E-4	4,5E-5	1,9E-5	9,4E-5	2,7E-5	1,1E-5	5,5E-5	1,6E-5	6,7E-6



## APÊNDICE C.4 – TAXA DE DOSE VERSUS BLINDAGEM E DECAIMENTO DOS REJEITOS LÍQUIDOS BÁSICOS – CENÁRIO II

Para 3 meses de produção, encontram-se descritos nesta seção: tempo (semana) decorrido após a 1ª remessa chegar ao recipiente, o volume (L) esperado naquele tempo, altura (cm) e raio (cm) do recipiente, espessura (cm) da blindagem com suas respectivas taxas de dose efetiva (mSv/h).

### APÊNDICE C.4- 1 – TAXAS DE DOSE PARA BLINDAGENS DE 1 A 10CM DE Pb – RLB CENÁRIO II

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				1 cm de Pb			2 cm de Pb			3 cm de Pb			4 cm de Pb			5 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	30	33,68	16,84	1,5E+3	2,8E+1	7,9E+0	5,6E+2	1,3E+1	3,7E+0	2,2E+2	6,0E+0	1,7E+0	9,1E+1	2,8E+0	8,2E-1	3,9E+1	1,3E+0	3,9E-1
2	60	42,43	21,22	1,4E+3	3,8E+1	1,1E+1	5,2E+2	1,7E+1	5,0E+0	2,0E+2	7,8E+0	2,3E+0	8,2E+1	3,6E+0	1,1E+0	3,4E+1	1,7E+0	5,0E-1
3	90	48,57	24,29	1,3E+3	4,5E+1	1,3E+1	4,9E+2	2,0E+1	6,0E+0	1,9E+2	9,0E+0	2,7E+0	7,6E+1	4,0E+0	1,2E+0	3,1E+1	1,9E+0	5,6E-1
4	120	53,46	26,73	1,3E+3	5,1E+1	1,5E+1	4,7E+2	2,2E+1	6,7E+0	1,8E+2	9,9E+0	3,0E+0	7,2E+1	4,4E+0	1,4E+0	3,0E+1	2,0E+0	6,2E-1
5	150	57,59	28,79	1,3E+3	5,5E+1	1,7E+1	4,6E+2	2,4E+1	7,4E+0	1,7E+2	1,1E+1	3,3E+0	6,9E+1	4,8E+0	1,5E+0	2,8E+1	2,2E+0	6,7E-1
6	180	61,20	30,60	1,2E+3	5,9E+1	1,8E+1	4,5E+2	2,6E+1	8,0E+0	1,7E+2	1,1E+1	3,5E+0	6,8E+1	5,1E+0	1,6E+0	2,8E+1	2,3E+0	7,2E-1
7	210	64,42	32,21	1,2E+3	6,2E+1	1,9E+1	4,3E+2	2,7E+1	8,5E+0	1,7E+2	1,2E+1	3,7E+0	6,6E+1	5,3E+0	1,7E+0	2,7E+1	2,4E+0	7,6E-1
8	240	67,36	33,68	1,2E+3	6,5E+1	2,0E+1	4,2E+2	2,9E+1	8,9E+0	1,6E+2	1,3E+1	3,9E+0	6,5E+1	5,6E+0	1,8E+0	2,6E+1	2,5E+0	7,9E-1
9	270	70,05	35,03	1,1E+3	6,8E+1	2,1E+1	4,2E+2	3,0E+1	9,3E+0	1,6E+2	1,3E+1	4,1E+0	6,4E+1	5,8E+0	1,8E+0	2,6E+1	2,6E+0	8,3E-1
10	300	72,56	36,28	1,1E+3	7,0E+1	2,2E+1	4,1E+2	3,1E+1	9,7E+0	1,6E+2	1,4E+1	4,3E+0	6,2E+1	6,0E+0	1,9E+0	2,5E+1	2,6E+0	8,6E-1
11	330	74,90	37,45	1,1E+3	7,2E+1	2,2E+1	4,0E+2	3,2E+1	1,0E+1	1,5E+2	1,4E+1	4,4E+0	6,1E+1	6,1E+0	2,0E+0	2,5E+1	2,7E+0	8,8E-1
12	360	77,10	38,55	1,1E+3	7,3E+1	2,3E+1	3,9E+2	3,2E+1	1,0E+1	1,5E+2	1,4E+1	4,5E+0	6,0E+1	6,3E+0	2,0E+0	2,4E+1	2,8E+0	9,1E-1

