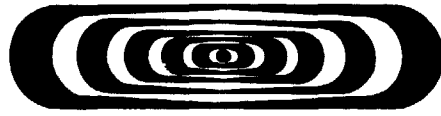


BR 93 31124

ISSN 0101-3084



CNEN/SP

ipen Instituto de Pesquisas
Energéticas e Nucleares

GOVERNO DO BRASIL

**INVENTÁRIO RADIOISOTÓPICO DOS REJEITOS
DA PRODUÇÃO DE ^{99}Mo**

Roberto VICENTE, José Claudio DELLAMANO e Laura Sakiko ENDO

IPEN-Pub-372

JULHO/1992

SÃO PAULO

INVENTÁRIO RADIOISOTÓPICO DOS REJEITOS DA PRODUÇÃO DE ⁹⁹Mo

Roberto VICENTE, José Cláudio DELLAMANO e Laura Sakiko ENDO

DEPARTAMENTO DO CICLO DO COMBUSTÍVEL

**CNEN/SP
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
SÃO PAULO - BRASIL**

Série PUBLICAÇÃO IPEN

INIS Categories and Descriptors

E60.00

**MOLYBDENUM 99
FISSION PRODUCTS
RADIOACTIVE WASTES
INVENTORIES
RADIOACTIVITY
DECAY
WASTE MANAGEMENT**

IPEN-Doc-4383

Aprovado para publicação em 30/04/92

Note: A redação, ortografia, conceitos e revisão final são de responsabilidade do(s) autor(es).

INVENTÁRIO RADIOISOTÓPICO DOS REJEITOS DA PRODUÇÃO DE ^{99}Mo

**Roberto VICENTE
José Claudio DELLAMANO
Laura Sakiko ENDO**

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

RESUMO

A produção de ^{99}Mo de fissão dá origem a diversos fluxos de rejeitos radioativos, cada um contendo uma fração da atividade total dos radionuclídeos presentes inicialmente nos alvos irradiados. Foram identificados oito fluxos de rejeitos de maior relevância, sendo quatro de líquidos, três de sólidos e um fluxo de rejeito gasoso que, sendo filtrado, se converte num fluxo adicional de sólido. A fração dos elementos que se distribue em cada fluxo já foi determinada anteriormente. Neste trabalho, o decaimento da atividade e o acúmulo de rejeitos de campanhas semanais sucessivas é modelado matematicamente de modo a se poder prever a atividade total dos rejeitos nos tanques de rejeitos líquidos e armazéns de sólidos no momento do tratamento. O número de embalagens contendo rejeito imobilizado ou encapsulado que resulta do tratamento e a atividade de cada uma é estimada com base nos limites de atividade para embalagens tipo A1 das normas de transporte.

RADIOISOTOPE CONTENT OF THE WASTES GENERATED IN ^{99}Mo PRODUCTION

**Roberto VICENTE
José Claudio DELLAMANO
Laura Sakiko ENDO**

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

ABSTRACT

Many radioactive waste streams arise in the production of ^{99}Mo , each one with a fraction of the initial radioactive content of the irradiated uranium target. Eight relevant waste streams were identified - four liquid wastes, three solid wastes and one gaseous waste stream, which upon filtration constitutes another solid waste stream. The fractions of the elements initially present in the targets that are present in each stream were determined previously. In this report, the activity decay and the activity buildup in the liquid storage tanks and in the dry solid storages are mathematically modeled so that the waste activity after one year of radioisotope production can be estimated. The activities present in each drum of immobilized or encapsulated waste, generated upon treatment of those eight waste streams, are also calculated assuming that the drums will conform to type A1 packages for the transportation of radioactive materials.

SUMÁRIO

	Pag.
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xii
CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2 CONSIDERAÇÕES GERAIS	3
CAPÍTULO 3 INVENTÁRIO RADIOISOTÓPICO	7
CAPÍTULO 4 CÁLCULO DO NÚMERO DE EA BALAGENS	53
CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
APÊNDICE A EQUAÇÕES DE DECAIMENTO	71
APÊNDICE B DETALHAMENTO DO MODELO	77
APÊNDICE C ESTRUTURA DA PLANILHA	81
C.1 Introdução	81
C.2 Estrutura do modelo	81

LISTA DE FIGURAS

		Pag.
3.1	Atividade dos rejeitos líquidos, coluna AG1x8 durante o período de acúmulo	36
3.2	Atividade dos rejeitos líquidos da coluna Biorex durante o período de acúmulo	37
3.3	Atividade dos rejeitos líquidos da coluna Chellex durante o período de acúmulo	38
3.4	Atividade dos rejeitos líquidos da coluna manganês durante o período de acúmulo	39
3.5	Atividade acumulada nas colunas AG1x8 descartadas	40
3.6	Atividade acumulada nas colunas Biorex descartadas	41
3.7	Atividade acumulada nas colunas Levestrel descartadas	42
3.8	Atividade acumulada nos filtros absolutos substituídos	43
3.9	Atividade dos rejeitos líquidos da coluna AG1x8 durante o decaimento	44
3.10	Atividade dos rejeitos líquidos da coluna Biorex durante o decaimento	45
3.11	Atividade dos rejeitos líquidos da coluna Chellex durante o decaimento	46
3.12	Atividade dos rejeitos líquidos da coluna manganês durante o decaimento	47
3.13	Atividade das colunas AG1x8 descartadas, durante o decaimento	48
3.14	Atividade de uma coluna Biorex descartada, durante o decaimento	49
3.15	Atividade das colunas Levestrel descartadas, durante o decaimento	50
3.16	Atividade de um filtro absoluto substituído, durante o decaimento	51
4.1	Número de embalagens para os rejeitos líquidos da coluna AG1x8	56
4.2	Número de embalagens para os rejeitos líquidos da coluna Biorex	57
4.3	Número de embalagens para os rejeitos líquidos da coluna Chellex	58
4.4	Número de embalagens para os rejeitos líquidos da coluna manganês	59
4.5	Número de embalagens para as colunas AG1x8 descartadas	60
4.6	Número de embalagens para uma coluna Biorex descartada	61
4.7	Número de embalagens para as colunas Levestrel descartadas	62
4.8	Número de embalagens para um filtro absoluto substituído	63

A.1	Função de decaimento da atividade de um radionuclídeo . .	73
A.2	Funções de decaimento da atividade de dois radionuclídeos em cadeia	74
A.3	Funções de decaimento da atividade de três radionuclídeos em cadeia não linear	75
A.4	Funções de decaimento da atividade de três radionuclídeos em cadeia linear	76
C.1	Estrutura da região da planilha destinada ao cálculo da atividade acumulada	83
C.2	Estrutura da região da planilha destinada ao cálculo da atividade durante o decaimento	84
C.3	Estrutura da região da planilha destinada ao cálculo do número de embalagens	85

LISTA DE TABELAS

Pag.

2.1	Rendimento químico, por elemento, em cada fluxo de rejeito (%)	5
2.2	Atividade inicial e meia-vida dos radionuclídeos relevantes	6
3.1	Funções da atividade do rejeito líquido da coluna AG1x8	9
3.2	Funções da atividade do rejeito líquido da coluna Biorex	10
3.3	Funções da atividade do rejeito líquido da coluna Chellex	10
3.4	Funções da atividade do rejeito líquido da coluna manganês	11
3.5	Funções da atividade das colunas AG1x8 descartadas	12
3.6	Funções da atividade das colunas Biorex descartadas	13
3.7	Funções da atividade das colunas Leventrel descartadas	14
3.8	Funções da atividade dos filtros absolutos substituídos	15
3.9	Atividade inicial e acumulada dos rejeitos líquidos da coluna AG1x8	16
3.10	Atividade inicial e acumulada dos rejeitos líquidos da coluna Biorex	18
3.11	Atividade inicial e acumulada dos rejeitos líquidos da coluna Chellex	19
3.12	Atividade inicial e acumulada dos rejeitos líquidos da coluna manganês	20
3.13	Atividade inicial e acumulada nas colunas AG1x8 descartadas	21
3.14	Atividade inicial e acumulada em uma coluna Biorex descartada	23
3.15	Atividade inicial e acumulada nas colunas Leventrel descartadas	24
3.16	Atividade inicial e acumulada em um filtro absoluto substituído	25
3.17	Atividade dos rejeitos líquidos da coluna AG1x8 durante o decaimento (TBq)	26
3.18	Atividade dos rejeitos líquidos da coluna Biorex durante o decaimento (TBq)	28
3.19	Atividade dos rejeitos líquidos da coluna Chellex durante o decaimento (TBq)	29
3.20	Atividade dos rejeitos líquidos da coluna manganês durante o decaimento (TBq)	30
3.21	Atividade das colunas AG1x8 descartadas, durante o decaimento (TBq)	31
3.22	Atividade de uma coluna Biorex descartada, durante o decaimento (TBq)	33
3.23	Atividade das colunas Leventrel descartadas, durante o decaimento (TBq)	34

3.24	Atividade de um filtro absoluto substituído durante o decaimento (TBq)	36
4.1	Limites de atividade em embalagem para transporte tipo A1	55
5.1	Quadro resumo dos resultados	67

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A produção de ^{99}Mo de fissão tem como característica principal a geração de rejeitos radioativos contendo produtos de fissão com atividade alta. Esta produção envolve diversos processos de separação e purificação do ^{99}Mo , assim como a recuperação de U do alvo irradiado para reaproveitamento, que dão origem a diversos fluxos de rejeitos sólidos, líquidos e gasosos.

Cada fluxo contém frações variadas dos produtos de fissão presentes nos alvos irradiados e as atividades somam, no início do processo, alguns milhares de Curies. Estes distintos fluxos de rejeito devem ser tratados separadamente não só devido aos estados físicos diferentes, mas também devido à sua natureza química diversa.

Projetar uma instalação para tratar estes rejeitos requer, antes de mais nada, que eles sejam caracterizados quanto aos seus volumes, propriedades físicas e químicas e principalmente quanto ao seu inventário radioisotópico. A partir destas informações é que se pode definir capacidade de tanques, materiais necessários, blindagens requeridas, processos de tratamento, tipos de embalagem, etc.

Parte do trabalho de caracterização já foi realizado por ENDO et al. (1) e com o presente trabalho se pretende dar seqüência àquele. Ambos têm caráter preliminar, pois muitas informações essenciais sobre os métodos envolvidos na produção do ^{99}Mo ainda estão sendo investigadas. À medida que os resultados destes estudos forem obtidos, serão efetuados os ajustes e correções necessários no trabalho de caracterização.

O objetivo do trabalho citado foi determinar o rendimento químico nas diversas etapas do processamento do ^{99}Mo , ou seja, a fração da quantidade de cada elemento químico presente nos alvos irradiados que segue em cada fluxo de rejeito.

O objetivo do presente trabalho é determinar, a partir daquelas frações, a atividade em cada fluxo de rejeito em função do acúmulo de várias campanhas de produção e levando em consideração o decaimento radioativo ocorrido durante o período de acúmulo.

CAPÍTULO 2

CONSIDERAÇÕES GERAIS

As informações básicas de partida para este trabalho estão nas tabelas 2.1 e 2.2. A tabela 2.1 contém os valores de rendimento químico (equivalentes às frações da massa de cada elemento presente em cada fluxo de rejeito). A tabela 2.2 contém as atividades iniciais dos radionuclídeos relevantes, antes da separação química do processo, calculadas com o Código computacional ORIGEN II e estão indicados também os valores de meia-vida ($T_{1/2}$) de cada radionuclídeo obtidos do ICRP Publication 37. (2)

A atividade dos rejeitos foi estimada calculando-se a atividade em função do tempo, de cada radionuclídeo presente no fluxo, utilizando-se a solução das equações diferenciais de cadeias de decaimento radioativo. No Apêndice A são apresentadas as equações e as soluções respectivas.

Foram feitos cálculos aproximados para grande parte dos radionuclídeos, por meio de simplificações no modelo, que não resultam porém, em perda de exatidão nos resultados. As simplificações foram: a desconsideração de radionuclídeos com pequena contribuição para a atividade total; desconsideração de transições com pequena contribuição na atividade total; e, desconsideração dos modelos matemáticos exatos quando as aproximações resultam em números equivalentes. No Apêndice B estas considerações são detalhadas para cada caso.

Para se gerar as tabelas com os valores de atividade de cada radionuclídeo ao longo dos períodos de interesse, utilizou-se a planilha eletrônica QUATTRO-PRO em um computador pessoal compatível IBM-PC. A maneira como foram estruturadas as tabelas está indicada no Apêndice C.

O tempo de acúmulo dos rejeitos de campanhas sucessivas foi fixado tentativamente em 1 ano. (No caso de um dos fluxos de rejeitos sólidos este tempo se mostrou excessivamente longo e foi estabelecido para ele um tempo menor.)

Os cálculos das atividades dos rejeitos líquidos foram feitos a partir da hipótese de que as campanhas de processamento são semanais e que os rejeitos são acumulados em tanques durante um ano e decaem, a partir de então, por um período suficiente para que possam ser tratados e imobilizados em poucas embalagens.

No início do período de decaimento cada tanque de rejeito líquido terá acumulado os rejeitos das campanhas de processamento de ^{90}Mo do ano anterior (número estimado em 51 campanhas), cada campanha tendo decaído de um tempo que varia de 0 (última campanha) a 50 semanas (primeira campanha).

Os cálculos de atividade para os rejeitos sólidos (colunas e filtros descartados) foram feitos de acordo com os dados do processo, o qual prevê o descarte semanal das colunas AG1x8 e Levertrel, o descarte da coluna Biorex a cada 8 campanhas de processamento e a substituição do filtro de aerossóis a cada ano. O tempo de decaimento foi calculado admitindo que as colunas AG1x8 e Levertrel descartadas são acumuladas durante um ano e encapsuladas cada qual em uma única embalagem e que cada coluna Biorex e cada filtro é encapsulado individualmente.

O número otimizado de embalagens foi determinado calculando-se a quantidade de embalagens tipo A1, especificadas na norma de transporte de materiais radioativos CNEN-NE-5.01 (1988), (3) necessária para acondicionar toda a atividade de cada fluxo conforme as considerações já apresentadas.

Usar o limite de atividade por embalagem tipo A1 para determinar o número de embalagens e o tempo de decaimento é apenas um dos critérios possíveis. Contudo este critério estabelece um limite básico: o número de embalagens determinado é o mínimo possível. Quando forem considerados: a capacidade da embalagem para acomodar todo o volume do rejeito; a possibilidade técnica e a viabilidade econômica de blindar a atividade prevista para cada embalagem; e, a possibilidade de obter-se um produto final de imobilização com os teores de sais que estão presentes nos rejeitos, o número de embalagens real será maior que o resultado apresentado aqui.

Tabela 2.1 - Rendimento químico, por elemento, em cada fluxo de rejeito (%)

ELEM.	REJEITOS LIQUIDOS				REJEITOS SOLIDOS			REJEITOS GASOSOS	
	AGI	BIOX	CHX	Mn	AGI	BIOX	LEV	GASES	AEROSS
Br	0	0	0	0	0	0	0	100	0
Kr	0	0	0	0	0	0	0	100	0
Rb	99	0	0	0	1	0	0	0	0
Sr	98	0	0	0	1	0	0	0	1
Y	98	0	0	0	1	0	0	0	1
Zr	18	2.4	0.09	0.8	0.1	78.6	0	0	0
Nb	18	2.4	0.09	0.8	0.1	78.6	0	0	0
Mo	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Tc	0	0	0	98	1	0	0	0	1
Ru	97.1	0.18	0.09	0.8	0.1	0.72	0	0	1
Rh	97.1	0.18	0.09	0.8	0.1	0.72	0	0	1
Pd	99	0	0	0	1	0	0	0	0
Ag	99	0	0	0	1	0	0	0	0
Cd	99	0	0	0	1	0	0	0	0
In	99	0	0	0	1	0	0	0	0
Sn	99	0	0	0	1	0	0	0	0
Sb	98	0	0	0	1	0	0	0	1
Te	49	0	4.5	40.5	5	0	0	0	1
I	0	0	0	8.1	45	0	36	10.9	0
Xe	0	0	0	0	0	0	0	100	0
Cs	98	0	0	0	1	0	0	0	1
Ba	98	0	0	0	1	0	0	0	1
La	98	0	0	0	1	0	0	0	1
Ce	10.7	2.6	0	0.1	0.1	85.6	0	0	1
Pr	10.7	2.6	0	0.1	0.1	85.6	0	0	1
Nd	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Pm	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Sm	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Eu	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Gd	100	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 2.2 - Atividade inicial e meia-vida dos radionuclídeos relevantes

RADIONUC	T 1/2 (DIAS)	Ao (Ci)	Ao (TBq)	RADIONUC	T 1/2 (DIAS)	Ao (Ci)	Ao (TBq)
Pb-86	1.87E+01	2.30E-03	8.51E-05	Te-127M	1.09E+02	4.72E-02	1.75E-03
Sr-89	5.05E+01	3.84E+01	1.42E+00	Te-127	3.90E-01	7.74E+00	2.86E-01
Sr-90	1.06E+04	2.33E-01	8.60E-03	Te-129M	3.36E+01	1.19E+00	4.42E-02
Sr-91	3.96E-01	5.78E+01	2.14E+00	Te-129	4.83E-02	1.37E+00	5.07E-02
Sr-92	1.13E-01	2.45E-01	9.07E-03	Te-131M	1.25E+00	1.58E+01	5.86E-01
Y-90	2.67E+00	1.68E-01	6.22E-03	Te-131	1.74E-02	3.57E+00	1.32E-01
Y-91M	3.45E-02	7.01E+01	2.59E+00	Te-132	3.26E+00	2.25E+02	8.34E+00
Y-91	5.85E+01	4.15E+01	1.53E+00	I-130	5.15E-01	1.71E-02	6.33E-04
Y-92	1.48E-01	5.52E+00	2.04E-01	I-131	8.04E+00	1.04E+02	3.85E+00
Y-93	4.21E-01	7.32E+01	2.71E+00	I-132	9.58E-02	2.32E+02	8.60E+00
Zr-95	6.49E+01	4.11E+01	1.52E+00	I-133	8.67E-01	2.22E+02	8.20E+00
Zr-97	7.04E-01	1.51E+02	5.58E+00	I-135	2.75E-01	2.38E+01	8.81E-01
Nb-95M	3.61E+00	1.73E-01	6.40E-03	Xe-133M	2.19E+00	1.32E+01	4.87E-01
Nb-95	3.52E+01	3.72E+00	1.38E-01	Xe-133	5.25E+00	3.21E+02	1.19E+01
Nb-96	9.73E-01	2.26E-02	8.36E-04	Xe-133	5.25E+00	3.21E+02	1.19E+01
Nb-97M	6.94E-04	1.43E+02	5.29E+00	Xe-135M	1.06E-02	3.81E+00	1.41E-01
Nb-97	5.01E-02	1.61E+02	5.95E+00	Xe-135	3.79E-01	9.57E+01	3.54E+00
Mo-99	2.75E+00	3.21E+02	1.19E+01	Cs-134	7.53E+02	1.04E-03	3.83E-05
Tc-99M	2.51E-01	3.08E+02	1.14E+01	Cs-136	1.31E+01	1.96E-01	7.25E-03
Tc-99	7.77E+07	2.09E-05	7.73E-07	Cs-137	1.10E+04	2.41E-01	8.92E-03
Ru-103	3.93E+01	3.19E+01	1.18E+00	Ba-136M	5.37E-03	3.22E-02	1.19E-03
Ru-105	1.85E-01	8.62E-01	3.19E-02	Ba-137M	1.77E-03	2.28E-01	8.44E-03
Ru-106	3.68E+02	4.86E-01	1.80E-02	Ba-139	5.74E-02	1.80E-04	6.66E-06
Rh-103M	3.90E-02	2.87E+01	1.06E+00	Ba-140	1.27E+01	1.63E+02	6.03E+00
Rh-105M	5.21E-04	4.81E-01	1.78E-02	La-140	1.68E+00	1.41E+02	5.22E+00
Rh-105	1.47E+00	5.11E+01	1.89E+00	La-141	1.64E-01	2.80E+00	1.04E-01
Rh-106M	9.17E-02	2.79E-04	1.03E-05	La-142	6.42E-02	8.34E-04	3.09E-05
Rh-106	3.46E-04	4.86E-01	1.80E-02	Ce-141	3.25E+01	7.13E+01	2.64E+00
Pd-109	5.59E-01	8.48E-01	3.14E-02	Ce-143	1.38E+00	2.71E+02	1.00E+01
Pd-112	8.79E-01	5.91E-01	2.19E-02	Ce-144	2.84E+02	8.14E+00	3.01E-01
Ag-111	7.45E+00	1.00E+00	3.70E-02	Pr-143	1.36E+01	1.34E+02	4.98E+00
Ag-112	1.30E-01	7.00E-01	2.59E-02	Pr-144M	5.00E-03	9.76E-02	3.61E-03
Ag-113	2.24E-01	2.90E-02	1.07E-03	Pr-144	1.20E-02	8.14E+00	3.01E-01
Cd-115M	4.46E+01	1.30E-02	4.80E-04	Pr-145	2.49E-01	1.07E+01	3.96E-01
Cd-115	2.23E+00	7.82E-01	2.89E-02	Nd-147	1.10E+01	6.65E+01	2.46E+00
Cd-117M	1.40E-01	1.12E-03	4.14E-05	Nd-149	7.21E-02	5.89E-04	2.18E-05
Cd-117	1.04E-01	3.18E-04	1.18E-05	Pm-147	9.58E+02	2.56E-01	9.48E-03
In-115M	1.87E-01	8.50E-01	3.15E-02	Pm-148M	4.13E+01	1.12E-02	4.16E-04
In-117M	8.09E-02	2.35E-03	8.70E-05	Pm-148	5.37E+00	1.36E-01	5.03E-03
In-117	3.04E-02	2.30E-03	8.51E-05	Pm-149	2.21E+00	5.87E+01	2.17E+00
Sn-121	1.13E+00	7.57E-01	2.80E-02	Pm-150	1.12E-01	6.38E-04	2.36E-05
Sn-123	1.29E+02	1.85E-02	6.86E-04	Pm-151	1.18E+00	1.76E+01	6.50E-01
Sn-125	9.64E+00	5.00E-01	1.85E-02	Sm-151	3.29E+04	4.54E-03	1.68E-04
Sn-127	8.75E-02	4.49E-04	1.66E-05	Sm-153	1.95E+00	8.83E+00	3.27E-01
Sb-122	2.70E+00	7.16E-04	2.65E-05	Sm-156	3.92E-01	1.44E-01	5.33E-03
Sb-124	6.02E+01	1.43E-04	5.29E-06	Eu-154	3.21E+03	1.20E-04	4.44E-06
Sb-125	1.01E+03	1.22E-02	4.51E-04	Eu-155	1.81E+03	8.18E-03	3.03E-04
Sb-126	1.24E+01	2.75E-02	1.02E-03	Eu-156	1.52E+01	3.91E-01	1.45E-02
Sb-127	3.85E+00	8.21E+00	3.04E-01	Eu-157	6.31E-01	1.80E-01	6.65E-03
Sb-128	3.75E-01	1.40E-01	5.18E-03	Gd-159	7.73E-01	6.45E-03	2.39E-04
Sb-129	1.80E-01	5.00E-01	1.85E-02				

CAPÍTULO 3

INVENTÁRIO RADIOISOTÓPICO

Descreve-se neste capítulo as equações matemáticas que representam a atividade dos rejeitos durante o período de acúmulo e de decaimento e os resultados estão apresentados em gráficos e tabelas gerados com o auxílio da planilha de cálculo QUATTRO-PRO.

Os radionuclídeos relevantes para cada fluxo estão relacionados nas tabelas 3.1 a 3.8 onde são apresentadas as funções de variação da atividade em função do tempo $\phi_i(t)$. Alguns radionuclídeos que têm rendimento químico nulo em um determinado fluxo estão incluídos porque as suas atividades crescem com o decaimento de radionuclídeos precursores.