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				6 cm de Pb			7 cm de Pb			8 cm de Pb			9 cm de Pb			10 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	30	33,68	16,84	1,7E+1	6,5E-1	1,9E-1	7,8E+0	3,2E-1	9,5E-2	3,6E+0	1,6E-1	4,9E-2	1,8E+0	8,4E-2	2,5E-2	8,8E-1	4,4E-2	1,3E-2
2	60	42,43	21,22	1,5E+1	7,9E-1	2,4E-1	6,7E+0	3,8E-1	1,2E-1	3,1E+0	1,9E-1	5,7E-2	1,5E+0	9,4E-2	2,9E-2	7,1E-1	4,8E-2	1,5E-2
3	90	48,57	24,29	1,3E+1	8,6E-1	2,6E-1	5,9E+0	4,1E-1	1,3E-1	2,7E+0	2,0E-1	6,1E-2	1,3E+0	9,7E-2	3,0E-2	6,0E-1	4,9E-2	1,6E-2
4	120	53,46	26,73	1,3E+1	9,3E-1	2,9E-1	5,5E+0	4,3E-1	1,4E-1	2,4E+0	2,0E-1	6,5E-2	1,1E+0	9,9E-2	3,2E-2	5,3E-1	4,9E-2	1,6E-2
5	150	57,59	28,79	1,2E+1	9,8E-1	3,1E-1	5,1E+0	4,5E-1	1,4E-1	2,3E+0	2,1E-1	6,8E-2	1,0E+0	1,0E-1	3,3E-2	4,8E-1	4,9E-2	1,6E-2
6	180	61,20	30,60	1,2E+1	1,0E+0	3,3E-1	4,9E+0	4,7E-1	1,5E-1	2,2E+0	2,2E-1	7,1E-2	9,7E-1	1,0E-1	3,4E-2	4,5E-1	5,0E-2	1,6E-2
7	210	64,42	32,21	1,1E+1	1,1E+0	3,4E-1	4,8E+0	4,9E-1	1,6E-1	2,1E+0	2,3E-1	7,3E-2	9,2E-1	1,1E-1	3,5E-2	4,2E-1	5,0E-2	1,7E-2
8	240	67,36	33,68	1,1E+1	1,1E+0	3,6E-1	4,6E+0	5,0E-1	1,6E-1	2,0E+0	2,3E-1	7,6E-2	8,8E-1	1,1E-1	3,6E-2	4,0E-1	5,1E-2	1,7E-2
9	270	70,05	35,03	1,1E+1	1,2E+0	3,7E-1	4,5E+0	5,2E-1	1,7E-1	1,9E+0	2,4E-1	7,8E-2	8,5E-1	1,1E-1	3,6E-2	3,8E-1	5,1E-2	1,7E-2
10	300	72,56	36,28	1,0E+1	1,2E+0	3,9E-1	4,4E+0	5,3E-1	1,8E-1	1,9E+0	2,4E-1	8,0E-2	8,2E-1	1,1E-1	3,7E-2	3,7E-1	5,1E-2	1,8E-2
11	330	74,90	37,45	1,0E+1	1,2E+0	4,0E-1	4,3E+0	5,4E-1	1,8E-1	1,8E+0	2,4E-1	8,2E-2	7,9E-1	1,1E-1	3,8E-2	3,5E-1	5,2E-2	1,8E-2
12	360	77,10	38,55	1,0E+1	1,2E+0	4,1E-1	4,2E+0	5,5E-1	1,8E-1	1,8E+0	2,5E-1	8,4E-2	7,7E-1	1,1E-1	3,8E-2	3,4E-1	5,2E-2	1,8E-2

## APÊNDICE C.4- 2 – TAXAS DE DOSE PARA BLINDAGENS DE 11 A 20CM DE Pb – RLB CENÁRIO II

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				11 cm de Pb			12 cm de Pb			13 cm de Pb			14 cm de Pb			15 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	30	33,68	16,84	4,5E-1	2,4E-2	7,4E-3	2,4E-1	1,3E-2	4,1E-3	1,3E-1	7,5E-3	2,3E-3	6,9E-2	4,3E-3	1,3E-3	3,8E-2	2,5E-3	7,8E-4
2	60	42,43	21,22	3,6E-1	2,6E-2	8,0E-3	1,9E-1	1,4E-2	4,4E-3	9,9E-2	7,6E-3	2,4E-3	5,3E-2	4,3E-3	1,4E-3	2,9E-2	2,4E-3	7,9E-4
3	90	48,57	24,29	3,0E-1	2,5E-2	8,1E-3	1,5E-1	1,3E-2	4,3E-3	8,0E-2	7,3E-3	2,4E-3	4,3E-2	4,0E-3	1,3E-3	2,3E-2	2,3E-3	7,5E-4
4	120	53,46	26,73	2,6E-1	2,5E-2	8,1E-3	1,3E-1	1,3E-2	4,3E-3	6,7E-2	7,0E-3	2,3E-3	3,6E-2	3,8E-3	1,3E-3	1,9E-2	2,1E-3	7,1E-4
5	150	57,59	28,79	2,3E-1	2,5E-2	8,1E-3	1,2E-1	1,3E-2	4,2E-3	5,9E-2	6,7E-3	2,2E-3	3,1E-2	3,6E-3	1,2E-3	1,7E-2	2,0E-3	6,8E-4
6	180	61,20	30,60	2,1E-1	2,5E-2	8,2E-3	1,0E-1	1,2E-2	4,2E-3	5,3E-2	6,5E-3	2,2E-3	2,8E-2	3,5E-3	1,2E-3	1,5E-2	1,9E-3	6,5E-4
7	210	64,42	32,21	2,0E-1	2,5E-2	8,2E-3	9,6E-2	1,2E-2	4,2E-3	4,8E-2	6,4E-3	2,2E-3	2,5E-2	3,4E-3	1,2E-3	1,3E-2	1,8E-3	6,3E-4
8	240	67,36	33,68	1,9E-1	2,5E-2	8,3E-3	9,0E-2	1,2E-2	4,2E-3	4,5E-2	6,3E-3	2,1E-3	2,3E-2	3,3E-3	1,1E-3	1,2E-2	1,8E-3	6,2E-4
9	270	70,05	35,03	1,8E-1	2,5E-2	8,4E-3	8,5E-2	1,2E-2	4,2E-3	4,2E-2	6,2E-3	2,1E-3	2,1E-2	3,2E-3	1,1E-3	1,1E-2	1,7E-3	6,0E-4
10	300	72,56	36,28	1,7E-1	2,5E-2	8,4E-3	8,0E-2	1,2E-2	4,2E-3	4,0E-2	6,1E-3	2,1E-3	2,0E-2	3,1E-3	1,1E-3	1,0E-2	1,7E-3	5,9E-4
11	330	74,90	37,45	1,6E-1	2,5E-2	8,5E-3	7,7E-2	1,2E-2	4,2E-3	3,7E-2	6,0E-3	2,1E-3	1,9E-2	3,1E-3	1,1E-3	9,8E-3	1,6E-3	5,8E-4
12	360	77,10	38,55	1,6E-1	2,5E-2	8,5E-3	7,3E-2	1,2E-2	4,2E-3	3,6E-2	5,9E-3	2,1E-3	1,8E-2	3,0E-3	1,1E-3	9,2E-3	1,6E-3	5,7E-4

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				16 cm de Pb			17 cm de Pb			18 cm de Pb			19 cm de Pb			20 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	30	33,68	16,84	2,1E-2	1,4E-3	4,5E-4	1,2E-2	8,4E-4	2,7E-4	6,6E-3	4,9E-4	1,6E-4	3,8E-3	2,9E-4	9,5E-5	2,2E-3	1,7E-4	5,7E-5
2	60	42,43	21,22	1,6E-2	1,4E-3	4,6E-4	9,1E-3	8,2E-4	2,7E-4	5,1E-3	4,8E-4	1,6E-4	2,9E-3	2,8E-4	9,4E-5	1,7E-3	1,7E-4	5,6E-5
3	90	48,57	24,29	1,3E-2	1,3E-3	4,3E-4	7,2E-3	7,5E-4	2,5E-4	4,1E-3	4,4E-4	1,5E-4	2,3E-3	2,6E-4	8,7E-5	1,3E-3	1,5E-4	5,2E-5
4	120	53,46	26,73	1,1E-2	1,2E-3	4,1E-4	5,9E-3	6,9E-4	2,3E-4	3,3E-3	4,0E-4	1,4E-4	1,9E-3	2,3E-4	8,1E-5	1,1E-3	1,4E-4	4,8E-5
5	150	57,59	28,79	9,1E-3	1,1E-3	3,8E-4	5,0E-3	6,4E-4	2,2E-4	2,8E-3	3,7E-4	1,3E-4	1,6E-3	2,2E-4	7,5E-5	9,2E-4	1,3E-4	4,4E-5
6	180	61,20	30,60	8,0E-3	1,1E-3	3,7E-4	4,4E-3	6,1E-4	2,1E-4	2,5E-3	3,5E-4	1,2E-4	1,4E-3	2,0E-4	7,1E-5	8,0E-4	1,2E-4	4,2E-5
7	210	64,42	32,21	7,2E-3	1,0E-3	3,5E-4	4,0E-3	5,8E-4	2,0E-4	2,2E-3	3,3E-4	1,2E-4	1,2E-3	1,9E-4	6,8E-5	7,1E-4	1,1E-4	4,0E-5
8	240	67,36	33,68	6,5E-3	9,8E-4	3,4E-4	3,6E-3	5,5E-4	1,9E-4	2,0E-3	3,1E-4	1,1E-4	1,1E-3	1,8E-4	6,5E-5	6,4E-4	1,1E-4	3,8E-5
9	270	70,05	35,03	6,0E-3	9,5E-4	3,3E-4	3,3E-3	5,3E-4	1,9E-4	1,8E-3	3,0E-4	1,1E-4	1,0E-3	1,7E-4	6,3E-5	5,8E-4	1,0E-4	3,7E-5
10	300	72,56	36,28	5,6E-3	9,2E-4	3,3E-4	3,0E-3	5,1E-4	1,8E-4	1,7E-3	2,9E-4	1,0E-4	9,5E-4	1,7E-4	6,0E-5	5,4E-4	9,7E-5	3,5E-5
11	330	74,90	37,45	5,2E-3	8,9E-4	3,2E-4	2,8E-3	4,9E-4	1,8E-4	1,6E-3	2,8E-4	1,0E-4	8,8E-4	1,6E-4	5,9E-5	5,0E-4	9,3E-5	3,4E-5
12	360	77,10	38,55	4,9E-3	8,7E-4	3,1E-4	2,7E-3	4,8E-4	1,7E-4	1,5E-3	2,7E-4	9,9E-5	8,2E-4	1,5E-4	5,7E-5	4,7E-4	9,0E-5	3,3E-5