As funções de decaimento apresentadas são as soluções das equações diferenciais discutidas no Apêndice A com as simplificações discutidas no Apêndice B. Aquelas funções representam a atividade em função do tempo de radionuclídeos pertencentes a cadeias de decaimento e que são designadas nas tabelas 3.1 a 3.8 pelos índices I, J e K. As constantes $f_{J \rightarrow I}$, $f_{K \rightarrow I}$ e $f_{K \rightarrow J}$ são as probabilidades das transições $J \rightarrow I$, $K \rightarrow I$ e $K \rightarrow J$.

A atividade do rejeito 'r' durante o período de acúmulo pode ser representada pela função :

$$A_r(t) = \sum_{i=1}^R \sum_{j=0}^t \phi_i(j)$$

onde:

t e j são variáveis discretas do tempo que indicam o número de semanas decorridos após o início do período de acúmulo dos rejeitos no fluxo r,

i indica os radionuclídeos do fluxo r, cujo número em cada fluxo é R,
e

$\phi_i(j)$ são as funções de decaimento listadas nas tabelas 3.1 a 3.8 para cada radionuclídeo do rejeito no instante j.

As funções $\phi_i(t)$ são tais que

$$\phi_i(0) = A_i$$

onde:

$A\alpha_i^r$ são as atividades iniciais de cada radionuclídeo no fluxo r , as quais estão indicadas nas tabelas 3.9 a 3.16;

Os valores de $A\alpha_i^r$ são o produto da atividade dos radionuclídeos às 30 horas de decaimento indicada na tabela 2.2 pelo rendimento químico F do elemento correspondente, no fluxo r .

Nas figuras 3.1 a 3.8 estão apresentadas as atividades de cada fluxo de rejeito durante o período de acúmulo. Nas tabelas 3.9 a 3.16 são apresentados os valores de atividade gerada por campanha em cada fluxo e as atividades no final do período de acúmulo.

No período de decaimento $A\alpha_i^r$ (atividade inicial no período de decaimento) passa a ser definida por:

$$A\alpha_i^r = \sum_{j=0}^t \phi_i(j) ; t = 0, 1, \dots, 50$$

onde:

t é o tempo de acúmulo do rejeito.

A atividade em cada tanque de rejeito líquido ou em cada armazém de rejeito sólido é calculada pela função :

$$A^r(t) = \sum_{i=1}^R \phi_i(t)$$

Nas figuras 3.9 a 3.16 e nas tabelas 3.17 a 3.24 os valores de atividade durante o período de decaimento estão apresentados para cada fluxo.

Os valores máximos de atividade em cada fluxo de rejeito (atividade ao final do período de acúmulo) serão usados no cálculo das blindagens necessárias para o parque de tanques e das blindagens dos rejeitos sólidos (colunas de troca iônica e filtros).

Os valores de atividade durante o período de decaimento servem para indicar a época mais propícia para iniciar o tratamento dos rejeitos e o número de embalagens que serão gerados neste tratamento.

Tabela 3.1 - Funções da atividade do resíduo líquido da coluna AG1x8

$A_1(t) = A_{01} \cdot e^{-\lambda_1 \cdot t}$	<p>002b, 005r, 006r, 01y, 002r 072r, 06hb, 100ru, 100ru, 112pd 111ag, 118ncd, 118cd, 121gn, 123gn 128gn, 128sb, 129sb, 128sb, 126sb 127sb, 129mto, 121mto, 127to, 124cs 126cs, 127cs, 129ba, 121co, 123co 124co, 127hd, 129pm, 129pm, 121pm 123sm, 124eu, 125eu, 126eu, 127eu 129cd.</p>
$A_1(t) = A_{01}, \quad t = 0$ $A_1(t) = 0, \quad t > 0$	<p>016r, 026r, 01m, 02y, 00y 105ru, 106mhh, 100pd, 123ag, 117ncd 127cd, 127gn, 126sb, 129sb, 129sb 121la, 122la, 129pr, 129hd, 129pm 126sm.</p>
$A_1(t) = A_{01}, \quad t = 0$ $A_1(t) = f_{j1} \cdot A_j(t), \quad t > 0$	<p>07hb, 07hb, 100mhh, 105mhh, 106rh, 118in, 117in, 117in, 127to, 129to 121to, 126ba, 127ba, 129pr, 124pr.</p>
$A_1(t) = \frac{A_{0j} \cdot f_{j1} \cdot \lambda_j}{\lambda_1 - \lambda_j} \cdot [e^{-\lambda_j \cdot t} - e^{-\lambda_1 \cdot t}] + A_{01} \cdot e^{-\lambda_1 \cdot t}$	<p>00y, 05hb, 105rh, 112ag, 127mto 121i, 122i, 126la, 129pr, 127m 129pm, 126sm.</p>
$A_1(t) = \frac{A_{0j} \cdot f_{j1} \cdot \lambda_j}{\lambda_1 - \lambda_j} \cdot [e^{-\lambda_j \cdot t} - e^{-\lambda_1 \cdot t}] +$ $+ \frac{A_{0k} \cdot f_{k1} \cdot \lambda_k}{\lambda_1 - \lambda_k} \cdot [e^{-\lambda_k \cdot t} - e^{-\lambda_1 \cdot t}] + A_{01} \cdot e^{-\lambda_1 \cdot t}$	<p>05hb.</p>

Tabela 3.2 - Funções da atividade do resíduo líquido da coluna Biorex

$A_i(t) = A_{0i} \cdot e^{-\lambda_i t}$	⁹⁵ Zr, ¹⁰⁵ Rh, ⁹⁷ Zr, ¹⁴¹ Co, ⁹⁶ Nb, ¹⁴³ Co, ¹⁰³ Ru, ¹⁴⁴ Co, ¹⁰⁶ Ru
$A_i(t) = A_{0i}$; $t = 0$ $A_i(t) = 0$; $t > 0$	¹⁰⁵ Ru, ¹⁰⁶ Rh, ¹⁴⁵ Pr.
$A_i(t) = A_{0i}$; $t = 0$ $A_i(t) = f_{ji} \cdot A_j(t)$; $t > 0$	⁹⁷ Nb, ¹⁴⁴ Pr, ⁹⁷ Nb, ¹⁴⁴ Pr, ¹⁰³ Rh, ¹⁰⁵ Rh, ¹⁰⁶ Rh.
$A_i(t) = \frac{A_{0j} \cdot f_{ji} \cdot \lambda_j}{\lambda_i - \lambda_j} \cdot [e^{-\lambda_j \cdot t} - e^{-\lambda_i \cdot t}] + A_{0i} \cdot e^{-\lambda_i \cdot t}$	⁹⁵ Nb, ¹⁴³ Pr.
$A_i(t) = \frac{A_{0j} \cdot f_{ji} \cdot \lambda_j}{\lambda_i - \lambda_j} \cdot [e^{-\lambda_j \cdot t} - e^{-\lambda_i \cdot t}] + \frac{A_{0k} \cdot f_{ki} \cdot \lambda_k}{\lambda_i - \lambda_k} \cdot [e^{-\lambda_k \cdot t} - e^{-\lambda_i \cdot t}] + A_{0i} \cdot e^{-\lambda_i \cdot t}$	⁹⁵ Nb.

Tabela 3.3 - Funções da atividade do resíduo líquido da coluna Chellex

$A_i(t) = A_{0i} \cdot e^{-\lambda_i t}$	⁹⁵ Zr, ¹²⁷ Te, ⁹⁷ Zr, ¹²⁹ Te, ⁹⁶ Nb, ¹³¹ Te, ¹⁰³ Ru, ¹³² Te, ¹⁰⁶ Ru
$A_i(t) = A_{0i}$; $t = 0$ $A_i(t) = 0$; $t > 0$	¹⁰⁵ Ru, ¹⁰⁶ Rh.
$A_i(t) = A_{0i}$; $t = 0$ $A_i(t) = f_{ji} \cdot A_j(t)$; $t > 0$	⁹⁷ Nb, ¹²⁷ Te, ⁹⁷ Nb, ¹²⁹ Te, ¹⁰³ Rh, ¹⁰⁵ Rh, ¹⁰⁶ Rh, ¹³¹ Te, ¹³² I.
$A_i(t) = \frac{A_{0j} \cdot f_{ji} \cdot \lambda_j}{\lambda_i - \lambda_j} \cdot [e^{-\lambda_j \cdot t} - e^{-\lambda_i \cdot t}] + A_{0i} \cdot e^{-\lambda_i \cdot t}$	⁹⁵ Nb, ¹⁰⁵ Rh, ¹³¹ I.
$A_i(t) = \frac{A_{0j} \cdot f_{ji} \cdot \lambda_j}{\lambda_i - \lambda_j} \cdot [e^{-\lambda_j \cdot t} - e^{-\lambda_i \cdot t}] + \frac{A_{0k} \cdot f_{ki} \cdot \lambda_k}{\lambda_i - \lambda_k} \cdot [e^{-\lambda_k \cdot t} - e^{-\lambda_i \cdot t}] + A_{0i} \cdot e^{-\lambda_i \cdot t}$	⁹⁵ Nb.

Tabela 3.4 - Funções da atividade do resíduo líquido da coluna manganês

$A_i(t) = A_{0i} \cdot e^{-\lambda_i t}$	$^{95}\text{Zr}, \quad ^{97}\text{Zr}, \quad ^{96}\text{Nb}, \quad ^{99}\text{Tc}, \quad ^{103}\text{Ru}$ $^{106}\text{Ru}, \quad ^{105}\text{Rh}, \quad ^{127}\text{Te}, \quad ^{129}\text{Te}, \quad ^{131}\text{Te}$ $^{132}\text{Te}, \quad ^{133}\text{I}, \quad ^{141}\text{Ce}, \quad ^{143}\text{Ce}, \quad ^{144}\text{Ce}$
$A_i(t) = A_{0i}; \quad t = 0$ $A_i(t) = 0; \quad t > 0$	$^{99}\text{Tc}, \quad ^{105}\text{Ru}, \quad ^{106}\text{Rh}, \quad ^{130}\text{I}, \quad ^{135}\text{I}$ ^{145}Pr
$A_i(t) = A_{0i}; \quad t = 0$ $A_i(t) = f_{ji} \cdot A_j(t); \quad t > 0$	$^{97}\text{Nb}, \quad ^{97}\text{Nb}, \quad ^{103}\text{Rh}, \quad ^{105}\text{Rh}, \quad ^{106}\text{Rh}$ $^{127}\text{Te}, \quad ^{129}\text{Te}, \quad ^{131}\text{Te}, \quad ^{132}\text{I}, \quad ^{135}\text{Xe}$ $^{135}\text{Xe}, \quad ^{144}\text{Pr}, \quad ^{146}\text{Pr}$
$A_i(t) = \frac{A_{0j} \cdot f_{ji} \cdot \lambda_j}{\lambda_i - \lambda_j} \cdot [e^{-\lambda_j t} - e^{-\lambda_i t}] + A_{0i} \cdot e^{-\lambda_i t}$	$^{95}\text{Nb}, \quad ^{131}\text{I}, \quad ^{133}\text{Xe}, \quad ^{145}\text{Pr}$
$A_i(t) = \frac{A_{0j} \cdot f_{ji} \cdot \lambda_j}{\lambda_i - \lambda_j} \cdot [e^{-\lambda_j t} - e^{-\lambda_i t}] +$ $+ \frac{A_{0k} \cdot f_{ki} \cdot \lambda_k}{\lambda_i - \lambda_k} \cdot [e^{-\lambda_k t} - e^{-\lambda_i t}] + A_{0i} \cdot e^{-\lambda_i t}$	^{95}Nb
$A_i(t) = A_{0i} \cdot e^{-\lambda_i t} + \frac{A_{0k} \cdot f_{ki} \cdot \lambda_k}{\lambda_i - \lambda_k} \cdot [e^{-\lambda_k t} - e^{-\lambda_i t}] +$ $+ \frac{A_{0j} \cdot f_{ji} \cdot f_{kj} \cdot \lambda_j \cdot \lambda_k}{(\lambda_j - \lambda_k) \cdot (\lambda_i - \lambda_k)} \cdot e^{-\lambda_k t} +$ $+ \lambda_i \cdot \left[\frac{A_{0j} \cdot f_{ji} \cdot (\lambda_j - \lambda_k) - A_{0k} \cdot f_{kj} \cdot f_{ji} \cdot \lambda_j}{(\lambda_j - \lambda_k) \cdot (\lambda_i - \lambda_j)} \right] \cdot e^{-\lambda_j t} +$ $+ \lambda_i \cdot \left[\frac{A_{0j} \cdot f_{ji} \cdot (\lambda_k - \lambda_i) + A_{0k} \cdot f_{kj} \cdot f_{ji} \cdot \lambda_j}{(\lambda_i - \lambda_j) \cdot (\lambda_i - \lambda_k)} \right] \cdot e^{-\lambda_i t}$	^{133}Xe

Tabela 3.5 - Funções da atividade das colunas AGLx8 descartadas

$A_i(t) = A_{0i} \cdot e^{-\lambda_i \cdot t}$	<p>86Rb, 86Sr, 86Y, 86Zr 87Zr, 88Nb, 88Mo, 102Ru, 106Ru 112Pd, 111Ag, 115mCd, 115Cd, 121Sn 123Sn, 125Sn, 125Sb, 124Sb, 125Sb 126Sb, 127Sb, 129mTe, 131mTe, 132Te 133I, 134Cs, 136Cs, 137Cs, 140Ba 141Ce, 142Ce, 144Ce.</p>
$A_i(t) = A_{0i}, \quad t = 0$ $A_i(t) = 0, \quad t > 0$	<p>91Sr, 92Sr, 91Y, 92Y, 93Y 105Ru, 106Rh, 107Pd, 112Ag, 117mCd 117Cd, 127Sn, 126Sb, 125Sb, 130I 135I, 138Ba, 141La, 142La, 145Pr.</p>
$A_i(t) = A_{0i}, \quad t = 0$ $A_i(t) = f_{ji} \cdot A_j(t), \quad t > 0$	<p>97mNb, 97Nb, 99mTc, 102mRh, 106mRh 10 Rh, 115mIn, 117mIn, 117In, 127Te 127Te, 131Te, 135mXe, 135Xe, 136mBa 137mBa, 144Pr, 144Pr.</p>
$A_i(t) = \frac{A_{0j} \cdot f_{ji} \cdot \lambda_j}{\lambda_j - \lambda_i} \cdot [e^{-\lambda_j \cdot t} - e^{-\lambda_i \cdot t}] + A_{0i} \cdot e^{-\lambda_i \cdot t}$	<p>90Y, 95mNb, 99Tc, 102Rh, 112Ag 127mTe, 131I, 135I, 135mXe, 140La 143Pr.</p>
$A_i(t) = \frac{A_{0j} \cdot f_{ji} \cdot \lambda_j}{\lambda_j - \lambda_i} \cdot [e^{-\lambda_j \cdot t} - e^{-\lambda_i \cdot t}] +$ $+ \frac{A_{0k} \cdot f_{ki} \cdot \lambda_k}{\lambda_k - \lambda_i} \cdot [e^{-\lambda_k \cdot t} - e^{-\lambda_i \cdot t}] + A_{0i} \cdot e^{-\lambda_i \cdot t}$	<p>95Nb.</p>
$A_i(t) = A_{0i} \cdot e^{-\lambda_i \cdot t} + \frac{A_{0k} \cdot f_{ki} \cdot \lambda_k}{\lambda_i - \lambda_k} \cdot [e^{-\lambda_k \cdot t} - e^{-\lambda_i \cdot t}] +$ $+ \frac{A_{0j} \cdot f_{ji} \cdot f_{kj} \cdot \lambda_j \cdot \lambda_i}{(\lambda_j - \lambda_k) \cdot (\lambda_i - \lambda_k)} \cdot e^{-\lambda_k \cdot t} +$ $+ \lambda_i \cdot \left[\frac{A_{0j} \cdot f_{ji} \cdot (\lambda_j - \lambda_k) - A_{0k} \cdot f_{kj} \cdot f_{ji} \cdot \lambda_j}{(\lambda_j - \lambda_k) \cdot (\lambda_i - \lambda_j)} \right] \cdot e^{-\lambda_j \cdot t} +$ $+ \lambda_i \cdot \left[\frac{A_{0j} \cdot f_{ji} \cdot (\lambda_k - \lambda_i) - A_{0k} \cdot f_{kj} \cdot f_{ji} \cdot \lambda_j}{(\lambda_i - \lambda_j) \cdot (\lambda_i - \lambda_k)} \right] \cdot e^{-\lambda_i \cdot t}$	<p>135Xe</p>

Tabela 3.6 - Funções da atividade das colunas Biorex descartadas

$A_I(t) = A_{0I} \cdot e^{-\lambda_I t}$	⁹⁵ Zr, ⁹⁷ Zr, ⁹⁶ Nb, ¹⁰³ Ru, ¹⁰⁶ Ru ¹⁰⁵ Rh, ¹⁰¹ Co, ¹⁰² Co, ¹⁴⁴ Ce.
$A_I(t) = A_{0I}, \quad t = 0$ $A_I(t) = 0, \quad t > 0$	¹⁰⁵ Ru, ¹⁰⁶ Rh, ¹⁰⁵ Pr.
$A_I(t) = A_{0I}, \quad t = 0$ $A_I(t) = f_{JI} \cdot A_J(t), \quad t > 0$	⁹⁷ Nb, ⁹⁷ Nb, ¹⁰³ Rh, ¹⁰⁵ Rh, ¹⁰⁶ Rh, ¹⁴⁴ Pr, ¹⁴⁴ Pr.
$A_I(t) = \frac{A_{0J} \cdot f_{JI} \cdot \lambda_I}{\lambda_I - \lambda_J} \cdot [e^{-\lambda_J \cdot t} - e^{-\lambda_I \cdot t}] + A_{0I} \cdot e^{-\lambda_I \cdot t}$	⁹⁵ Nb, ¹⁰⁵ Pr.
$A_I(t) = \frac{A_{0J} \cdot f_{JI} \cdot \lambda_I}{\lambda_I - \lambda_J} \cdot [e^{-\lambda_J \cdot t} - e^{-\lambda_I \cdot t}] +$ $+ \frac{A_{0K} \cdot f_{KI} \cdot \lambda_I}{\lambda_I - \lambda_K} \cdot [e^{-\lambda_K \cdot t} - e^{-\lambda_I \cdot t}] + A_{0I} \cdot e^{-\lambda_I \cdot t}$	⁹⁵ Nb.

Tabela 3.7 - Funções da atividade das colunas Levantada descartadas

$A_i(t) = A_{0i} \cdot e^{-\lambda_i t}$	$121_i,$ $122_i,$
$A_i(t) = A_{0i}; \quad t = 0$ $A_i(t) = 0; \quad t > 0$	$120_i,$ $122_i,$ $125_i,$
$A_i(t) = A_{0i}; \quad t = 0$ $A_i(t) = f_{ji} \cdot A_j(t); \quad t > 0$	$125H_{X0},$ $126X_{0i}$
$A_i(t) = \frac{A_{0j} \cdot f_{ji} \cdot \lambda_j}{\lambda_i - \lambda_j} \cdot [e^{-\lambda_j \cdot t} - e^{-\lambda_i \cdot t}] + A_{0i} \cdot e^{-\lambda_i \cdot t}$	$123H_{X0}$
$A_i(t) = A_{0i} \cdot e^{-\lambda_i \cdot t} + \frac{A_{0k} \cdot f_{ki} \cdot \lambda_k}{\lambda_i - \lambda_k} \cdot [e^{-\lambda_k \cdot t} - e^{-\lambda_i \cdot t}] +$ $+ \frac{A_{0k} \cdot f_{kj} \cdot f_{ji} \cdot \lambda_j \cdot \lambda_i}{(\lambda_j - \lambda_k) \cdot (\lambda_i - \lambda_k)} \cdot e^{-\lambda_k \cdot t} +$ $+ \lambda_i \cdot \left[\frac{A_{0j} \cdot f_{ji} \cdot (\lambda_j - \lambda_k)}{(\lambda_j - \lambda_k) \cdot (\lambda_i - \lambda_j)} - \frac{A_{0k} \cdot f_{kj} \cdot f_{ji} \cdot \lambda_j}{(\lambda_j - \lambda_k) \cdot (\lambda_i - \lambda_j)} \right] \cdot e^{-\lambda_j \cdot t} +$ $+ \lambda_i \cdot \left[\frac{A_{0j} \cdot f_{ji} \cdot (\lambda_k - \lambda_i)}{(\lambda_i - \lambda_j) \cdot (\lambda_i - \lambda_k)} + \frac{A_{0k} \cdot f_{kj} \cdot f_{ji} \cdot \lambda_j}{(\lambda_i - \lambda_j) \cdot (\lambda_i - \lambda_k)} \right] \cdot e^{-\lambda_i \cdot t}$	$123X_{0i}$

Tabela 3.8 - Funções da atividade dos filtros absolutos substituídos

$A_1(t) = A_{01} \cdot e^{-\lambda_1 \cdot t}$	$^{90}\text{Sr}, ^{90}\text{Sr}, ^{91}\text{Y}, ^{99}\text{Tc}, ^{103}\text{Ru}$ $^{106}\text{Ru}, ^{125}\text{Sb}, ^{124}\text{Sb}, ^{125}\text{Sb}, ^{126}\text{Sb}$ $^{127}\text{Sb}, ^{129}\text{Te}, ^{131}\text{Te}, ^{132}\text{Te}, ^{134}\text{Cs}$ $^{136}\text{Cs}, ^{137}\text{Cs}, ^{140}\text{Ba}, ^{141}\text{Ce}, ^{143}\text{Ce}$ ^{144}Ce
$A_1(t) = A_{01}, \quad t = 0$ $A_1(t) = 0, \quad t > 0$	$^{91}\text{Sr}, ^{92}\text{Sr}, ^{91}\text{Y}, ^{92}\text{Y}, ^{93}\text{Y}$ $^{99}\text{Tc}, ^{108}\text{Ru}, ^{106}\text{Rh}, ^{126}\text{Sb}, ^{129}\text{Sb}$ $^{139}\text{Ba}, ^{141}\text{La}, ^{142}\text{La}, ^{148}\text{Pr}$
$A_1(t) = A_{01}, \quad t = 0$ $A_1(t) = f_{j1} \cdot A_j(t), \quad t > 0$	$^{103}\text{Rh}, ^{105}\text{Rh}, ^{106}\text{Rh}, ^{127}\text{Te}, ^{129}\text{Te}$ $^{131}\text{Te}, ^{136}\text{Ba}, ^{137}\text{Ba}, ^{144}\text{Pr}, ^{146}\text{Pr}$
$A_1(t) = \frac{A_{0j} \cdot f_{j1} \cdot \lambda_1}{\lambda_1 - \lambda_j} \cdot [e^{-\lambda_j \cdot t} - e^{-\lambda_1 \cdot t}] + A_{01} \cdot e^{-\lambda_1 \cdot t}$	$^{90}\text{Y}, ^{105}\text{Rh}, ^{127}\text{Te}, ^{131}\text{I}, ^{132}\text{I}$ $^{140}\text{La}, ^{148}\text{Pr}$