## APÊNDICE C.4- 3 – TAXAS DE DOSE PARA BLINDAGENS DE 21 A 30CM DE Pb – RLB CENÁRIO II

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				21 cm de Pb			22 cm de Pb			23 cm de Pb			24 cm de Pb			25 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	30	33,68	16,84	1,2E-3	1,0E-4	3,4E-5	7,1E-4	6,1E-5	2,0E-5	4,1E-4	3,7E-5	1,2E-5	2,3E-4	2,2E-5	7,3E-6	1,4E-4	1,3E-5	4,4E-6
2	60	42,43	21,22	9,6E-4	9,9E-5	3,4E-5	5,5E-4	5,9E-5	2,0E-5	3,2E-4	3,5E-5	1,2E-5	1,8E-4	2,1E-5	7,2E-6	1,1E-4	1,2E-5	4,3E-6
3	90	48,57	24,29	7,5E-4	9,0E-5	3,1E-5	4,3E-4	5,3E-5	1,8E-5	2,5E-4	3,2E-5	1,1E-5	1,5E-4	1,9E-5	6,6E-6	8,4E-5	1,1E-5	3,9E-6
4	120	53,46	26,73	6,2E-4	8,1E-5	2,8E-5	3,6E-4	4,8E-5	1,7E-5	2,1E-4	2,9E-5	1,0E-5	1,2E-4	1,7E-5	6,0E-6	6,9E-5	1,0E-5	3,6E-6
5	150	57,59	28,79	5,2E-4	7,5E-5	2,6E-5	3,0E-4	4,4E-5	1,6E-5	1,7E-4	2,6E-5	9,4E-6	1,0E-4	1,6E-5	5,6E-6	5,9E-5	9,3E-6	3,3E-6
6	180	61,20	30,60	4,6E-4	7,0E-5	2,5E-5	2,6E-4	4,1E-5	1,5E-5	1,5E-4	2,4E-5	8,8E-6	8,8E-5	1,4E-5	5,2E-6	5,1E-5	8,6E-6	3,1E-6
7	210	64,42	32,21	4,1E-4	6,6E-5	2,4E-5	2,3E-4	3,9E-5	1,4E-5	1,3E-4	2,3E-5	8,3E-6	7,8E-5	1,4E-5	5,0E-6	4,5E-5	8,0E-6	3,0E-6
8	240	67,36	33,68	3,7E-4	6,2E-5	2,2E-5	2,1E-4	3,7E-5	1,3E-5	1,2E-4	2,2E-5	7,9E-6	7,0E-5	1,3E-5	4,7E-6	4,1E-5	7,6E-6	2,8E-6
9	270	70,05	35,03	3,3E-4	5,9E-5	2,2E-5	1,9E-4	3,5E-5	1,3E-5	1,1E-4	2,1E-5	7,6E-6	6,4E-5	1,2E-5	4,5E-6	3,7E-5	7,2E-6	2,7E-6
10	300	72,56	36,28	3,1E-4	5,7E-5	2,1E-5	1,8E-4	3,3E-5	1,2E-5	1,0E-4	2,0E-5	7,3E-6	5,9E-5	1,2E-5	4,4E-6	3,4E-5	6,9E-6	2,6E-6
11	330	74,90	37,45	2,8E-4	5,4E-5	2,0E-5	1,6E-4	3,2E-5	1,2E-5	9,4E-5	1,9E-5	7,1E-6	5,5E-5	1,1E-5	4,2E-6	3,2E-5	6,6E-6	2,5E-6
12	360	77,10	38,55	2,7E-4	5,2E-5	1,9E-5	1,5E-4	3,1E-5	1,2E-5	8,8E-5	1,8E-5	6,8E-6	5,1E-5	1,1E-5	4,1E-6	3,0E-5	6,3E-6	2,4E-6