Tabela 3.9 - Atividade inicial e acumulada dos rejeitos líquidos da coluna AG1x8

RAZÃO/C	T 1/2 (dias)	F	Ao (TRq)	1 ANO (TRq)
Rb-86	1.87E+01	9.90E-01	8.42E-05	3.68E-04
Sr-89	5.05E+01	9.80E-01	1.35E+00	1.51E+01
Sr-90	1.06E+04	9.80E-01	8.43E-03	4.25E-01
Sr-91	3.96E-01	9.80E-01	2.10E+00	2.10E+00
Sr-92	1.13E-01	9.80E-01	8.88E-03	8.88E-03
Y-90	2.67E+00	9.80E-01	6.08E-03	4.22E-01
Y-91M	3.45E-02	9.80E-01	2.54E+00	2.54E+00
Y-91	5.88E+01	9.80E-01	1.50E+00	1.86E+01
Y-92	1.48E-01	9.80E-01	2.00E-01	2.00E-01
Y-93	4.21E-01	9.80E-01	2.65E+00	2.65E+00
Zr-95	6.40E+01	1.80E-01	2.74E-01	3.67E+00
Zr-87	7.04E-01	1.80E-01	1.00E+00	1.01E+00
Nb-95M	3.61E+00	1.80E-01	1.15E-03	2.60E-02
Nb-95	3.52E+01	1.80E-01	2.48E-02	3.61E+00
Nb-96	9.73E-01	1.80E-01	1.51E-04	1.52E-04
Nb-97M	6.94E-04	1.80E-01	9.51E-01	9.52E-01
Nb-97	5.01E-02	1.80E-01	1.07E+00	1.07E+00
Ru-103	3.93E+01	9.71E-01	1.14E+00	8.84E+00
Ru-105	1.85E-01	9.71E-01	3.10E-02	3.10E-02
Ru-106	3.68E+02	9.71E-01	1.75E-02	6.53E-01
Rh-103M	3.90E-02	9.71E-01	1.03E+00	9.72E+00
Rh-105M	5.21E-04	9.71E-01	1.73E-02	1.73E-02
Rh-105	1.47E+00	9.71E-01	1.84E+00	1.81E+00
Rh-106M	9.17E-02	9.71E-01	1.00E-05	1.00E-05
Rh-106	3.46E-04	9.71E-01	1.75E-02	6.53E-01
Pd-109	5.58E-01	9.90E-01	3.11E-02	3.11E-02
Pd-112	8.79E-01	9.90E-01	2.16E-02	2.17E-02
Ag-111	7.45E+00	1.00E+00	3.70E-02	7.74E-02
Ag-112	1.30E-01	9.90E-01	2.56E-02	2.57E-02
Ag-113	2.24E-01	9.90E-01	1.06E-03	1.06E-03
Cd-115M	4.46E+01	9.90E-01	4.75E-04	4.58E-03
Cd-115	2.23E+00	9.90E-01	2.87E-02	3.23E-02
Cd-117M	1.40E-01	9.90E-01	4.10E-05	4.10E-05
Cd-117	1.04E-01	9.90E-01	1.16E-05	1.16E-05
In-115M	1.87E-01	9.90E-01	3.11E-02	3.48E-02
In-117M	8.08E-02	9.90E-01	8.61E-05	8.61E-05
In-117	3.04E-02	9.90E-01	8.42E-05	1.81E-03
Sn-121	1.13E+00	9.90E-01	2.77E-02	2.81E-02
Sn-123	1.29E+02	9.90E-01	6.78E-04	1.57E-02
Sn-125	9.64E+00	9.90E-01	1.83E-02	4.63E-02
Sn-127	8.75E-02	9.90E-01	1.64E-05	1.64E-05
Sb-122	2.70E+00	9.80E-01	2.60E-05	3.11E-05
Sb-124	6.02E+01	9.80E-01	5.19E-06	6.58E-05
Sb-125	1.01E+03	9.80E-01	4.42E-04	2.01E-02
Sb-126	1.24E+01	9.80E-01	8.87E-04	3.08E-03

(CONTINUA)

**Tabela 3.9 - Atividade inicial e acumulada dos rejeitos líquidos da coluna AG1x8
(Continuação)**

RADIONUC	T 1/2 (dias)	F	A ₀ (TBq)	1 ANO (TBq)
Sb-127	3,85E+00	9,80E-01	2,98E-01	4,15E-01
Sb-128	3,75E-01	9,80E-01	5,08E-03	5,08E-03
Sb-129	1,80E-01	9,80E-01	1,81E-02	1,81E-02
Te-127m	1,09E+02	4,90E-01	8,59E-04	5,44E-02
Te-127	3,90E-01	4,90E-01	1,40E-01	2,90E-01
Te-129m	3,36E+01	4,90E-01	2,17E-02	1,61E-01
Te-129	4,83E-02	4,90E-01	2,46E-02	1,15E-01
Te-131m	1,25E+00	4,90E-01	2,87E-01	2,83E-01
Te-131	1,74E-02	4,90E-01	6,47E-02	6,60E-02
Te-132	3,76E+00	4,90E-01	4,08E+00	5,28E+00
I-131	8,04E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,27E-02
I-132	9,58E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,23E+00
Cs-134	7,53E+02	9,80E-01	3,76E-05	1,64E-03
Cs-136	1,31E+01	9,80E-01	7,11E-03	2,30E-02
Cs-137	1,10E+04	9,80E-01	8,74E-03	4,41E-01
Ba-136m	5,37E-03	9,80E-01	1,17E-03	3,78E-03
Ba-137m	1,77E-03	9,80E-01	8,27E-03	4,17E-01
Ba-139	5,74E-02	9,80E-01	6,53E-06	6,53E-06
Ba-140	1,27E+01	9,80E-01	5,91E+00	1,87E+01
La-140	1,68E+00	9,80E-01	5,12E+00	1,97E+01
La-141	1,64E-01	9,80E-01	1,02E-01	1,02E-01
La-142	6,42E-02	9,80E-01	3,02E-06	3,02E-06
Ce-141	3,25E+01	1,07E-01	2,82E-01	2,04E+00
Ce-143	1,38E+00	1,07E-01	1,07E+00	1,11E+00
Ce-144	2,84E+02	1,07E-01	3,22E-02	1,11E+00
Pr-143	1,36E+01	1,07E-01	5,32E-01	2,05E+00
Pr-144m	5,00E-03	1,07E-01	3,86E-04	1,95E-02
Pr-144	1,20E-02	1,07E-01	3,22E-02	1,11E+00
Pr-145	2,49E-01	1,07E-01	4,24E-02	4,24E-02
Nd-147	1,10E+01	1,00E+00	2,46E+00	6,89E+00
Nd-149	7,21E-02	1,00E+00	2,18E-06	2,18E-06
Pm-147	9,58E+02	1,00E+00	8,48E-03	1,63E+00
Pm-148m	4,13E+01	1,00E+00	4,16E-04	3,74E-03
Pm-148	5,37E+00	1,00E+00	5,03E-03	8,54E-03
Pm-149	2,21E+00	1,00E+00	2,17E+00	2,44E+00
Pm-150	1,12E-01	1,00E+00	2,36E-06	2,36E-06
Pm-151	1,18E+00	1,00E+00	6,50E-01	6,61E-01
Sm-151	3,28E+04	1,07E+00	1,68E-04	8,70E-03
Sm-153	1,95E+00	1,00E+00	3,27E-01	3,56E-01
Sm-156	3,92E-01	1,00E+00	5,33E-03	5,33E-03
Eu-154	3,21E+03	1,00E+00	4,44E-06	2,18E-04
Eu-156	1,81E+03	1,00E+00	3,03E-04	1,45E-02
Eu-156	1,52E+01	1,00E+00	1,45E-02	5,28E-02
Eu-157	6,46E-01	1,00E+00	6,65E-03	6,66E-03
Gd-159	7,73E-01	1,00E+00	2,38E-04	2,38E-04
ATIVIDADES TOTAIS			4,18E+01	1,42E+02

Tabela 3.10 - Atividade inicial e acumulada dos rejeitos líquidos da coluna Elcor

RADIONUC	T 1/2 (dias)	F	Ao (TBq)	1 ANO (TBq)
Zr-95	6.40E+01	2.40E-02	3.65E-02	4.89E-01
Zr-97	7.04E-01	2.40E-02	1.34E-01	1.34E-01
Nb-95M	3.61E+00	2.40E-02	1.54E-03	5.33E-03
Nb-95	3.52E+01	2.40E-02	3.30E-03	4.82E-01
Nb-96	9.73E-01	2.40E-02	2.01E-05	2.02E-05
Nb-97M	6.94E-04	2.40E-02	1.27E-01	1.27E-01
Nb-97	5.01E-02	2.40E-02	1.43E-01	1.43E-01
Ru-103	3.93E+01	1.80E-03	2.12E-03	1.82E-02
Ru-105	1.85E-01	1.80E-03	5.75E-05	5.75E-05
Ru-106	3.68E+02	1.80E-03	3.24E-05	1.21E-03
Rh-103M	3.90E-02	1.80E-03	1.91E-03	1.80E-02
Rh-105M	5.21E-04	1.80E-03	1.61E-05	1.61E-05
Rh-105	1.47E+00	1.80E-03	3.40E-03	3.54E-03
Rh-106M	9.17E-02	1.80E-03	1.86E-08	1.86E-08
Rh-106	3.46E-04	1.80E-03	3.24E-05	1.21E-03
Ce-141	3.25E+01	2.60E-02	6.86E-02	4.95E-01
Ce-143	1.38E+00	2.60E-02	2.61E-01	2.69E-01
Ce-144	2.84E+02	2.60E-02	7.83E-03	2.69E-01
Pr-143	1.36E+01	2.60E-02	1.29E-01	4.98E-01
Pr-144m	5.00E-03	2.60E-02	9.39E-05	4.74E-03
Pr-144	1.20E-02	2.60E-02	7.83E-03	2.69E-01
Pr-145	2.49E-01	2.60E-02	1.03E-02	1.03E-02
ATIVIDADES TOTAIS			9.38E-01	3.24E+00

Tabela 3.11 - Atividade inicial e acumulada dos rejeitos líquidos da coluna Cheller

RADIONUC	T 1/2 (dias)	F	Ao (TBq)	1 ANO (TBq)
Zr-95	6.40E+01	9.00E-04	1.37E-03	1.83E-02
Zr-97	7.04E-01	9.00E-04	5.02E-03	5.03E-03
Nb-95M	3.61E+00	9.00E-04	5.76E-05	2.00E-04
Nb-95	3.52E+01	9.00E-04	1.24E-04	1.81E-02
Nb-96	9.73E-01	9.00E-04	7.53E-07	7.58E-07
Nb-97M	6.94E-04	9.00E-04	4.76E-03	4.76E-03
Nb-97	5.01E-02	9.00E-04	5.36E-03	5.36E-03
Ru-103	3.93E+01	9.00E-04	1.06E-03	9.12E-03
Ru-105	1.85E-01	9.00E-04	2.88E-05	2.88E-05
Ru-106	3.68E+02	9.00E-04	1.62E-05	6.05E-04
Rh-103M	3.90E-02	9.00E-04	9.57E-04	8.99E-03
Rh-105M	5.21E-04	9.00E-04	8.06E-06	8.06E-06
Rh-105	1.47E+00	9.00E-04	1.70E-03	1.77E-03
Rh-106M	5.17E-02	9.00E-04	9.29E-09	9.29E-09
Rh-106	3.46E-04	9.00E-04	1.62E-05	6.05E-04
Te-127M	1.09E+02	4.50E-02	7.86E-05	1.62E-03
Te-127	3.90E-01	4.50E-02	1.29E-02	1.44E-02
Te-129M	3.36E+01	4.50E-02	1.99E-03	1.48E-02
Te-129	4.83E-02	4.50E-02	2.28E-03	1.06E-02
Te-131M	1.25E+00	4.50E-02	2.64E-02	2.69E-02
Te-131	1.74E-02	4.50E-02	5.94E-03	6.06E-03
Te-132	3.26E+00	4.50E-02	3.75E-01	4.85E-01
I-131	8.04E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.76E-03
I-132	9.58E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.09E-01
ATIVIDADES TOTAIS			4.45E-01	7.47E-01

Tabela 2.13 - Atividade inicial e acumulada nas colunas AG1x8 descartadas

DADO/NUC	T 1/2 (dias)	F	A ₀ (TBq)	1 ano (TBq)
Rb-86	1.87E+01	1.00E-02	8.51E-07	3.72E-06
Sr-89	5.05E+01	1.00E-02	1.42E-02	1.54E-01
Sr-90	1.06E+04	1.00E-02	8.60E-05	4.34E-03
Sr-91	3.96E-01	1.00E-02	2.14E-02	2.14E-02
Sr-92	1.13E-01	1.00E-02	9.07E-05	9.07E-05
Y-90	2.67E+00	1.00E-02	6.22E-05	4.31E-03
Y-91M	3.45E-02	1.00E-02	2.59E-02	2.59E-02
Y-91	5.85E+01	1.00E-02	1.53E-02	1.90E-01
Y-92	1.48E-01	1.00E-02	2.04E-03	2.04E-03
Y-93	4.21E-01	1.00E-02	2.71E-02	2.71E-02
Zr-96	6.40E+01	1.00E-03	1.52E-03	2.04E-02
Zr-97	7.04E-01	1.00E-03	5.56E-03	5.56E-03
Nb-95M	3.61E+00	1.00E-03	6.40E-06	1.44E-04
Nb-95	3.52E+01	1.00E-03	1.36E-04	2.00E-02
Nb-96	9.73E-01	1.00E-03	8.36E-07	8.42E-07
Nb-97M	6.94E-04	1.00E-03	5.29E-03	5.29E-03
Nb-97	5.01E-02	1.00E-03	5.95E-03	5.95E-03
Mo-99	2.75E+00	1.00E-02	1.19E-01	1.43E-01
Tc-99M	2.51E-01	1.00E-02	1.14E-01	1.36E-01
Tc-99	7.77E+02	1.00E-02	7.73E-09	6.04E-07
Ru-103	3.93E+01	1.00E-03	1.18E-03	1.01E-02
Ru-105	1.85E-01	1.00E-03	3.19E-05	3.19E-05
Ru-106	3.68E+02	1.00E-03	1.80E-05	6.72E-04
Rh-103M	3.90E-02	1.00E-03	1.06E-03	1.00E-02
Rh-105M	5.21E-04	1.00E-03	1.78E-05	1.78E-05
Rh-105	1.47E+00	1.00E-03	1.89E-03	1.96E-03
Rh-106M	9.17E-02	1.00E-03	1.03E-08	1.03E-08
Rh-106	3.46E-04	1.00E-03	1.80E-05	6.72E-04
Pd-109	5.59E-01	1.00E-02	3.14E-04	3.14E-04
Pd-112	8.79E-01	1.00E-02	2.19E-04	2.20E-04
Ag-111	7.45E+00	1.00E-02	3.70E-04	7.74E-04
Ag-112	1.30E-01	1.00E-02	2.59E-04	2.60E-04
Ag-113	2.24E-01	1.00E-02	1.07E-05	1.07E-05
Cd-115M	4.46E+01	1.00E-02	4.80E-05	4.63E-05
Cd-115	2.23E+00	1.00E-02	2.89E-04	3.26E-04
Cd-117M	1.40E-01	1.00E-02	4.14E-07	4.14E-07
Cd-117	1.04E-01	1.00E-02	1.18E-07	1.18E-07
In-115M	1.87E-01	1.00E-02	3.15E-04	3.51E-04
In-117M	8.09E-02	1.00E-02	8.70E-07	8.70E-07
In-117	3.04E-02	1.00E-02	8.51E-07	1.83E-05
Sn-121	1.13E+00	1.00E-02	2.80E-04	2.84E-04
Sn-123	1.29E+02	1.00E-02	6.86E-06	1.58E-04
Sn-125	9.64E+00	1.00E-02	1.85E-04	4.68E-04

(CONTINUA)

Tabela 3.13 - Atividade inicial e acumulada nas colunas AG1x8 descartadas (Continuação)

RAZÃO/NUC	T 1/2 (dias)	F	Ao (TBq)	1 ano (TBq)
Sn-127	8,75E-02	1,00E-02	1,66E-07	1,66E-07
Sb-122	2,70E+00	1,00E-02	2,65E-07	3,18E-07
Sb-124	6,02E+01	1,00E-02	5,29E-08	6,72E-07
Sb-125	1,01E+03	1,00E-02	4,51E-06	2,05E-04
Sb-126	1,24E+01	1,00E-02	1,02E-05	3,14E-05
Sb-127	3,85E+00	1,00E-02	3,04E-03	4,24E-03
Sb-128	3,75E-01	1,00E-02	5,18E-05	5,18E-05
Sb-129	1,80E-01	1,00E-02	1,85E-04	1,85E-04
Te-127M	1,09E+02	5,00E-02	8,73E-05	2,17E-03
Te-127	3,90E-01	5,00E-02	1,43E-02	1,73E-02
Te-129M	3,36E+01	5,00E-02	2,21E-03	1,64E-02
Te-129	4,83E-02	5,00E-02	2,53E-03	1,18E-02
Te-131M	1,25E+00	5,00E-02	2,93E-02	2,99E-02
Te-131	1,74E-02	5,00E-02	6,60E-03	6,73E-03
Te-132	3,26E+00	5,00E-02	4,17E-01	5,39E-01
I-130	5,15E-01	4,50E-01	2,85E-04	2,85E-04
I-131	8,04E+00	4,50E-01	1,73E+00	3,83E+00
I-132	9,58E-02	4,50E-01	3,87E+00	3,98E+00
I-133	8,67E-01	4,50E-01	3,69E+00	3,71E+00
I-135	2,75E-01	4,50E-01	3,96E-01	3,96E-01
Xe-133M	2,19E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,32E-03
Xe-133	5,25E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,65E-01
Xe-133	5,25E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,77E-02
Xe-135M	1,06E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Xe-135	3,79E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cs-134	7,53E+02	1,00E-02	3,83E-07	1,67E-05
Cs-136	1,31E+01	1,00E-02	7,25E-05	2,34E-04
Cs-137	1,10E+04	1,00E-02	8,92E-05	4,50E-03
Ba-136M	5,37E-03	1,00E-02	1,19E-05	3,86E-05
Ba-137M	1,77E-03	1,00E-02	8,44E-05	4,26E-03
Ba-139	5,74E-02	1,00E-02	6,66E-08	6,66E-08
Ba-140	1,27E+01	1,00E-02	6,03E-02	1,90E-01
La-140	1,68E+00	1,00E-02	5,22E-02	2,01E-01
La-141	1,64E-01	1,00E-02	1,04E-03	1,04E-03
La-142	6,42E-02	1,00E-02	3,09E-07	3,09E-07
Ce-141	3,25E+01	1,00E-03	2,64E-03	1,90E-02
Ce-143	1,38E+00	1,00E-03	1,00E-02	1,03E-02
Ce-144	2,84E+02	1,00E-03	3,01E-04	1,03E-02
Pr-143	1,36E+01	1,00E-03	4,98E-03	1,91E-02
Pr-144M	5,00E-03	1,00E-03	3,61E-06	1,82E-04
Pr-144	1,20E-02	1,00E-03	3,01E-04	1,03E-02
Pr-145	2,49E-01	1,00E-03	3,96E-04	4,86E-04
ATIVIDADES TOTAIS			1,07E+01	1,43E+01

Tabela 3.14 - Atividade inicial e acumulada em uma coluna Biorex descartada

RADICNUC	T 1/2 (dias)	F	Ao (TBq)	8 CAMPANHAS (TBq)
Zr-95	6.40E+01	7.86E-01	1.20E+00	7.44E+00
Zr-97	7.04E-01	7.86E-01	4.39E+00	4.39E+00
Nb-95M	3.61E+00	7.86E-01	5.03E-02	1.11E-01
Nb-95	3.52E+01	7.86E-01	1.08E-01	3.33E+00
Nb-96	9.73E-01	7.86E-01	6.57E-04	6.62E-04
Nb-97M	6.94E-04	7.86E-01	4.15E+00	4.16E+00
Nb-97	5.01E-02	7.86E-01	4.68E+00	4.68E+00
Ru-103	3.93E+01	7.20E-03	8.49E-03	4.59E-02
Ru-105	1.85E-01	7.20E-03	2.30E-04	2.30E-04
Ru-106	3.68E+02	7.20E-03	1.29E-04	9.90E-04
Rh-103M	3.90E-02	7.20E-03	7.65E-03	4.50E-02
Rh-105M	5.21E-04	7.20E-03	6.45E-05	6.45E-05
Rh-105	1.47E+00	7.20E-03	1.36E-02	1.41E-02
Rh-106M	9.17E-02	7.20E-03	7.43E-08	7.43E-08
Rh-106	3.46E-04	7.20E-03	1.29E-04	9.90E-04
Ce-141	3.25E+01	8.56E-01	2.26E+00	1.14E+01
Ce-143	1.38E+00	8.56E-01	8.59E+00	8.85E+00
Ce-144	2.84E+02	8.56E-01	2.58E-01	1.94E+00
Pr-143	1.36E+01	8.56E-01	4.26E+00	1.54E+01
Pr-144a	5.00E-03	8.56E-01	3.09E-03	3.31E-02
Pr-144	1.20E-02	8.56E-01	2.58E-01	1.94E+00
Pr-145	2.49E-01	8.56E-01	3.39E-01	3.39E-01
ATIVIDADES TOTAIS			3.06E+01	6.41E+01

Tabela 3.15 - Atividade inicial e acumulada nas colunas Lovexrel descartadas

RADIONUC	T 1/2 (dias)	F	Ao (TBq)	1 ANO (TBq)
I-130	5.15E-01	3.60E-01	2.28E-04	2.28E-04
I-131	8.04E+00	3.60E-01	1.39E+00	3.06E+00
I-132	9.58E-02	3.60E-01	3.10E+00	3.10E+00
I-133	8.67E-01	3.60E-01	2.95E+00	2.96E+00
I-135	2.75E-01	3.60E-01	3.17E-01	3.17E-01
Xe-133m	2.19E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.65E-03
Xe-133	5.25E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.72E-01
Xe-133	5.25E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.42E-02
Xe-135m	1.06E-02	0.00E+00	4.88E-02	4.88E-02
Xe-135	3.79E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
ATIVIDADES TOTAIS			7.80E+00	9.88E+00

Tabela 3.16 - Atividade inicial e acumulada em um filtro absoluto substituído

RADIONUCL	T 1/2 (dias)	F	A ₀ (TBq)	I AFD (TBq)
Sr-89	5.05E+01	1.00E-02	1.42E-02	1.54E-01
Sr-90	1.06E+04	1.00E-02	8.60E-05	4.34E-03
Sr-91	3.96E-01	1.00E-02	2.14E-02	2.14E-02
Sr-92	1.13E-01	1.00E-02	9.07E-05	9.07E-05
Y-90	2.67E+00	1.00E-02	6.22E-05	4.31E-03
Y-91M	3.45E-02	1.00E-02	2.58E-02	2.58E-02
Y-91	5.85E+01	1.00E-02	1.53E-02	1.90E-01
Y-92	1.48E-01	1.00E-02	2.04E-03	2.04E-03
Y-93	4.21E-01	1.00E-02	2.71E-02	2.71E-02
Tc-99M	2.51E-01	1.00E-02	1.14E-01	1.14E-01
Tc-99	7.77E+07	1.00E-02	7.73E-09	3.94E-07
Ru-103	3.93E+01	1.00E-02	1.18E-02	1.01E-01
Ru-105	1.85E-01	1.00E-02	3.19E-04	3.19E-04
Ru-106	3.68E+02	1.00E-02	1.80E-04	6.72E-03
Rh-103M	3.90E-02	1.00E-02	1.06E-02	1.00E-01
Rh-105M	5.21E-04	1.00E-02	1.78E-04	1.78E-04
Rh-105	1.47E+00	1.00E-02	1.88E-02	1.96E-02
Rh-106M	9.17E-02	1.00E-02	1.03E-07	1.03E-07
Rh-106	3.46E-04	1.00E-02	1.80E-04	6.72E-03
Sb-122	2.70E+00	1.00E-02	2.65E-07	3.18E-07
Sb-124	6.02E+01	1.00E-02	5.29E-08	6.72E-07
Sb-125	1.01E+03	1.00E-02	4.51E-06	2.05E-04
Sb-126	1.24E+01	1.00E-02	1.02E-05	3.14E-05
Sb-127	3.85E+00	1.00E-02	3.04E-03	4.24E-03
Sb-128	3.75E-01	1.00E-02	5.18E-05	5.18E-05
Sb-129	1.80E-01	1.00E-02	1.85E-04	1.85E-04
Te-127M	1.09E+02	1.00E-02	1.75E-05	7.35E-04
Te-127	3.90E-01	1.00E-02	2.86E-03	4.56E-03
Te-129M	3.36E+01	1.00E-02	4.42E-04	3.29E-03
Te-129	4.83E-02	1.00E-02	5.07E-04	2.35E-03
Te-131M	1.25E+00	1.00E-02	5.86E-03	5.98E-03
Te-131	1.74E-02	1.00E-02	1.32E-03	1.35E-03
Te-132	3.26E+00	1.00E-02	8.34E-02	1.08E-01
I-131	8.04E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.28E-03
I-132	9.58E-02	0.00E+00	0.00E+00	2.50E-02
Cs-134	7.53E+02	1.00E-02	3.83E-07	1.67E-05
Cs-136	1.31E+01	1.00E-02	7.25E-05	2.34E-04
Cs-137	1.10E+04	1.00E-02	8.92E-05	4.50E-03
Ba-136M	5.37E-03	1.00E-02	1.18E-05	3.86E-05
Ba-137M	1.77E-03	1.00E-02	8.44E-05	4.26E-03
Ba-139	5.74E-02	1.00E-02	6.66E-08	6.66E-08
Ba-140	1.27E+01	1.00E-02	6.03E-02	1.90E-01
La-140	1.68E+00	1.00E-02	5.22E-02	2.01E-01
La-141	1.64E-01	1.00E-02	1.04E-03	1.04E-03
La-142	6.42E-02	1.00E-02	3.09E-07	3.09E-07
Ce-141	3.25E+01	1.00E-02	2.64E-02	1.90E-01
Ce-143	1.38E+00	1.00E-02	1.00E-01	1.03E-01
Ce-144	2.84E+02	1.00E-02	3.01E-03	1.03E-01
Pr-143	1.36E+01	1.00E-02	4.88E-02	1.91E-01
Pr-144M	5.00E-03	1.00E-02	3.61E-05	1.82E-03
Pr-144	1.20E-02	1.00E-02	3.01E-03	1.03E-01
Pr-145	2.49E-01	1.00E-02	3.86E-03	2.86E-03
ATIVIDADES TOTAIS			6.61E-01	2.03E+00

Tabela 2.17 - Atividade dos raios Iguais da coluna A(1) durante o decaimento (TR₀)

DOISOMÉTRICO ATIVIDADE INICIAL	2 MES	4 MES	6 MES	8 MES	10 MES	12 MES	14 MES	16 MES
Rb-86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sr-89	15.08	6.98	3.74	1.90	0.70	0.32	0.15	0.07
Sr-90	0.43	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.41
Sr-91	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sr-92	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y-88	0.42	0.42	0.47	0.42	0.42	0.42	0.42	0.41
Y-89m	2.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y-91	18.63	9.69	4.94	2.55	1.31	0.68	0.35	0.18
Y-92	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y-93	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zr-95	3.67	2.00	1.09	0.59	0.32	0.18	0.10	0.05
Zr-96	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zr-97	0.09	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-95m	3.61	2.92	1.91	1.15	0.66	0.37	0.21	0.11
Nb-95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-97m	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-97	1.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-100	9.84	3.66	1.36	0.51	0.19	0.07	0.03	0.01
Ru-105	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-106	0.65	0.59	0.53	0.49	0.43	0.39	0.35	0.31
Ru-107m	9.72	3.66	1.36	0.51	0.19	0.07	0.03	0.01
Ru-107	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-108	1.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-108m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-109	0.65	0.59	0.53	0.49	0.43	0.39	0.35	0.31
Ru-110	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-112	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-112m	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-111	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-113	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cd-115m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cd-115	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cd-117m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cd-117	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
In-115m	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
In-117m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
In-117	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sr-121	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sr-121m	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sr-123	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sr-127	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sr-122	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sr-124	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sr-125	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Sr-126	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(CONTINUA)

Tabela 3.17 - Atividade dos rejeitos líquidos da coluna AG1x8 durante o decaimento (TBq) (Continuação)

RAÍONUC	ATIVID. INICIAL	2 MES	4 MES	6 MES	8 MES	10 MES	12 MES	14 MES	16 MES
Sb-127	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sb-128	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sb-129	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-127M	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Te-127	0.29	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Te-129M	0.16	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-129	0.12	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-131M	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-131	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-132	5.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I-131	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I-132	1.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cs-134	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cs-136	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cs-137	0.44	0.44	0.44	0.44	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
Ba-136M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba-137M	0.42	0.42	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Ba-139	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba-140	18.66	0.89	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
La-140	19.70	1.02	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
La-141	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
La-142	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ce-141	2.04	0.62	0.19	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
Ce-143	1.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ce-144	1.11	0.97	0.84	0.73	0.64	0.56	0.49	0.43	0.37
Pr-143	2.05	0.12	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pr-144M	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Pr-144	1.11	0.97	0.84	0.73	0.64	0.56	0.49	0.43	0.37
Pr-145	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nd-147	6.89	0.20	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nd-149	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pm-147	1.63	1.64	1.58	1.52	1.46	1.40	1.34	1.29	1.24
Pm-148M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pm-148	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pm-149	2.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pm-150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pm-151	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sm-151	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Sm-153	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sm-156	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Eu-154	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Eu-156	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Eu-156	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Eu-157	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gd-159	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	142	38	20	13	8.8	6.7	5.6	4.9	4.5

Atividades inferiores a 5 GBq foram igualadas a zero

Tabela 3.18 - Atividade dos rejeitos líquidos da coluna Biorox durante o decaimento (TBq)

RADIONUC	ATIVID. INICIAL	1 MES	2 MES	3 MES	4 MES	5 MES	6 MES	7 MES	8 MES
Zr-95	0.49	0.36	0.27	0.20	0.15	0.11	0.08	0.06	0.04
Zr-97	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-95M	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-95	0.48	0.45	0.39	0.31	0.25	0.20	0.15	0.12	0.09
Nb-96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-97M	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-97	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-103	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-105	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-106	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-103M	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-105M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-105	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-106M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-106	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ce-141	0.49	0.27	0.15	0.08	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00
Ce-143	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ce-144	0.27	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16
Pr-143	0.50	0.13	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pr-144m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pr-144	0.27	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16
Pr-145	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	3.24	1.75	1.33	1.06	0.87	0.72	0.61	0.52	0.45

Atividades inferiores a 5 GBq foram igualadas a zero

Tabela 3.19 - Atividade dos rejeitos líquidos da coluna Chellex durante o decaimento (TBq)

RADIONUC	ATIVID. INICIAL	1 MES	2 MES	3 MES	4 MES	5 MES	6 MES	7 MES	8 MES
Zr-95	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Zr-97	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-95M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-95	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Nb-96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-97M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-97	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-103	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-105	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-106	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-103M	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-105M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-105	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-106M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-106	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-127M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-127	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-129M	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-129	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-131M	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-131	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-132	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I-131	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I-132	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	0.75	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01

Atividades inferiores a 5 GBq foram igualadas a zero

Tabela 3.20 - Atividade dos rejeitos líquidos da coluna mangane durante o decaimento (TBq)

RADIONUC	ATIVID. INICIAL	1 MES	2 MES	3 MES	4 MES	5 MES	6 MES	7 MES	8 MES
Zr-95	0.16	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01
Zr-97	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-95M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-95	0.16	0.15	0.13	0.11	0.08	0.07	0.05	0.04	0.03
Nb-96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-97M	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-97	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tc-99M	11.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tc-99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-103	0.08	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Ru-105	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-106	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-103M	0.08	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Rh-105M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-105	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-106M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-106	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-127M	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Te-127	0.13	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Te-129M	0.13	0.07	0.04	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Te-129	0.10	0.05	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-131M	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-131	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-132	4.36	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I-130	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I-131	0.74	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I-132	1.68	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I-133	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I-135	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Xe-133M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Xe-133	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Xe-133	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Xe-135M	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Xe-135	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ce-141	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ce-143	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ce-144	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Pr-143	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pr-144m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pr-144	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Pr-145	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	20	1	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1

Atividades inferiores a 5 Bq foram igualadas a zero

Tabela 3.21 - Atividade das colunas AG1x8 descartadas, durante o decaimento (TBq)

RADIONUC.	ATTIVD. INICIAL	1 MES	2 MES	3 MES	4 MES	5 MES	6 MES	7 MES	8 MES
Rb-86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sr-89	0.15	0.10	0.07	0.05	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
Sr-90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sr-91	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sr-92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y-90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y-91m	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y-91	0.19	0.14	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01
Y-92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y-93	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zr-95	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Zr-97	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-95m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-98	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Nb-96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-97m	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-97	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-99	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tc-99m	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tc-99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-103	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-106	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-106	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-103m	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-105m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-105	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-106m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-106	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pd-106	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pd-112	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ag-111	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ag-112	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ag-113	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cd-115m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cd-115	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cd-117m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cd-117	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
In-115m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
In-117m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
In-117	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sn-121	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sn-123	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sn-125	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(CONTINUA)

Tabela 3.21 - Atividade das colunas AG1x8 descartadas, durante o decaimento (TBq) (Continuação)

RADIONUC. ATIV. INICIAL	1 MES	2 MES	3 MES	4 MES	5 MES	6 MES	7 MES	8 MES	
Sr-127	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Sb-122	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Sb-124	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Sb-125	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Sb-126	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Sb-127	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Sb-128	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Sb-129	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Te-127M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Te-127	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Te-129M	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Te-129	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Te-131M	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Te-131	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Te-132	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
I-130	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
I-131	3.83	0.34	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
I-132	3.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
I-133	3.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
I-135	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Xe-133M	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Xe-133	0.47	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Xe-135	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Xe-135M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Xe-136	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Cs-134	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Cs-136	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Cs-137	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Ba-136M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Ba-137M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Ba-139	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Ba-140	0.19	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
La-140	0.20	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
La-141	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
La-142	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Ce-141	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Ce-143	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Ce-144	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
Pr-143	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Pr-144M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Pr-144	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
Pr-145	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
TOTAL	14	1	0.31	0.20	0.15	0.11	0.09	0.07	0.06

Atividades inferiores a 5 GBq foram igualadas a zero

Tabela 3.22 - Atividade de uma coluna Biorex descartada, durante o decaimento (TBq)

RADIONUC	ATIVID. INICIAL	1 MES	2 MES	3 MES	4 MES	5 MES	6 MES	7 MES	8 MES
Zr-95	7.44	3.00	1.21	0.49	0.20	0.08	0.03	0.01	0.01
Zr-97	4.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-95m	0.11	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-95	3.33	4.11	2.18	0.98	0.41	0.17	0.07	0.03	0.01
Nb-96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-97m	4.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb-97	4.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-103	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-105	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-106	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-103m	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-105m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-105	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-106m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-106	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ce-141	11.36	1.89	0.32	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Ce-143	8.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ce-144	1.94	1.58	1.29	1.05	0.86	0.70	0.57	0.46	0.38
Pr-143	15.39	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pr-144m	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Pr-144	1.94	1.58	1.29	1.05	0.86	0.70	0.57	0.46	0.38
Pr-145	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	64	12	6	3.6	2.3	1.7	1.2	1.0	0.8

Atividades inferiores a 5 GBq foram igualadas a zero

Tabela 3.23 - Atividade das colunas Levertrel descartadas, durante o decaimento (TBq)

RADIONUC	ATIVID. INICIAL	1 MES	2 MES	3 MES	4 MES	5 MES	6 MES	7 MES	8 MES
I-130	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I-131	3.06	0.27	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I-132	3.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I-133	2.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I-135	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Xe-133M	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Xe-133	0.37	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Xe-133	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Xe-135M	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Xe-135	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	10	0.3	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Atividades inferiores a 5 GBq foram igualadas a zero

Tabela 3.24 - Atividade de um filtro absoluto substituído durante o decaimento (TB₀)

RADIONUCLÍDIO	ATIV. INICIAL	1 MES	2 MES	3 MES	4 MES	5 MES	6 MES	7 MES	8 MES
Sr-89	0.15	0.10	0.07	0.05	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
Sr-90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sr-91	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sr-92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y-90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y-91M	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y-91	0.19	0.14	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01
Y-92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y-93	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tc-99M	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tc-99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-103	0.10	0.06	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Ru-105	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ru-106	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Rh-103M	0.10	0.06	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Rh-105M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-106	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-106M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rh-108	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Sb-122	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sb-124	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sb-125	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sb-126	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sb-127	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sb-128	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sb-129	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-127M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-127	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-129M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-129	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-131M	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-131	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Te-132	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I-131	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I-132	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cs-134	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cs-136	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cs-137	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba-136M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba-137M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba-139	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba-140	0.19	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
La-140	0.20	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
La-141	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
La-142	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ce-141	0.19	0.10	0.06	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
Ce-143	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ce-144	0.10	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06
Pr-143	0.19	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pr-144M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pr-144	0.10	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06
Pr-145	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	2	0.64	0.55	0.40	0.32	0.26	0.22	0.19	0.17

Atividades inferiores a 5 Bq foram igualadas a zero

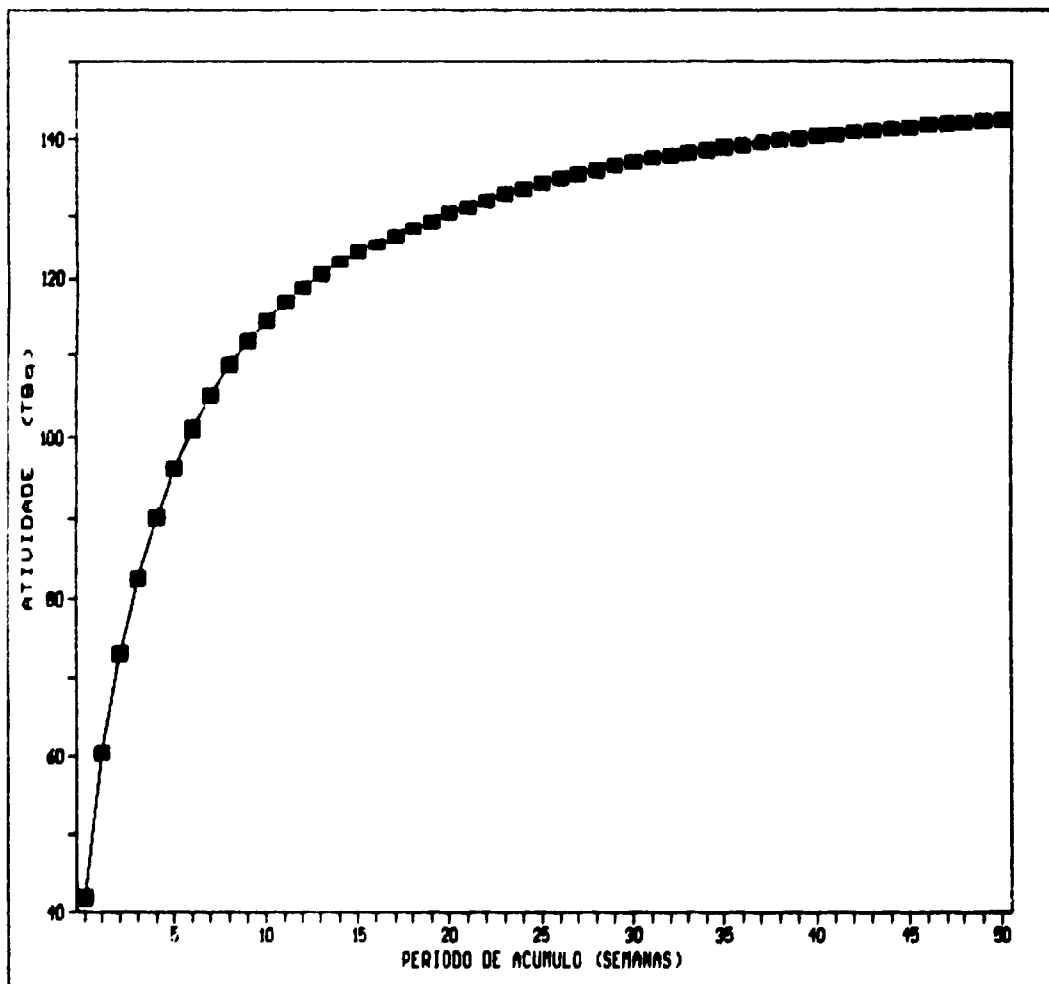


Fig. 3.1 - Atividade dos rejeitos líquidos da coluna AG1x8 durante o período de acúmulo

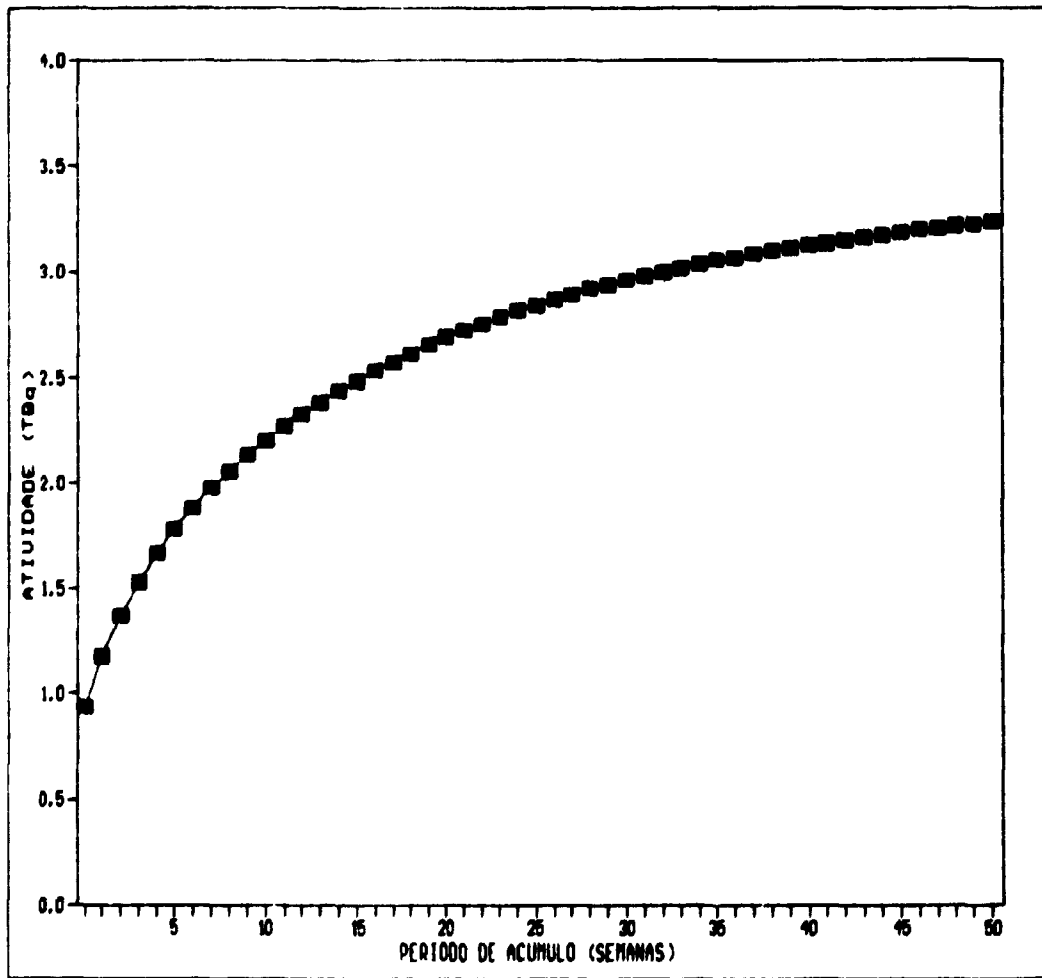


Fig. 3.2 - Atividade dos rejeitos líquidos da coluna Biorex durante o período de acúmulo

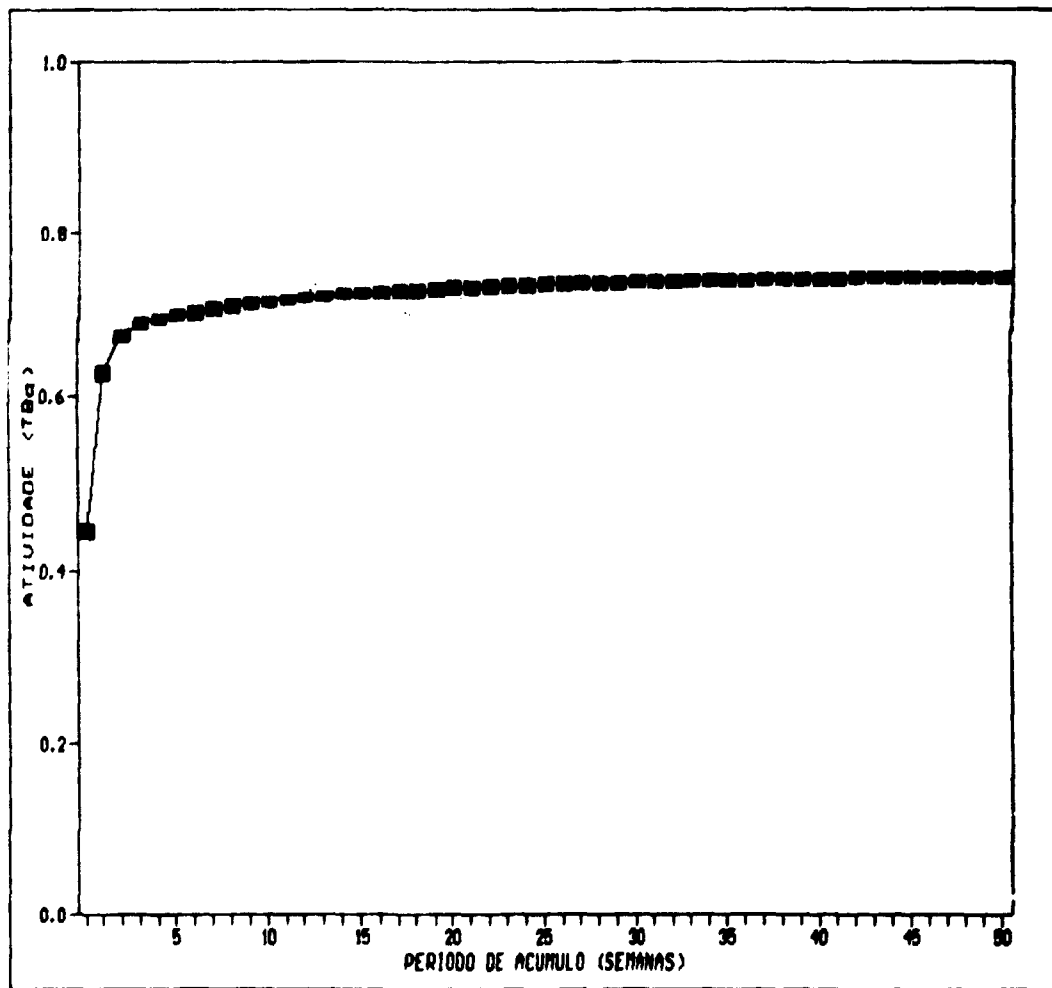


Fig. 3.3 - Atividade dos rejeitos líquidos da coluna Chellex durante o período de acúmulo

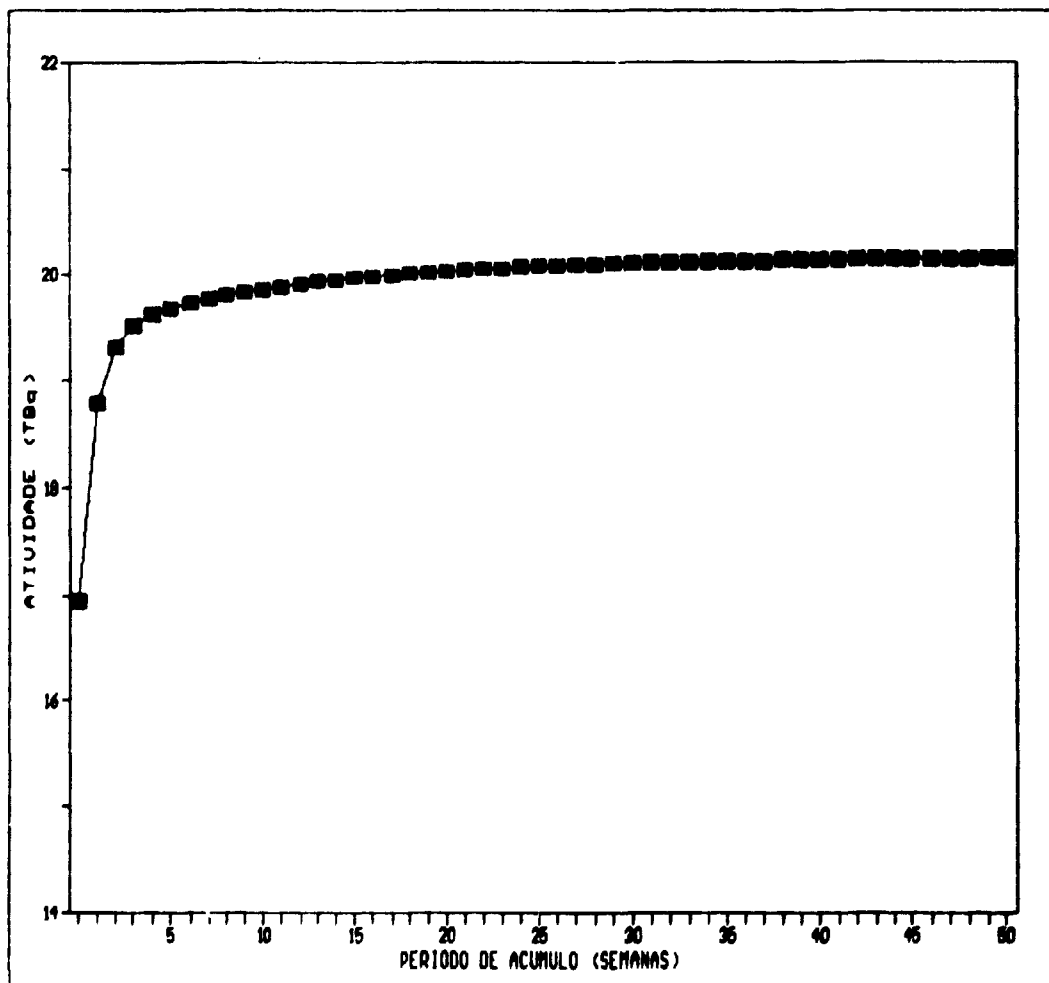


Fig. 3.4 - Atividade dos rejeitos líquidos da coluna manganês durante o período de acúmulo