TEMPO (semana)	VOLUME (L)	ALTURA (cm)	RAIO (cm)	TAXA DE DOSE (mSv/h)														
				26 cm de Pb			27 cm de Pb			28 cm de Pb			29 cm de Pb			30 cm de Pb		
				superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m	superfície	1 m	2 m
1	30	33,68	16,84	7,8E-5	7,8E-6	2,7E-6	4,5E-5	4,7E-6	1,6E-6	2,6E-5	2,8E-6	9,6E-7	1,5E-5	1,7E-6	5,8E-7	8,9E-6	1,0E-6	3,5E-7
2	60	42,43	21,22	6,2E-5	7,4E-6	2,6E-6	3,6E-5	4,4E-6	1,6E-6	2,1E-5	2,6E-6	9,4E-7	1,2E-5	1,6E-6	5,6E-7	7,1E-6	9,5E-7	3,4E-7
3	90	48,57	24,29	4,9E-5	6,7E-6	2,4E-6	2,8E-5	4,0E-6	1,4E-6	1,7E-5	2,4E-6	8,5E-7	9,7E-6	1,4E-6	5,1E-7	5,6E-6	8,5E-7	3,1E-7
4	120	53,46	26,73	4,0E-5	6,0E-6	2,2E-6	2,3E-5	3,6E-6	1,3E-6	1,4E-5	2,1E-6	7,8E-7	8,0E-6	1,3E-6	4,7E-7	4,7E-6	7,6E-7	2,8E-7
5	150	57,59	28,79	3,4E-5	5,5E-6	2,0E-6	2,0E-5	3,3E-6	1,2E-6	1,2E-5	2,0E-6	7,2E-7	6,8E-6	1,2E-6	4,3E-7	4,0E-6	7,0E-7	2,6E-7
6	180	61,20	30,60	3,0E-5	5,1E-6	1,9E-6	1,7E-5	3,0E-6	1,1E-6	1,0E-5	1,8E-6	6,8E-7	5,9E-6	1,1E-6	4,1E-7	3,5E-6	6,5E-7	2,4E-7
7	210	64,42	32,21	2,6E-5	4,8E-6	1,8E-6	1,5E-5	2,9E-6	1,1E-6	9,0E-6	1,7E-6	6,4E-7	5,3E-6	1,0E-6	3,8E-7	3,1E-6	6,0E-7	2,3E-7
8	240	67,36	33,68	2,4E-5	4,5E-6	1,7E-6	1,4E-5	2,7E-6	1,0E-6	8,1E-6	1,6E-6	6,1E-7	4,8E-6	9,6E-7	3,6E-7	2,8E-6	5,7E-7	2,2E-7
9	270	70,05	35,03	2,2E-5	4,3E-6	1,6E-6	1,3E-5	2,6E-6	9,7E-7	7,4E-6	1,5E-6	5,8E-7	4,3E-6	9,1E-7	3,5E-7	2,5E-6	5,4E-7	2,1E-7
10	300	72,56	36,28	2,0E-5	4,1E-6	1,6E-6	1,2E-5	2,4E-6	9,3E-7	6,8E-6	1,4E-6	5,6E-7	4,0E-6	8,6E-7	3,3E-7	2,3E-6	5,2E-7	2,0E-7
11	330	74,90	37,45	1,9E-5	3,9E-6	1,5E-6	1,1E-5	2,3E-6	9,0E-7	6,3E-6	1,4E-6	5,4E-7	3,7E-6	8,3E-7	3,2E-7	2,2E-6	4,9E-7	1,9E-7
12	360	77,10	38,55	1,7E-5	3,8E-6	1,4E-6	1,0E-5	2,2E-6	8,7E-7	5,9E-6	1,3E-6	5,2E-7	3,4E-6	7,9E-7	3,1E-7	2,0E-6	4,7E-7	1,9E-7