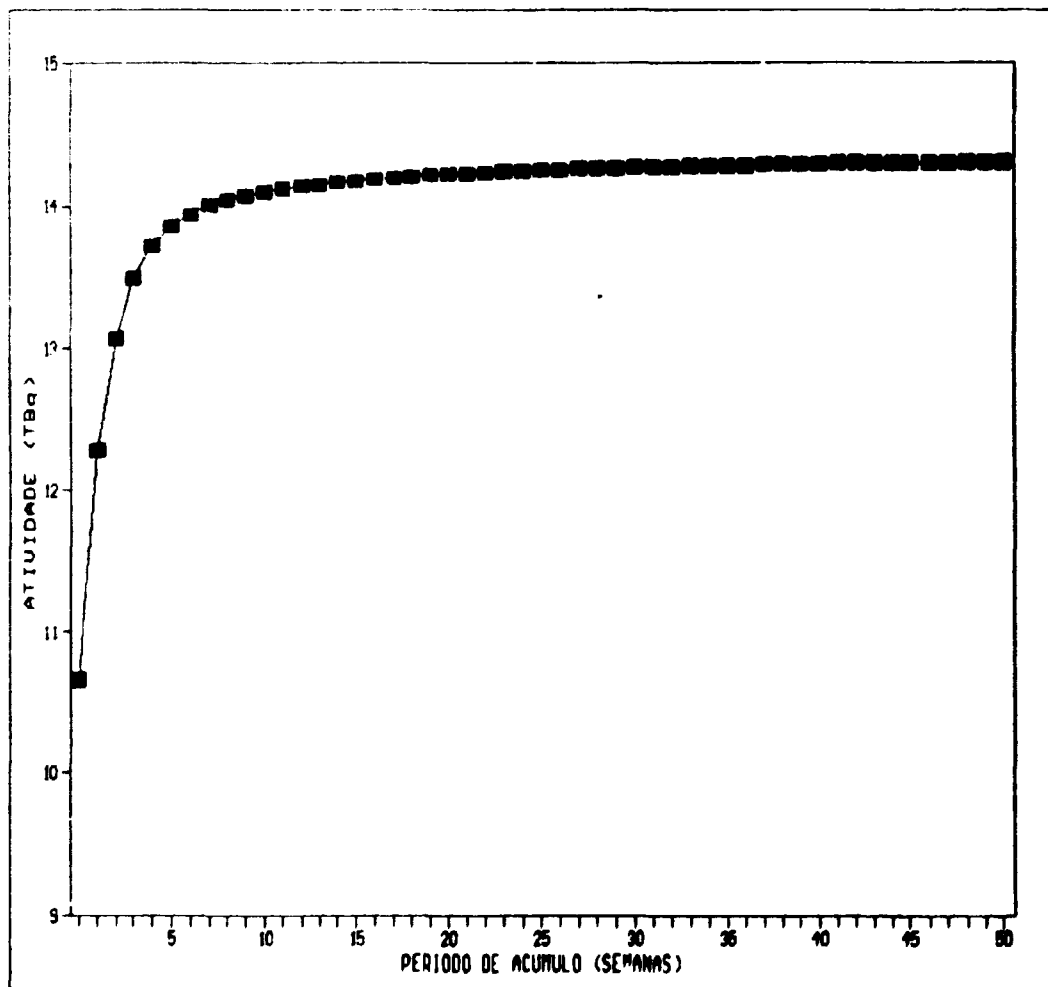


Fig. 3.5 - Atividade acumulada nas colunas AG1x8 descartadas

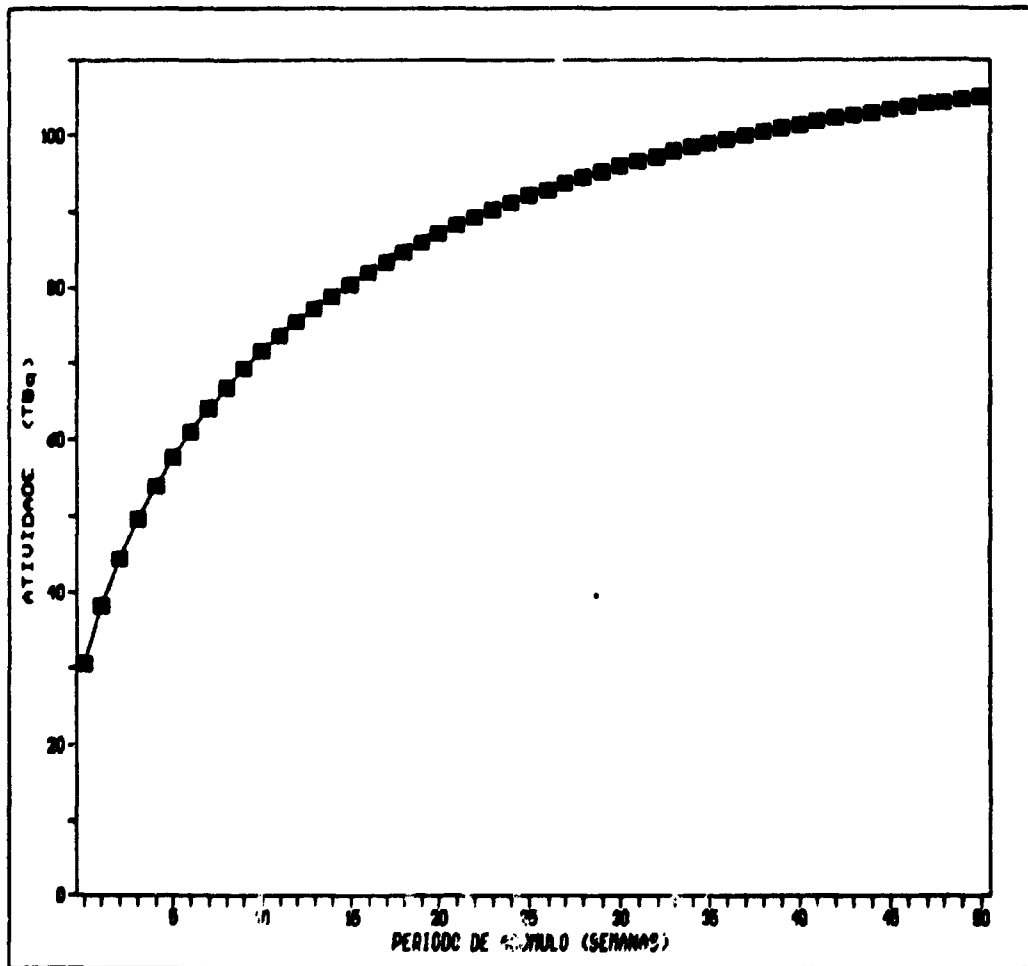


Fig. 2.6 - Atividade acumulada nas colunas Borex descartadas

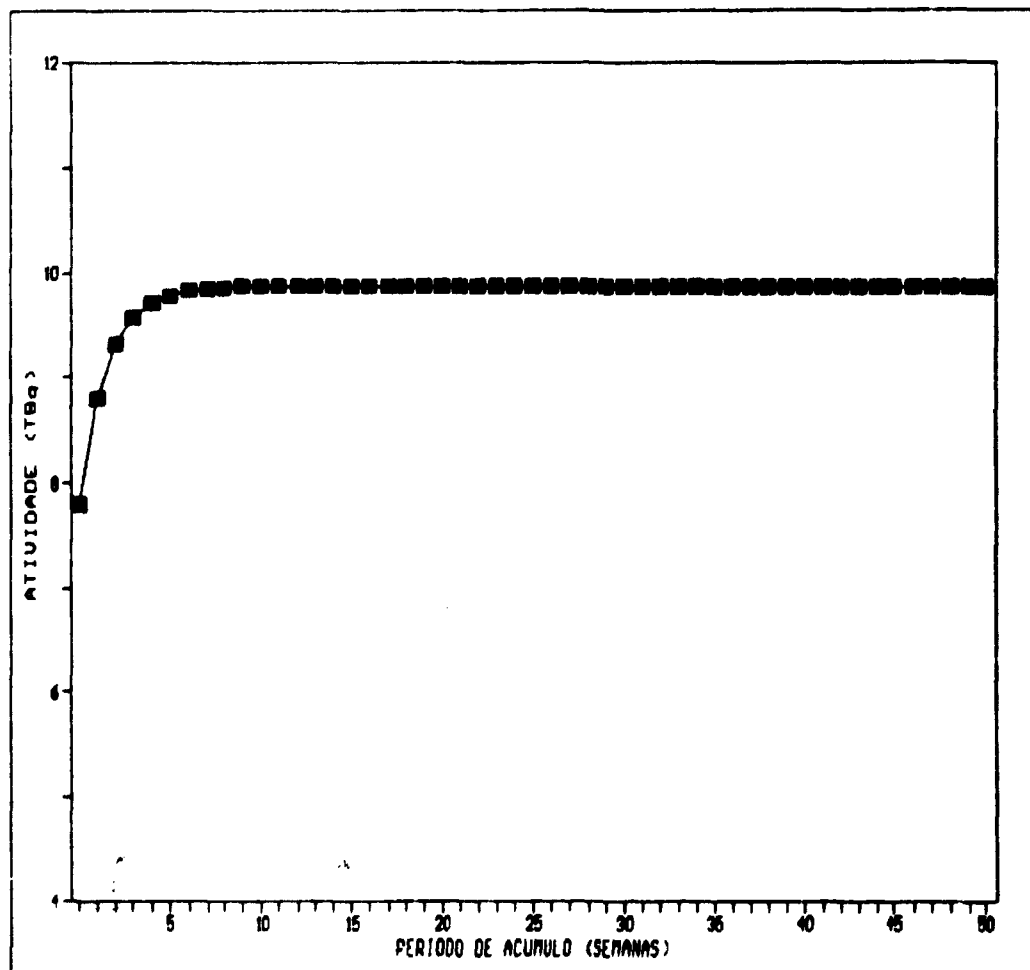


Fig. 3.7 - Atividade acumulada nas colunas Levertrel descartadas

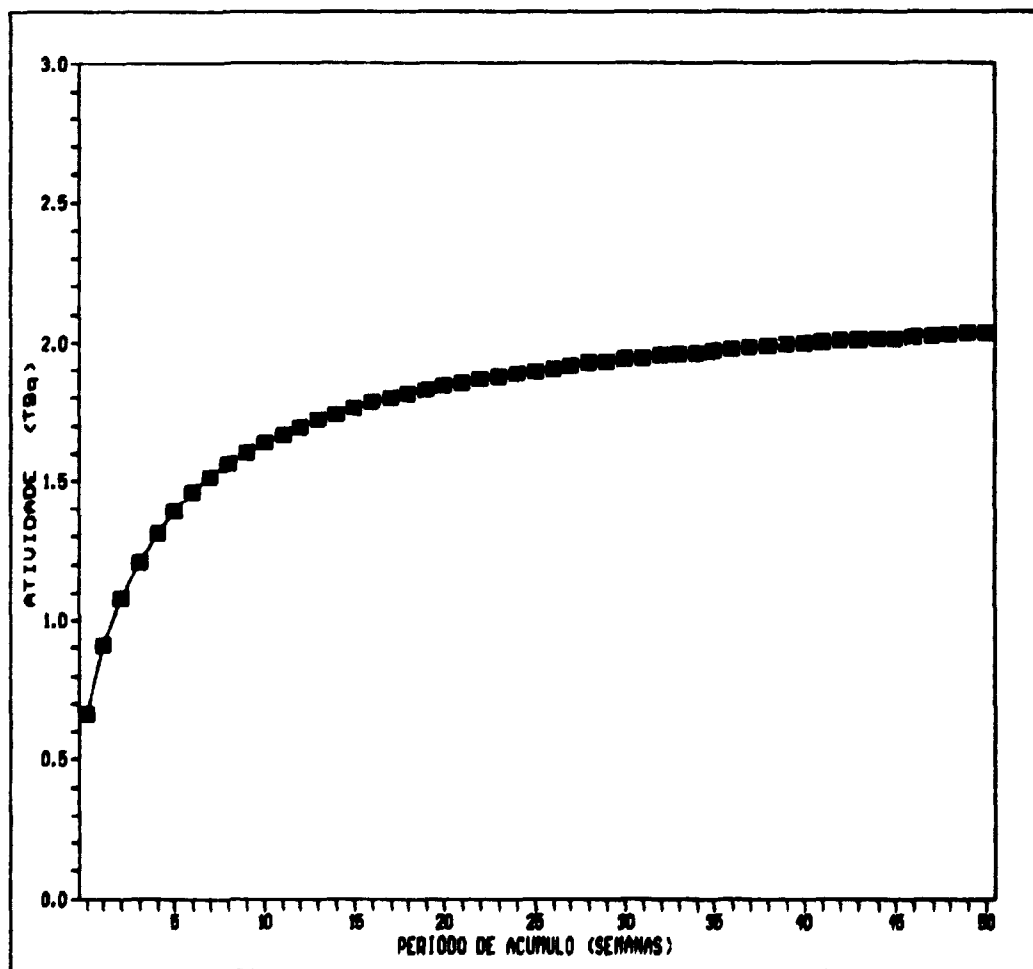


Fig. 3.5 - Atividade acumulada nos filtros absolutos substituídos

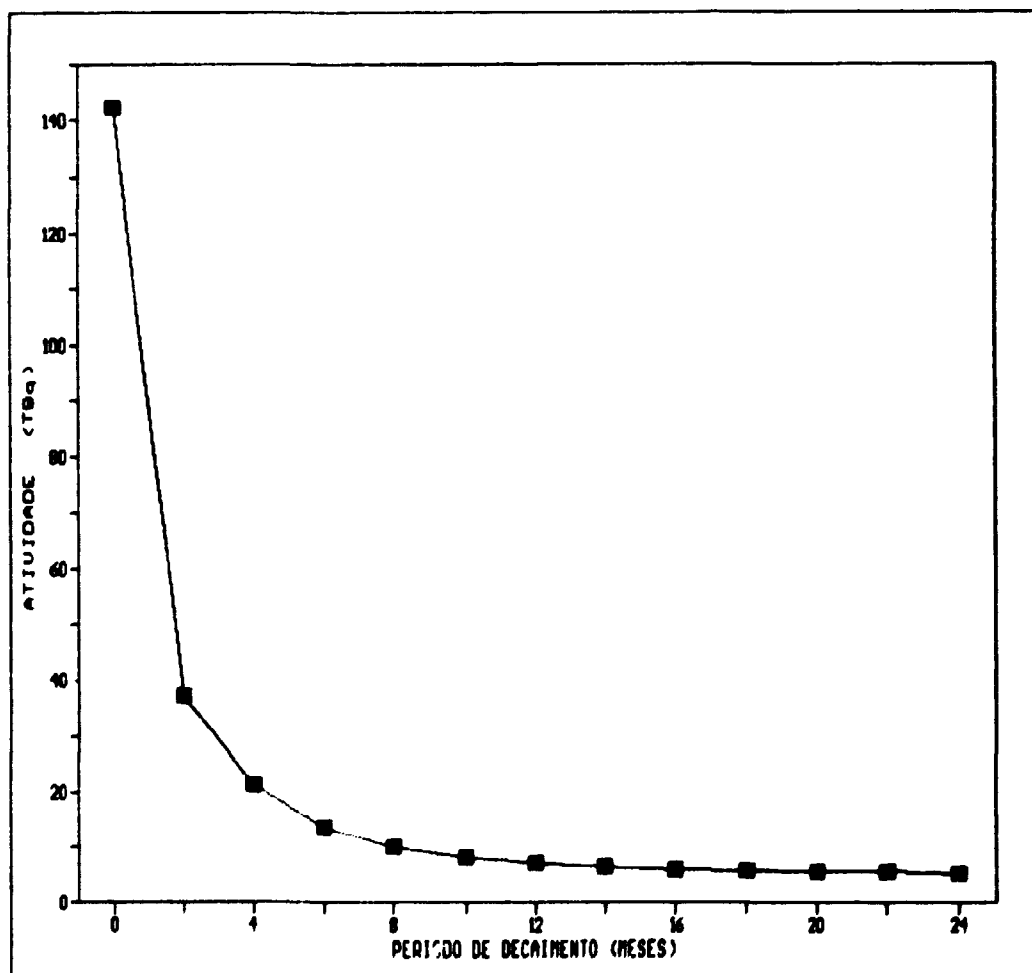


Fig. 3.9 - Atividade dos rejeitos líquidos da coluna AG1x8 durante o decaimento

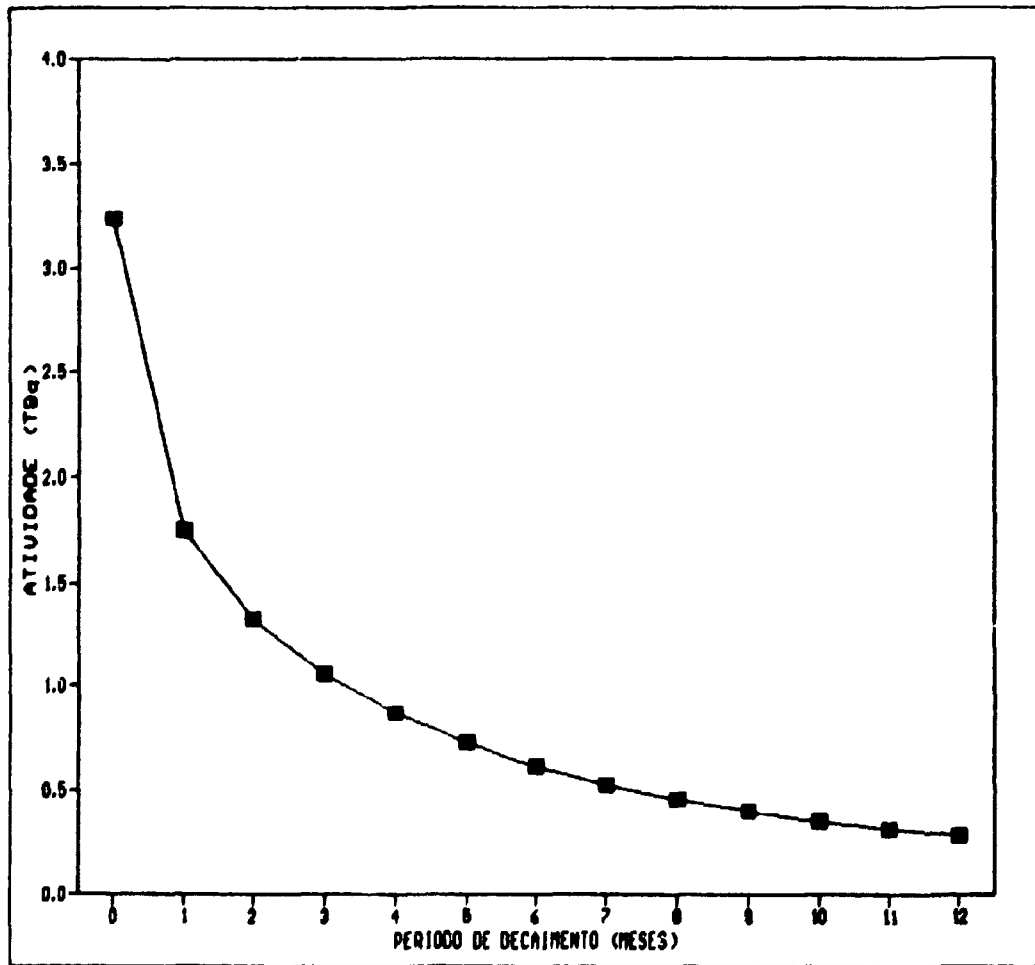


Fig. 3.10 - Atividade dos rejeitos líquidos da coluna Biorex durante o decaimento

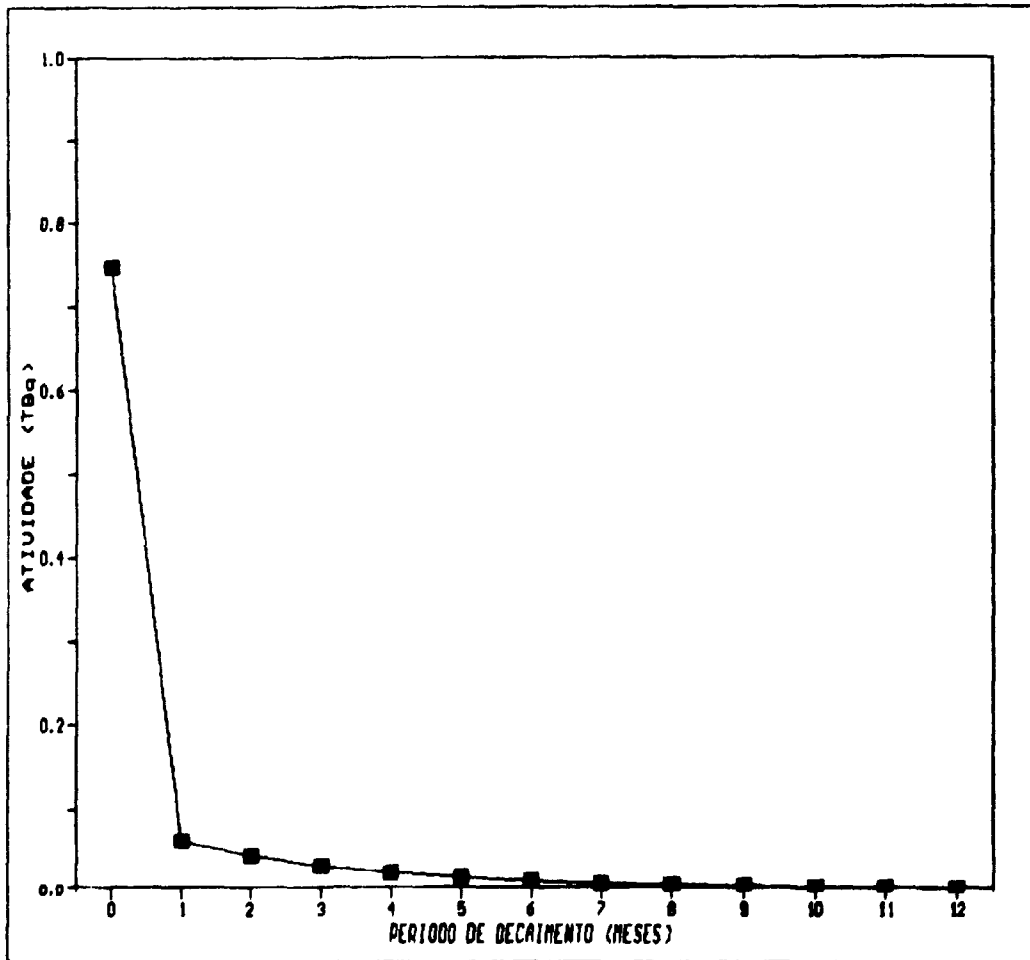


Fig. 3.11 - Atividade dos rejeitos líquidos da coluna Obelix durante o decaimento

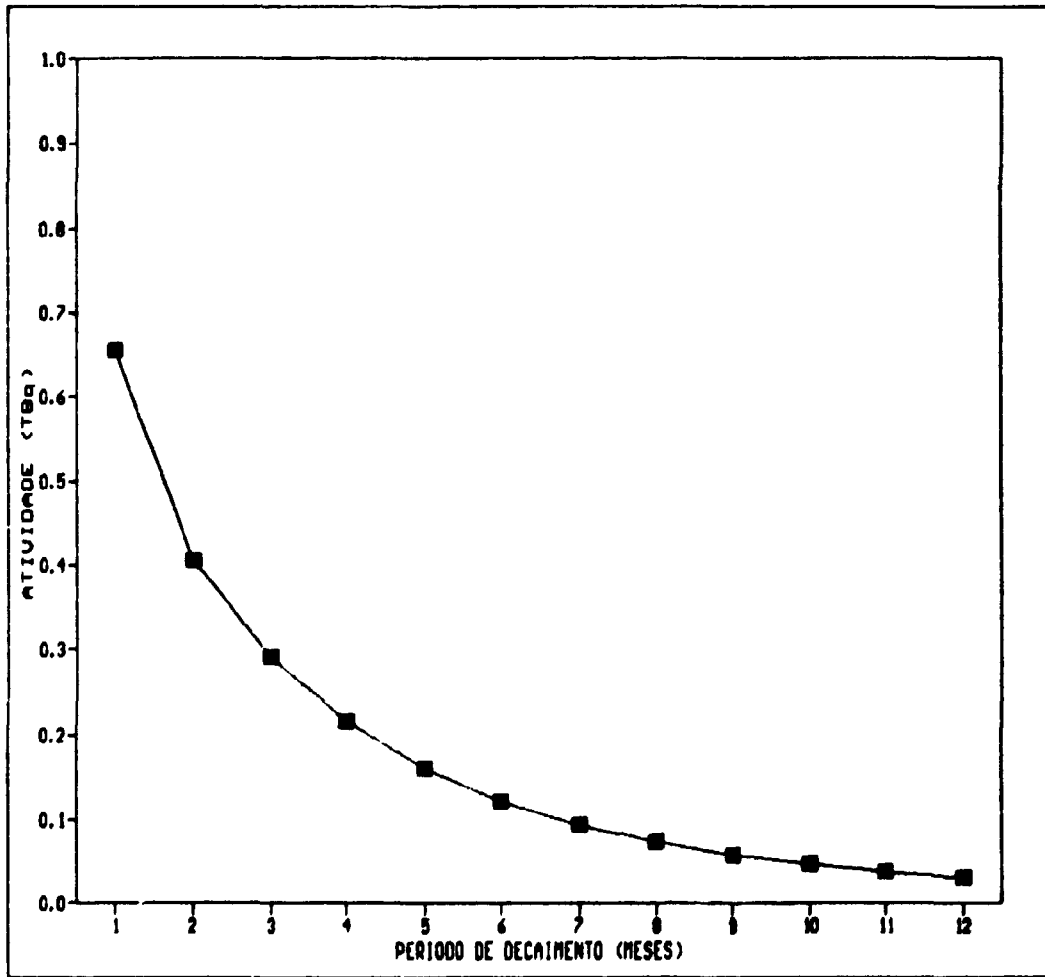


Fig. 3.12 - Atividade dos rejeitos líquidos da coluna manganês durante o decaimento

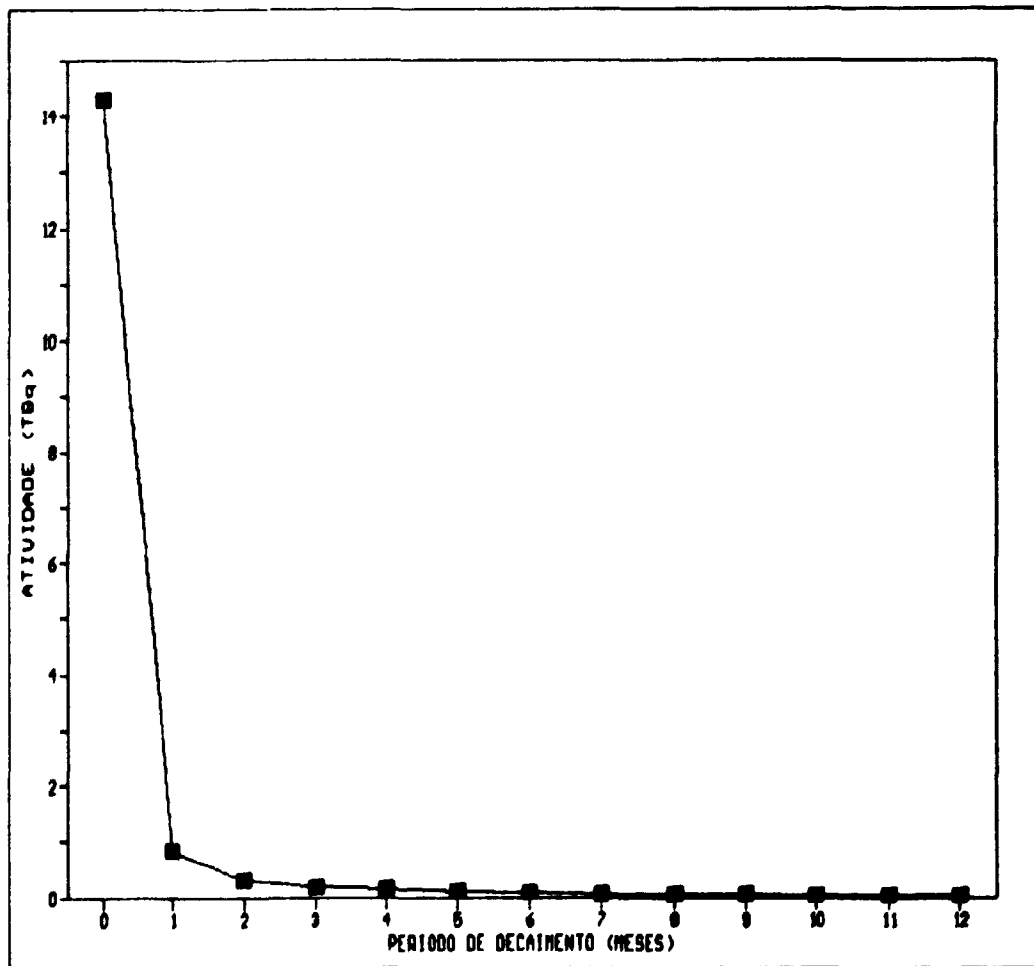


Fig. 3.13 - Atividade das colunas AG1x8 descartadas, durante o decaimento

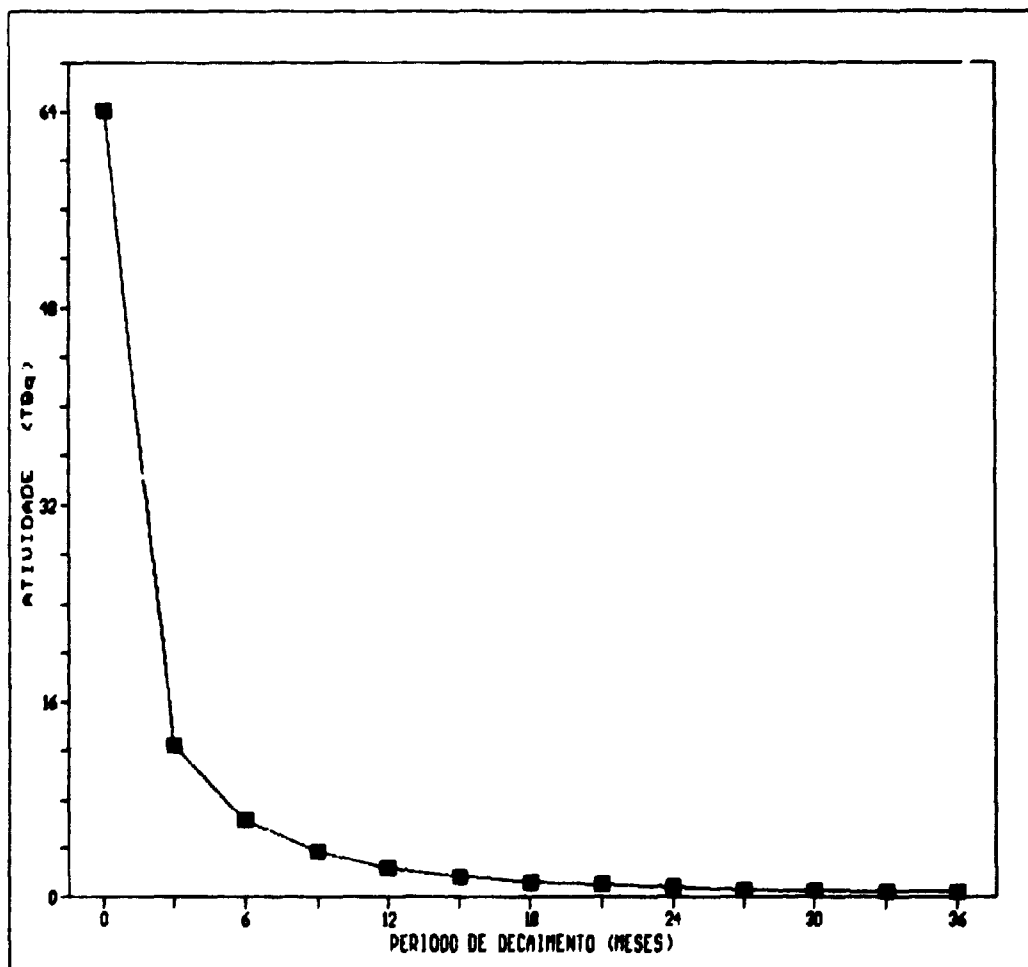


Fig. 3.14 - Atividade de uma coluna Biorex descartada, durante o decaimento

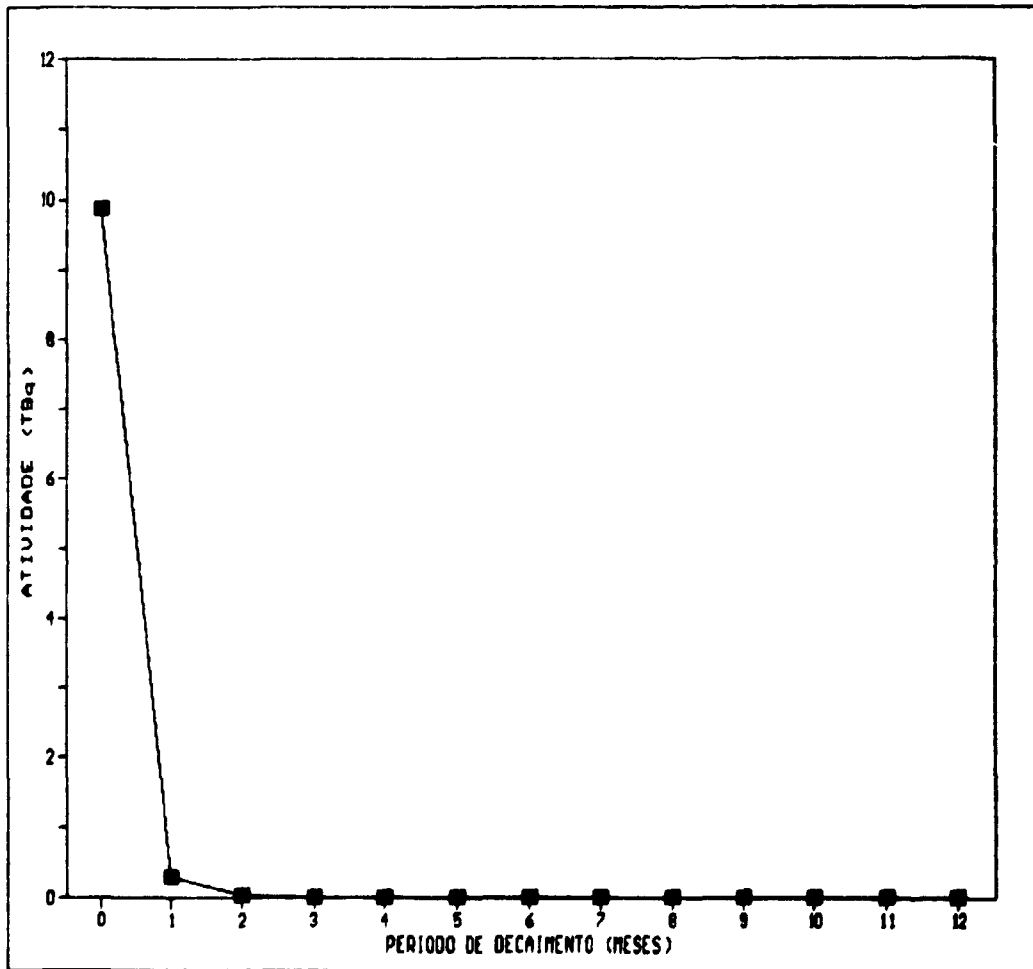


Fig. 3.15 - Atividade das colunas Lovexrel descartadas, durante o decaimento

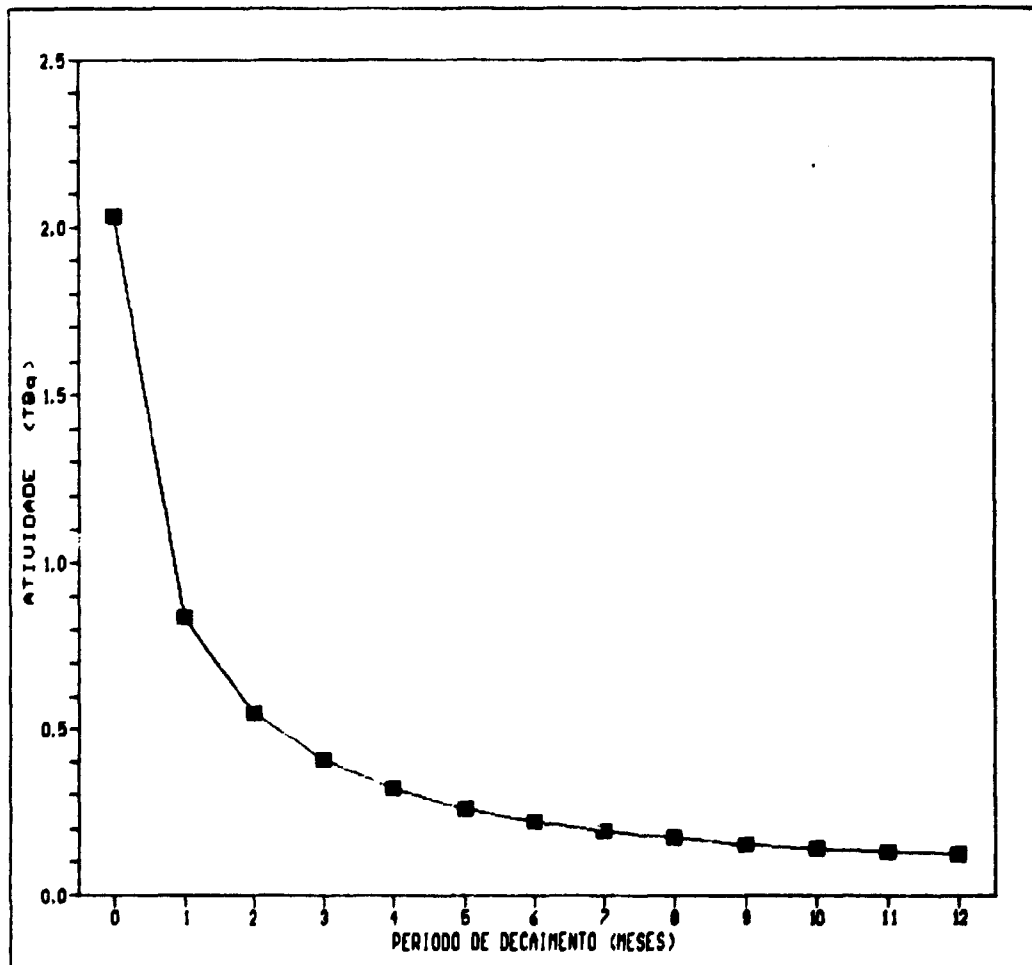


Fig. 3.16 - Atividade de um filtro absoluto substituído, durante o decaimento

CAPÍTULO 4

CÁLCULO DO NÚMERO DE EMBALAGENS

As normas de transporte de materiais radioativos, às quais o transporte de rejeitos radioativos se sujeita, estabelece um limite de atividade para cada radionuclídeo em embalagens tipo A1.

O limite de atividade por embalagem pode ser expresso matematicamente por:

$$\frac{a_i}{LA_i} \leq 1$$

onde:

a_i é a atividade de um radionuclídeo contida em uma embalagem e

LA_i é o limite de atividade especificado na norma e transcrito na tabela 4.1.

Muitos radionuclídeos presentes nos rejeitos não têm limite de atividade para embalagem. São em geral radionuclídeos de meia-vida muito curta ou de radiotoxicidade muito baixa. Para estes radionuclídeos foram atribuídos valores de limite de atividade que permitissem a execução do cálculo do número de embalagens sem afetar os resultados. Adotou-se o valor 1×10^4 Bq como limite de atividade para estes radionuclídeos.

Para uma mistura de radionuclídeos, a atividade total contida em uma embalagem deve satisfazer à inequação :

$$\sum_i A \times \frac{h_i}{LA_i} \leq 1$$

onde:

A é a somatória das atividades de todos os radionuclídeos

$$A = \sum a_i$$

k_i é a fração com que cada um contribui para a atividade total

$$k_i = \frac{a_i}{A}$$

Se um determinado fluxo de rejeitos tem atividade total I em um instante qualquer do período de decaimento, o número de embalagens necessário para acomodar toda a atividade do rejeito satisfazendo as condições anteriores é dado pela expressão:

$$n = \sum I \times \frac{k_i}{LA_i}$$

Os valores de n foram calculados para vários tempos de decaimento e para cada fluxo. Os resultados estão expressos graficamente nas figuras 4.1 a 4.8.

Estes gráficos permitem fazer uma estimativa da época em que devem ser tratados os rejeitos e o número de embalagens que serão produzidas.

Tabela 4.1 - Limites de atividade em embalagem para transporte tipo A1

RADIONUC	LA ₁ (TBq)	RADIONUC	LA ₁ (TBq)	RADIONUC	LA ₁ (TBq)
Rb-86	3.0E-01	Cd-115	4.0E+00	Cs-134	6.0E-01
Sr-89	6.0E-01	Cd-117M	1.0E+10	Cs-136	5.0E-01
Sr-90	2.0E-01	Cd-117	1.0E+10	Cs-137	2.0E+00
Sr-91	3.0E-01	In-115M	6.0E+00	Ba-136M	1.0E+10
Sr-92	8.0E-01	In-117M	1.0E+10	Ba-137M	1.0E+10
Y-90	2.0E-01	In-117	1.0E+10	Ba-139	1.0E+10
Y-91M	2.0E+00	Sn-121	1.0E+10	Ba-140	4.0E-01
Y-91	3.0E-01	Sn-123	6.0E-01	La-140	4.0E-01
Y-92	2.0E-01	Sn-125	2.0E-01	La-141	1.0E+10
Y-93	2.0E-01	Sn-127	1.0E+10	La-142	1.0E+10
Zr-95	1.0E+00	Sb-122	3.0E-01	Ce-141	1.0E+01
Zr-97	3.0E-01	Sb-124	6.0E-01	Ce-143	6.0E-01
Nb-95M	1.0E+10	Sb-125	2.0E+00	Ce-144	2.0E-01
Nb-95	1.0E+00	Sb-126	4.0E-01	Pr-143	4.0E+00
Nb-96	1.0E+10	Sb-127	1.0E+10	Pr-144M	1.0E+10
Nb-97M	1.0E+10	Sb-128	1.0E+10	Pr-144	1.0E+10
Nb-97	6.0E-01	Sb-129	1.0E+10	Pr-145	1.0E+10
Mo-99	6.0E-01	Te-127M	2.0E+01	Nd-147	4.0E+00
Tc-99M	8.0E+00	Te-127	2.0E+01	Nd-149	6.0E-01
Tc-99	4.0E+01	Te-129M	6.0E-01	Pm-147	4.0E+01
Ru-103	2.0E+00	Te-129	6.0E-01	Pm-148M	5.0E-01
Ru-105	6.0E-01	Te-131M	7.0E-01	Pm-148	1.0E+10
Ru-106	2.0E-01	Te-131	1.0E+10	Pm-149	6.0E-01
Rh-103M	4.0E+01	Te-132	4.0E-01	Pm-150	1.0E+10
Rh-105M	1.0E+10	I-130	1.0E+10	Pm-151	3.0E+00
Rh-105	1.0E+01	I-131	3.0E+00	Sm-151	4.0E+01
Rh-106M	1.0E+10	I-132	4.0E-01	Sm-153	4.0E+00
Rh-106	1.0E+10	I-133	6.0E-01	Sm-156	1.0E+10
Pd-109	6.0E-01	I-135	6.0E-01	Eu-154	8.0E-01
Pd-112	1.0E+10	Xe-133M	1.0E+10	Eu-155	2.0E+01
Ag-111	6.0E-01	Xe-133	2.0E+01	Eu-156	6.0E-01
Ag-112	1.0E+10	Xe-135M	1.0E+10	Eu-157	1.0E+10
Ag-113	1.0E+10	Xe-135	4.0E+00	Gd-159	4.0E+00
Cd-115M	3.0E-01				

OBS.: Para fins de cálculo, atribuiu-se o valor limite de 1.0 E+10 Ci, aos radionuclídeos sem limite expresso na norma de transporte

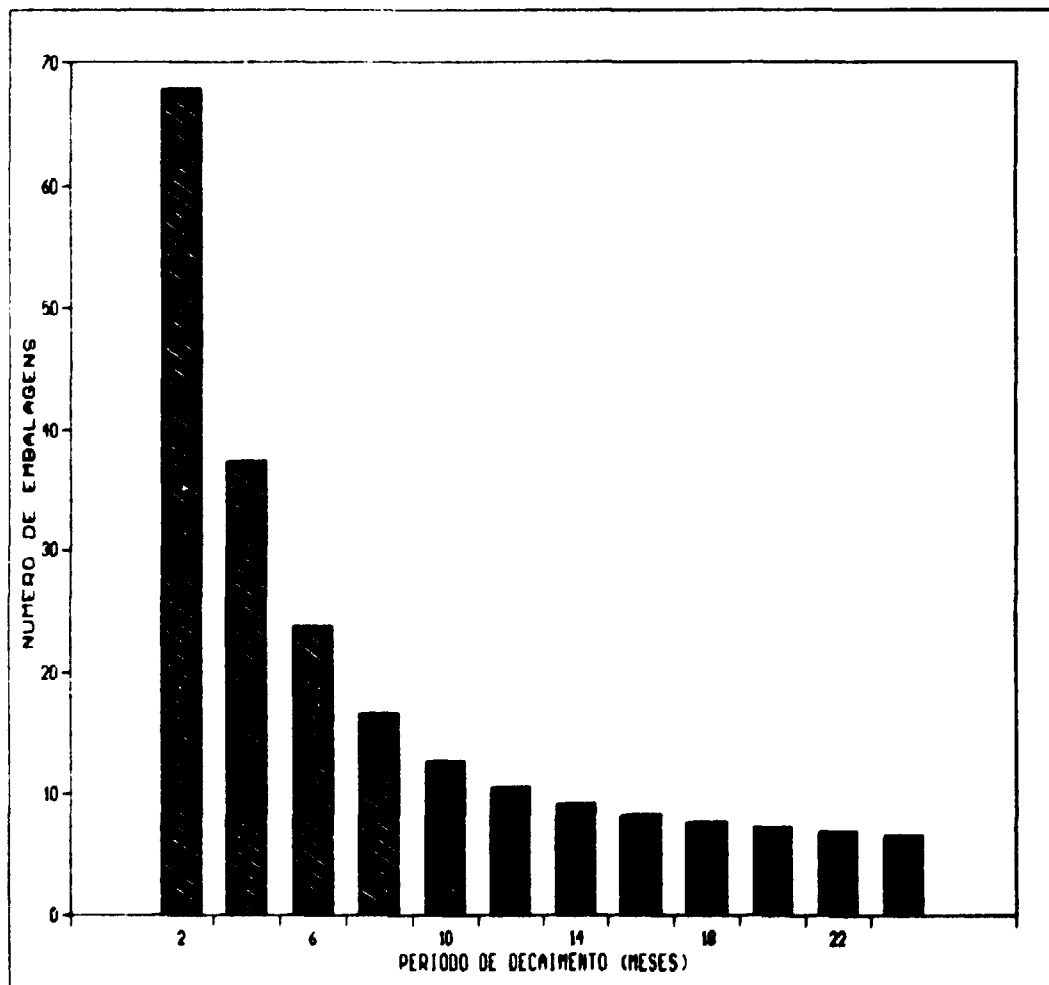


Fig. 4.1 - Número de embalagens para os rejeitos líquidos da coluna AG1x8

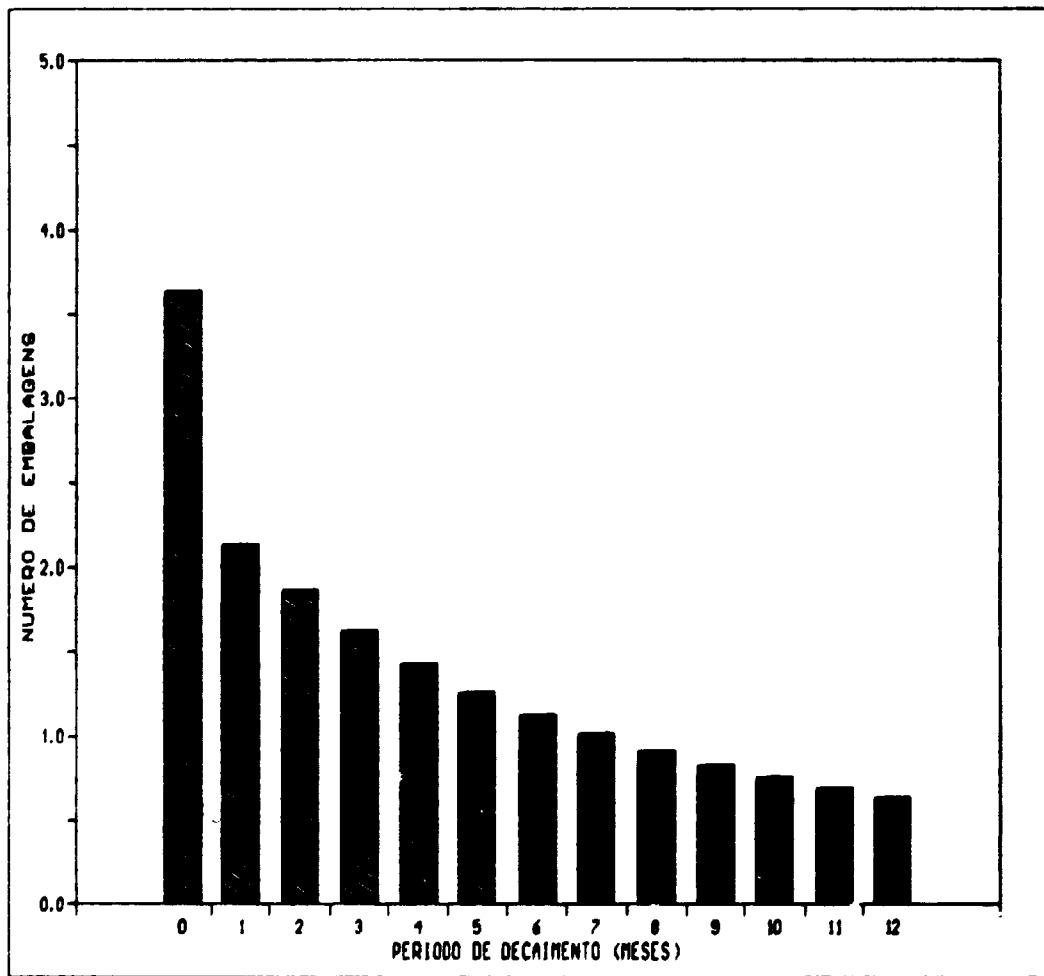


Fig. 4.2 - Número de embalagens para os rejeitos líquidos da coluna Biorex

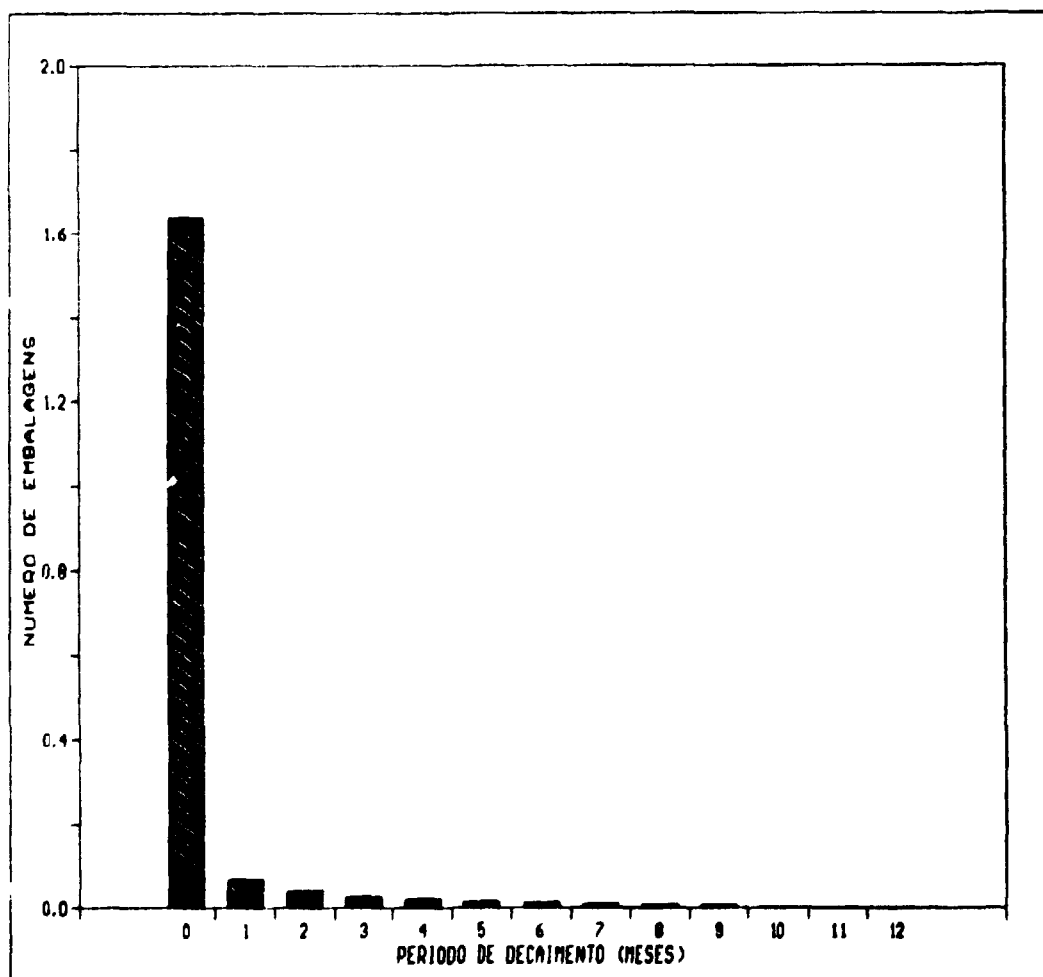


Fig. 4.3 - Número de embalagens para os rejeitos líquidos da coluna Chellex

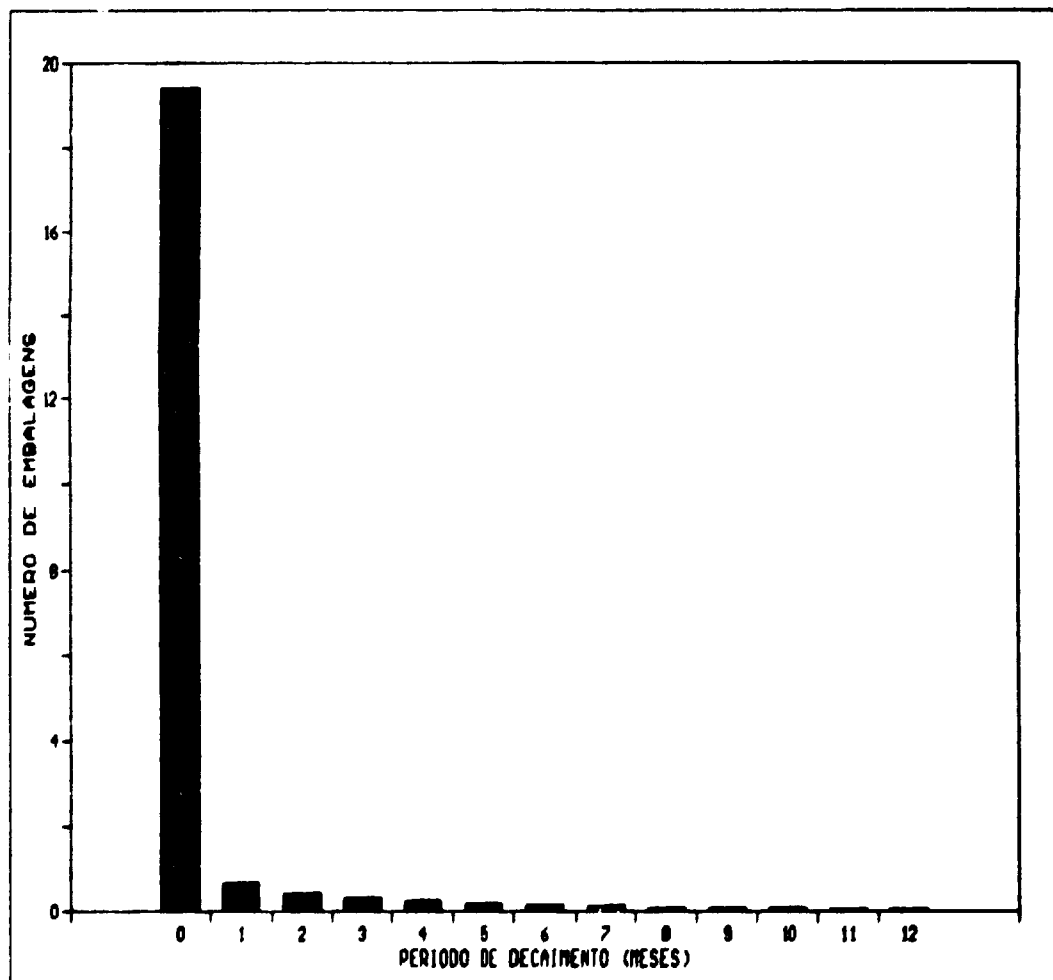


Fig. 4.4 - Número de embalagens para os rejeitos líquidos da coluna manganês

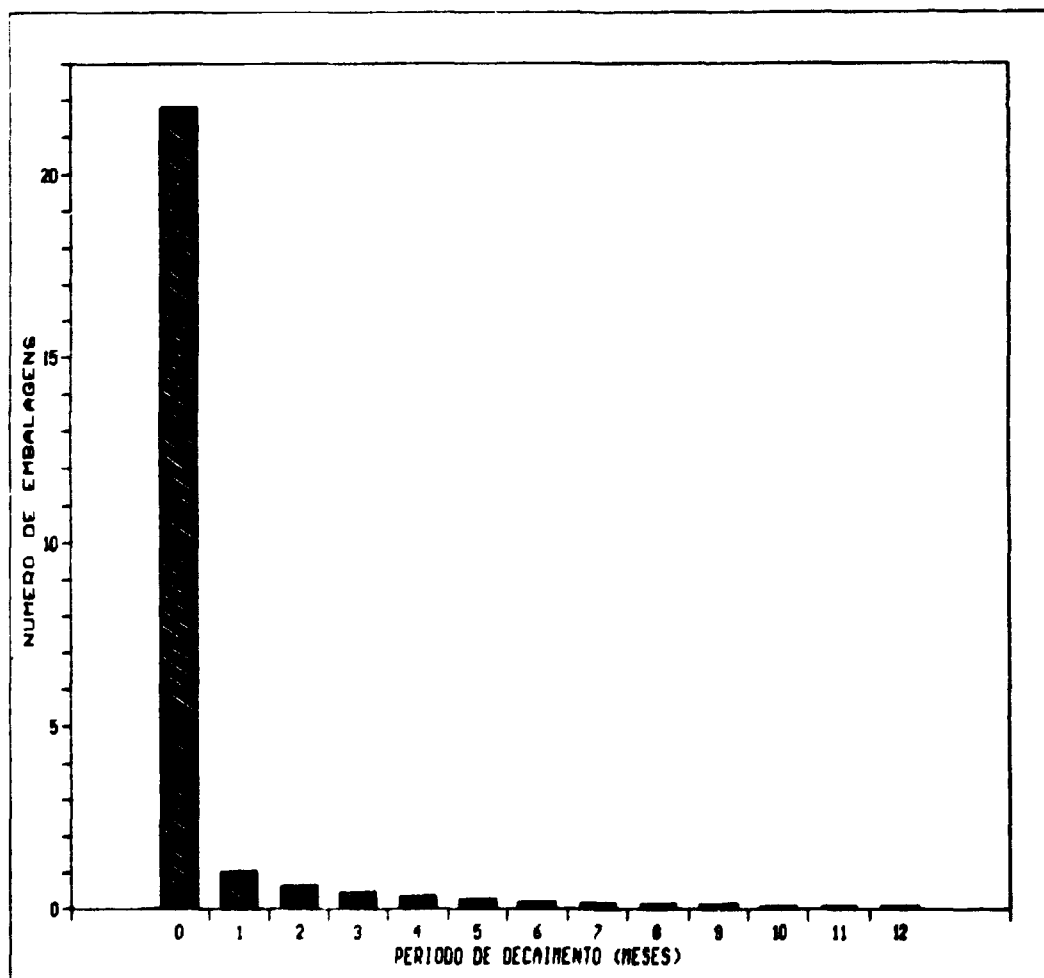


Fig. 4.5 - Número de embalagens para as colunas AG1x8 descartadas

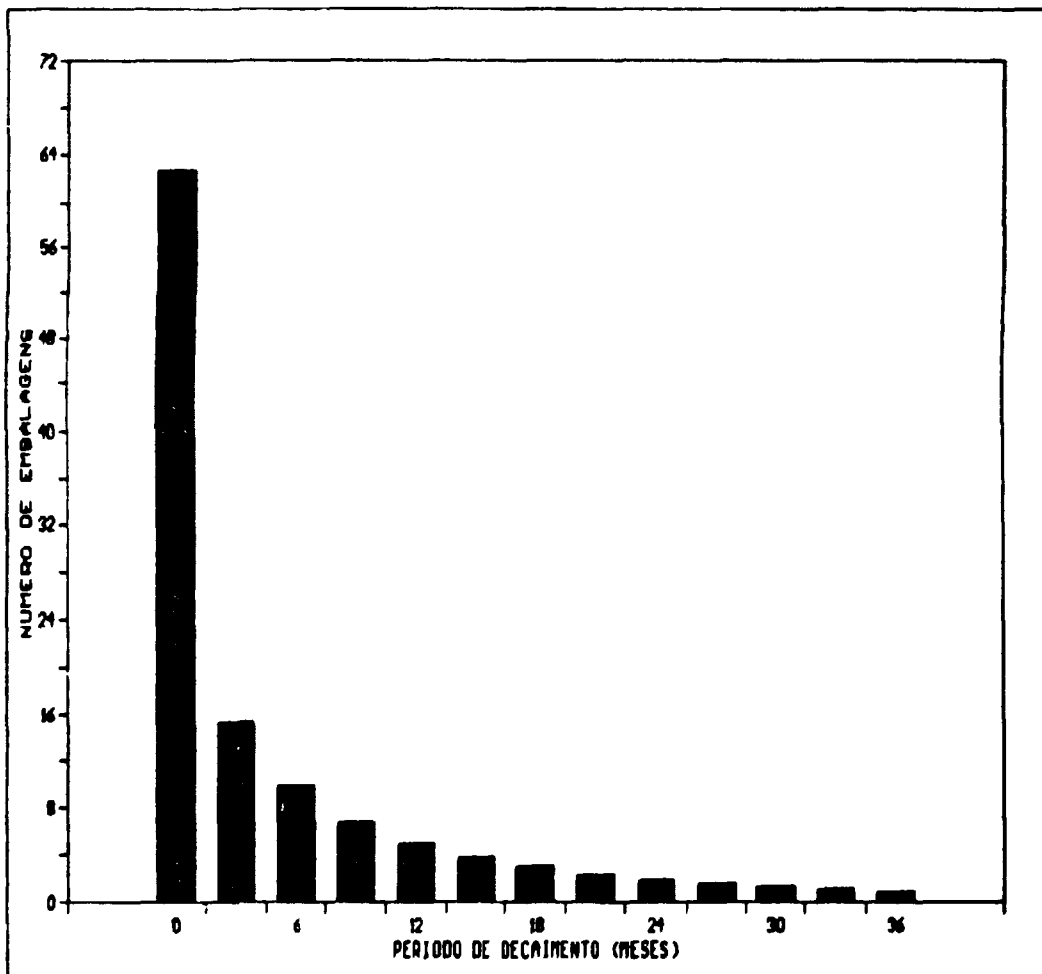


Fig. 4.6 - Número de embalagens para uma coluna Biorex descartada

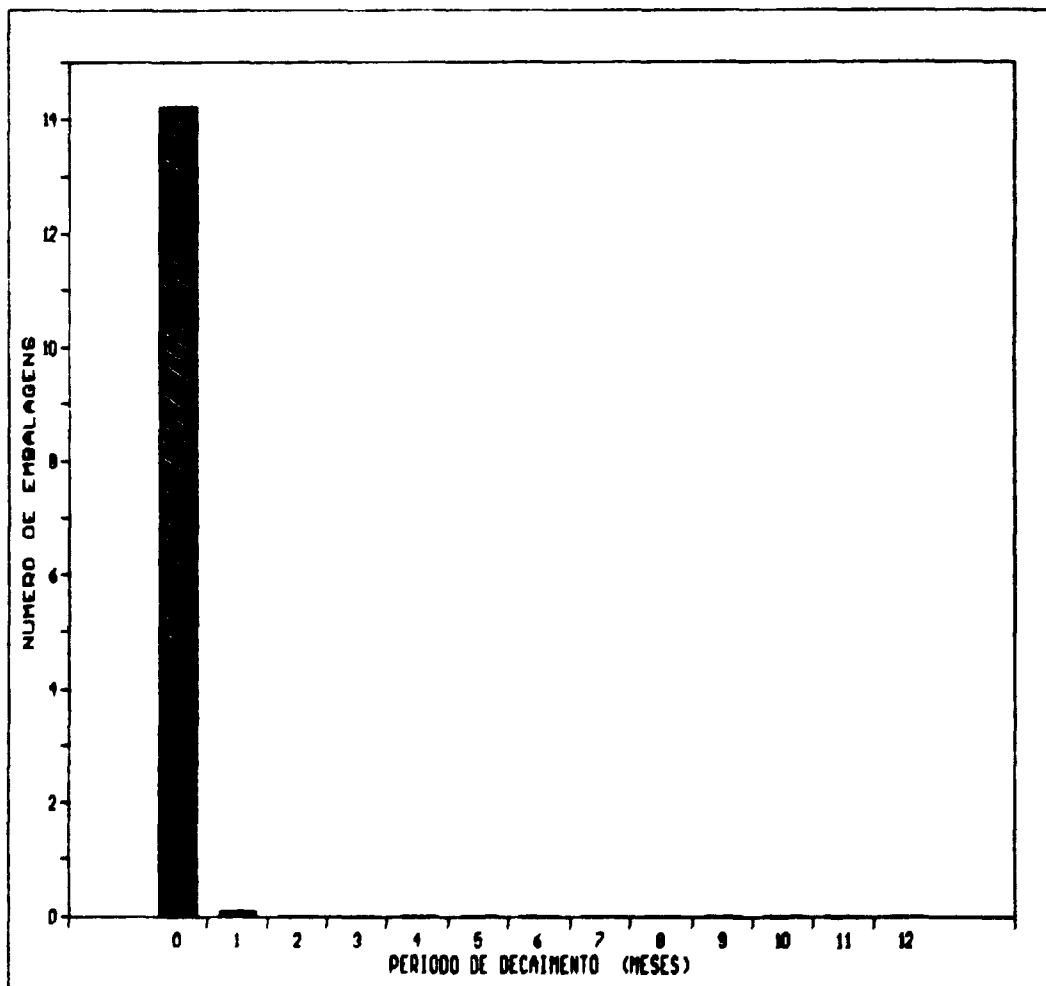


Fig. 4.7 - Número de embalagens para as colunas Leventrol descartadas

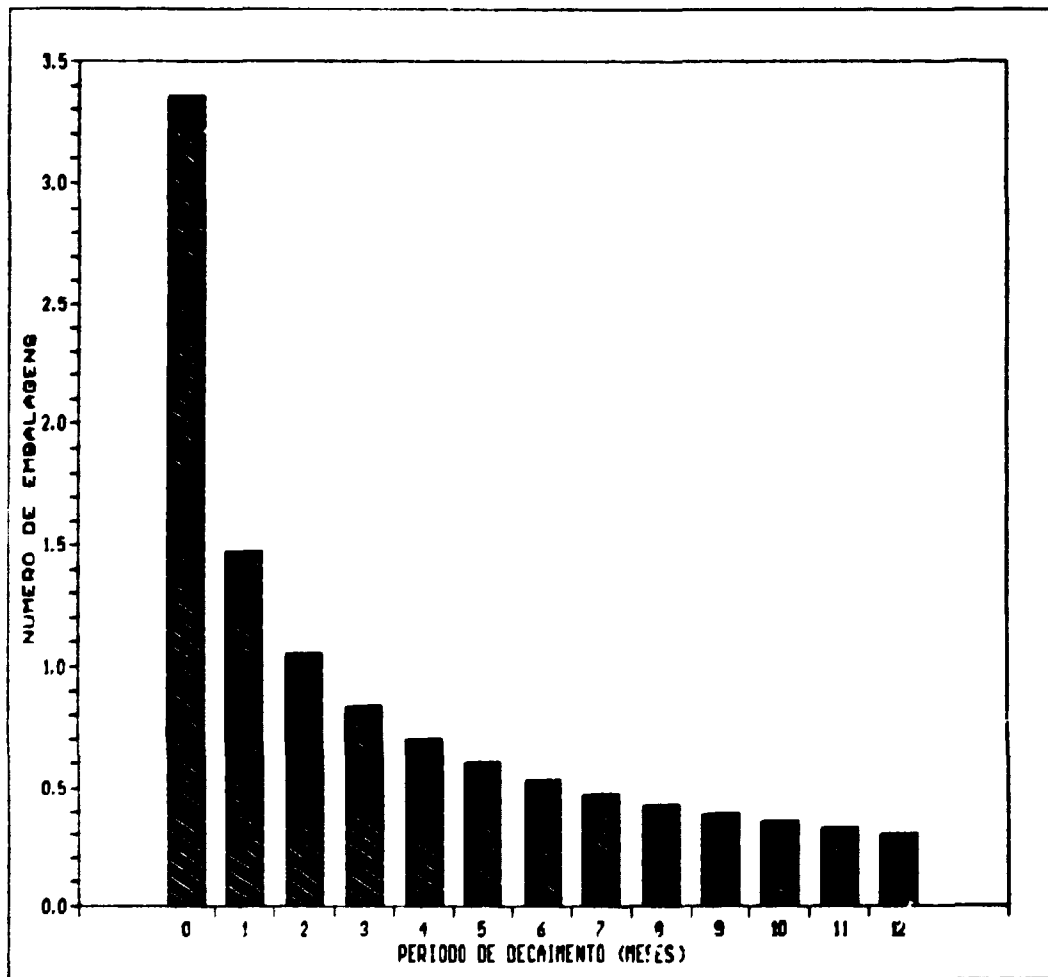


Fig. 4.8 - Número de embalagens para um filtro absoluto substituído.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho permitem fazer estimativas sobre as atividades de cada fluxo de rejeito ao longo do tempo permitindo recomendar estratégias de gerência destes rejeitos.

No caso dos rejeitos líquidos das colunas AG1x8 e Biorex não existe um instante bem definido em que seja mais propício o início do tratamento, usando como critério o número de embalagens, pois pode-se fazer com que o número de embalagens seja tão pequeno quanto se queira, bastando aguardar um tempo de decaimento maior.

No caso dos rejeitos líquidos da coluna AG1x8 recomenda-se o tratamento dos rejeitos após um ano de decaimento gerando 12 embalagens. No caso dos rejeitos da coluna Biorex o tempo de decaimento recomendado é de três meses para produzir duas embalagens.

Os outros rejeitos líquidos decaem rapidamente e apenas uma embalagem é necessária após um mês de decaimento.

No caso dos rejeitos sólidos, as recomendações são:

- acumular as colunas AG1x8 e Levestrel descartadas semanalmente durante um ano de operação e aguardar dois meses e um mês respectivamente para encapsulá-las em uma única embalagem para cada um dos dois tipos de rejeito.

- deixar decair cada coluna Biorex, descartada após cada campanha de recuperação do alvo de urânio (cito campanhas de processamento de molibdênio), durante 36 meses para poder imobilizá-la em uma única embalagem.

- deixar decair cada filtro absoluto por três meses, após um ano de uso para poder encapsulá-lo em uma única embalagem.

Na tabela 5.1 apresenta-se um quadro resumo das conclusões deste trabalho, juntamente com outras informações sobre cada fluxo de rejeito.

Os resultados apresentados neste trabalho visam fornecer subsídios para a elaboração de um projeto para uma unidade de tratamento de rejeitos.

Os rejeitos que são objeto deste estudo ainda não foram gerados e portanto não são conhecidas suas características reais. As hipóteses adotadas são

razoáveis mas os resultados reais podem ser diferentes dos alcançados aqui.

Os valores de partida que estão mais sujeitos a modificações substanciais são aqueles dos rendimentos químicos do processo de separação e purificação do ^{99}Mo . Valores diferentes de F além de influir nos valores da atividade podem gerar modelos diferentes dos apresentados. Entende-se por modelo o rol de radionuclídeos de um determinado fluxo e as equações que simulam a evolução de suas atividades ao tempo.

Os valores de A_0 , atividade de cada radionuclídeo no instante em que é gerado o rejeito, estão também sujeitos a variação. Estes valores foram calculados com o código ORIGEN II cuja aplicabilidade ao cálculo de inventários de alvos irradiados em um reator de pesquisa pode ser questionada.

Por fim, uma outra fonte de erro é o próprio modelo que assume que a partição de todos os radionuclídeos pelos diferentes fluxos de rejeito ocorre em um determinado instante, no caso 30 horas após a saída dos alvos do núcleo do reator, e não ao longo de um período de processamento que deve durar quase um dia.

Análises posteriores mais profundas, inclusive análise de sensibilidade, podem indicar também a validade ou não da adoção de equações simplificadas ou modelos exatos para muitos fluxos de rejeito.

As rotinas que foram utilizadas para criar os modelos e executar os cálculos e que estão esboçadas no Anexo C, estão armazenadas e deverão ser utilizadas para refinar sucessivamente os resultados presentes à medida em que os parâmetros de entrada do modelo sejam conhecidos com maior exatidão e confiabilidade.

Tabela 5.1 - Quadro resumo dos resultados

TIPO DE REJEITO	REJEITOS LÍQUIDOS				REJEITOS SÓLIDOS			
	AG1	BIOX	CHX	Mn	AG1	BIOX	LEV	FILTRO
ATIVIDADE DESCARTADA POR CAMPANHA (TRQ)	42	0,4	0,4	17	11	31	8	0,7
NÚMERO DE CAMPANHAS ATÉ INÍCIO DO DECAIMENTO	50	50	50	50	50	8	50	50
ATIVIDADE TOTAL NO INÍCIO DO DECAIMENTO (TRQ)	140	9	0,7	20	14	64	10	2
VOLUME TOTAL NO INÍCIO DO DECAIMENTO (LITROS)	150	30	250	75	50	1	50	1
INÍCIO DO TRATAMENTO (MESES APÓS INÍCIO DO DECAIMENTO)	10	3	1	1	2	36	1	3
NÚMERO DE EMBALAGENS TIPO A1 RESISTENTES	10	2	1	1	1	1	1	1

REJEITOS LÍQUIDOS		REJEITOS SÓLIDOS	
AG1	Rejeito líquido da coluna Aglix8	AG1	- Coluna Aglix8 descartada
BIOX	Rejeito líquido da coluna Biorex	BIOX	- Coluna Biorex descartada
CHX	Rejeito líquido da coluna Chalex	LEV	- Coluna Levexrel descartada
Mn	Rejeito líquido da coluna Manganese	FILTRO	- Filtro absoluto substituído

AGRADECIMENTOS

Os autores desejam expressar seu agradecimento a LUIZ AMARAL LUNKES pelo auxílio na montagem da planilha e na revisão das equações de decaimento

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ENDO, L.S. & DELLAMANO, J.C. *Caracterização dos rejeitos da produção de ²³⁵Mo de fissão.* (Publicação IPEN). (Em publicação).
- (2) INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. *Radionuclide transformations. Energy and intensities of emissions.* London, Academic, 1983. (ICRP Publication 37).
- (3) COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. *Transporte de materiais radioativos.* Rio de Janeiro, 1988. (Norma Experimental CNEN-NE-5.01).

APÊNDICE A

EQUAÇÕES DE DECAIMENTO

A equação geral para cálculo da atividade de um radionuclídeo qualquer i é:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda_i \times N_i + f_{(i-1) \rightarrow i} \times A_{i-1}$$

com a condição inicial $A_i(t = 0) = A_{0i}$

onde $\frac{dN}{dt}$ é o número de átomos de uma espécie radioativa i que sofre transmutação por unidade de tempo, num instante t ;

λ_i é a constante de decaimento do radionuclídeo i ;

N_i é o número de átomos do radionuclídeo existente no instante t ;

A_{i-1} é a atividade do radionuclídeo precursor de i no instante t ;

$f_{(i-1) \rightarrow i}$ é a probabilidade de ocorrer a transição $(i-1) \rightarrow i$; e,

A_{0i} é a atividade do radionuclídeo i no instante $t = 0$.

Nas figuras A.1 a A.4 são apresentados os modelos correspondentes às relações de encadeamento encontradas no rol de produtos de fissão presentes nos rejeitos da produção de ^{235}Mo .

Foram omitidas relações mais complexas que são, contudo, raras e que contribuem pouco para a exatidão dos cálculos.

Cada radionuclídeo de uma cadeia é considerado um compartimento, designado pelas letras I, J, K, etc. que contem num instante qualquer t , $N(t)$ átomos do radionuclídeo e que, no instante inicial, contém uma certa quantidade de átomos designada N_0 .

Na unidade de tempo, sai do compartimento uma fração constante do conteúdo, igual à $\lambda \times N(t)$ e entra no compartimento uma quantidade que corresponde a atividade do precursor do radionuclídeo i .

Existem casos em que diferentes radionuclídeos decaem para o mesmo radionuclídeo. Muitos radionuclídeos apresentam também mais de um caminho de

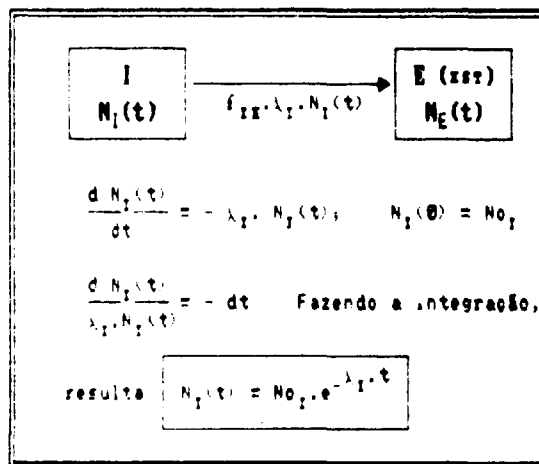


Fig. A.1 - Função de decaimento da atividade de um radionuclídeo

decaimento, transmutando-se ora em um ora em outro núcleo filho.

As probabilidades de decaimento em cada um dos compartimentos-filho são denotadas pela letra *f* que pode ser entendida também como a fração do conteúdo do compartimento-pai que vai para cada compartimento-filho.

Estes casos são os apresentados nas figuras A.1, A.2, A.3 e A.4. Os subscritos I, J e K que particularizam os valores de *f* indicam a que transições eles estão relacionados.

As setas unindo dois compartimentos indicam que existe relação de decaimento entre os dois radionuclídeos representados e as expressões matemáticas sob as setas representam a quantidade de átomos de um compartimento que migra para o outro na unidade de tempo.

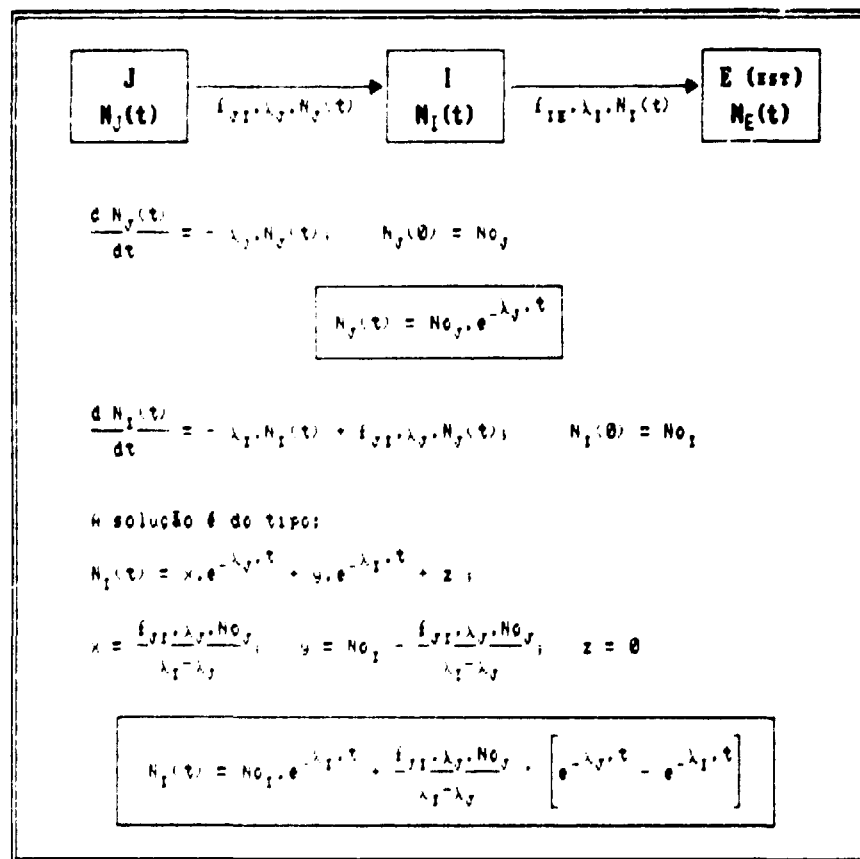


Fig. A.2 - Funções de decaimento da atividade de dois radionuclídeos em cadeia

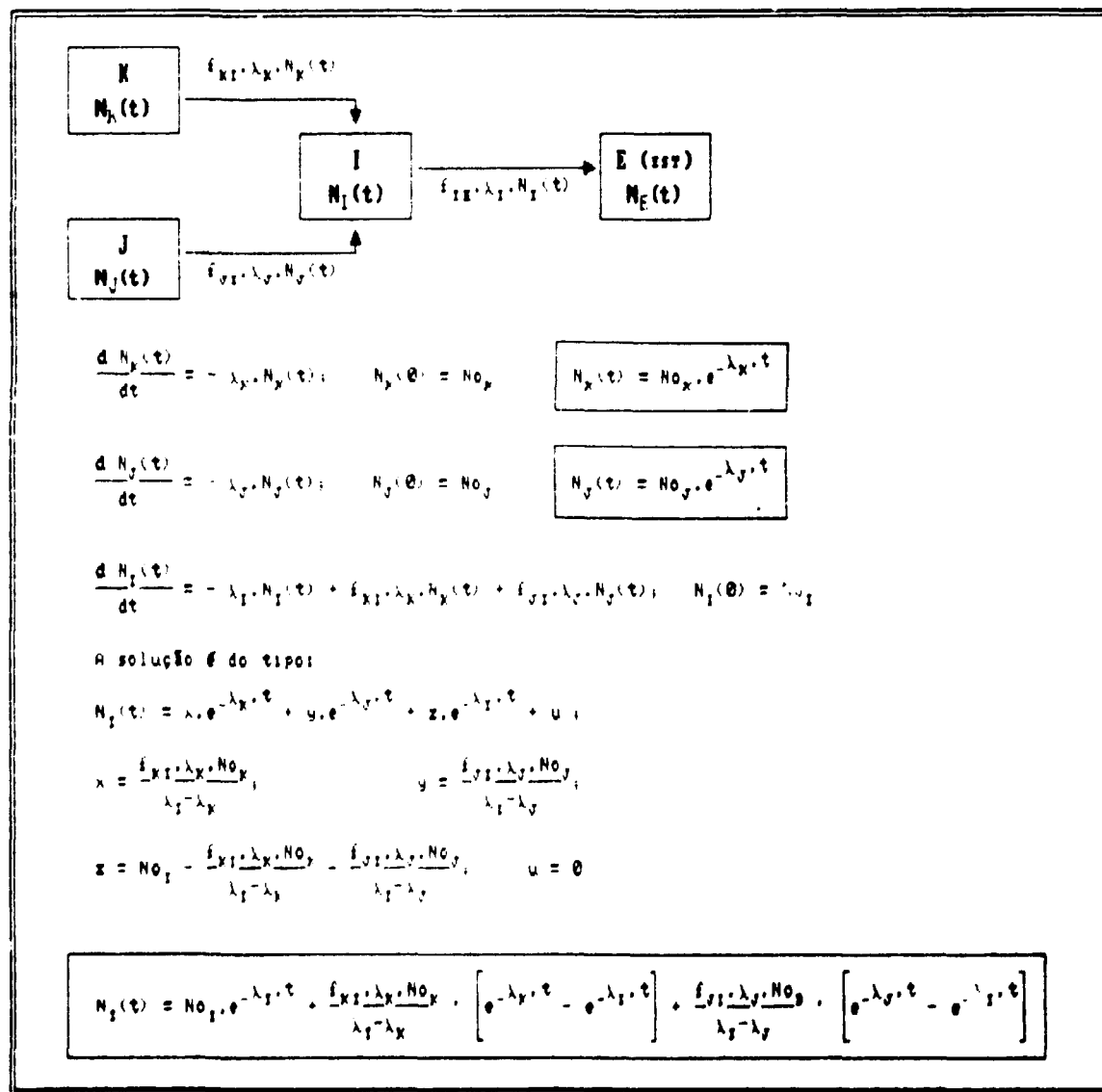


Fig. A.3 - Funções de decaimento da atividade de tres radionuclídeos em cadeia não linear

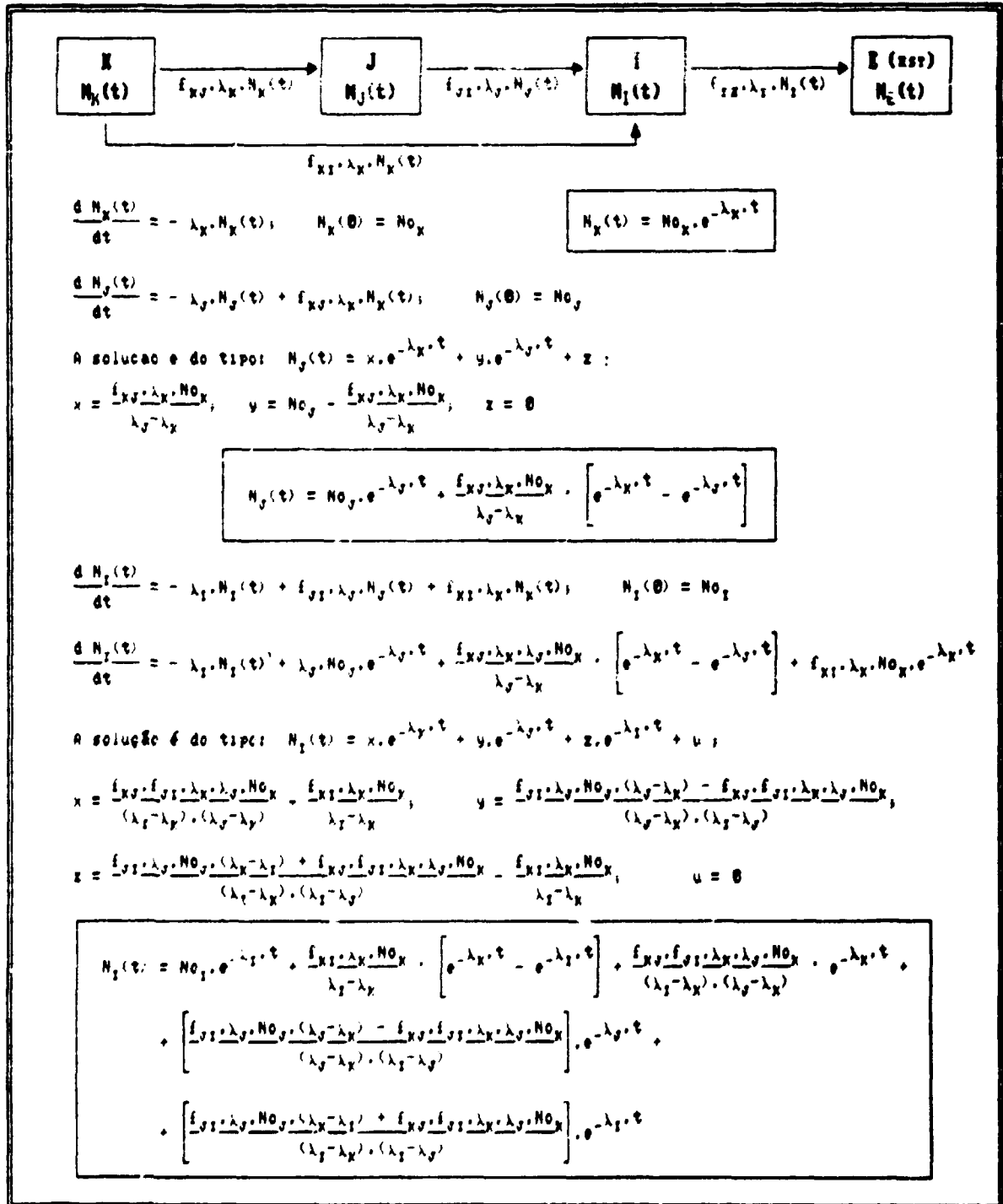


Fig. A.4 - Funções de decaimento da atividade de tres radionucléidos em cadeia linear

APÊNDICE B

DETALHAMENTO DO MODELO

A elaboração do modelo matemático que permite prever a atividade presente em cada um dos tanques para rejeitos líquidos ou armazéns para rejeitos sólidos, tanto no período de acúmulo como no período de decaimento, segue as seguintes etapas: seleção dos radionuclídeos relevantes; seleção das transições relevantes em cadeias de decaimento; seleção das transições para as quais se fez modelo exato.

a) seleção dos radionuclídeos relevantes

O objetivo de se fazer esta seleção é reduzir o número de radionuclídeos para os quais se elabora o modelo de decaimento, com a condição de não diminuir a exatidão dos resultados.

Essa condição poderia ser melhor preenchida após uma análise de sensibilidade no resultado final. Como isto seria muito laborioso e demorado optou-se por estabelecer um valor de corte de atividade inicial, abaixo do qual os radionuclídeos são ignorados.

Tendo em vista porém, que alguns radionuclídeos com atividade muito baixa têm meia-vida longa, o que pode fazer com que se tornem relevantes em alguma idade futura dos rejeitos, estabeleceu-se dois valores de corte para levar em conta esta condição .

Como resultado foram estabelecidos os seguintes critérios para a seleção dos radionuclídeos relevantes:

- se a atividade na idade de 30 h de decaimento é $< 10^{-4}$ Ci o radionuclídeo é ignorado;

- se a atividade na idade de 30 h é $< 10^{-4}$ Ci e tem $T_{1/2} > 5 \times 10^4$ a radionuclídeo é considerado relevante;

- se a atividade na idade de 30 h é $> 10^{-4}$ Ci o radionuclídeo é considerado relevante.

Estes critérios são evidentemente arbitrários mas apresentaram resultados satisfatórios em relação aos objetivos e aos pré-requisitos estabelecidos.

Os valores de atividade foram obtidos por meio do código ORIGIN II

para 30 horas de decaimento dos alvos irradiados nas condições indicadas por ENDO et al. (1).

Os valores de $T_{1/2}$ indicados na tabela 2.2 foram obtidos do ICRP Publication 37. (2)

b) seleção das transições relevantes em cadeias de decaimento.

O objetivo é simplificar as equações matemáticas, desconsiderando a contribuição de um radionuclídeo para a atividade do radionuclídeo filho quando esta contribuição é inferior a 1% da atividade do radionuclídeo filho às 30 horas.

Este critério pode ser expresso pela seguinte relação :

Se $A_p \times \frac{T_{1/2f}}{T_{1/2p}} < 0,01 \times A_f$, a transição é ignorada. Os índices p e f se referem aos radionuclídeos pai e filho.

Esta condição se verifica geralmente quando a meia-vida do radionuclídeo filho é muito maior que a do radionuclídeo pai.

c) Seleção das transições para as quais se fez modelo exato

O objetivo também é simplificar as equações matemáticas. Os critérios de seleção adotados estão ligados à meia-vida dos radionuclídeos e aos tempos para os quais se quer calcular os valores de atividade. O tempo de uma semana, que foi adotado por ser a frequência de processamento, é a base para os cálculos de atividade. Dessa forma, as tabelas com valores de atividade contêm valores para cada semana de acúmulo de rejeitos e múltiplos de uma semana para os períodos de decaimento. Os critérios de seleção podem ser discriminados para três casos distintos:

i) radionuclídeos isolados (que não pertencem a uma cadeia de decaimento) ou precursores de uma cadeia e que tenham $T_{1/2} < 15$ h, têm sua atividade igualada a zero para todas as datas iguais ou posteriores a 1 semana.

ii) radionuclídeos filhos com $T_{1/2} < 15$ h, descendentes de radionuclídeos com $T_{1/2} > 1$ semana, tem sua atividade igualada à atividade do radionuclídeo pai, para todos os tempos iguais ou maiores que 1 semana.

iii) radionuclídeos em posição intermediária, em cadeias com três radionuclídeos ou mais e que cumpre com as condições do item ii) são desconsiderados no cálculo da atividade do radionuclídeo seguinte na cadeia.

Nas tabelas 3.1 a 3.9 estão resumidos, para cada fluxo de rejeito, os

resultados da aplicação destes critérios.

Podem-se observar que alguns radionuclídeos presentes em mais de um fluxo tem sua atividade calculada por funções diferentes em diferentes fluxos. Este fato ocorre por causa da influência na atividade da presença ou ausência de outros radionuclídeos da mesma cadeia de decaimento.

APÊNDICE C

ESTRUTURA DA PLANILHA

C.1 Introdução

As informações contidas neste apêndice não são essenciais para a compreensão do trabalho e seus resultados mas estão apresentadas como forma de registro dessas informações .

C.2 Estrutura do modelo

A planilha eletrônica QUATTRO PRO foi utilizada como ambiente para os cálculos de atividade dos rejeitos da produção de ^{99}Mo e para o trabalho de edição das tabelas e figuras que ilustram o presente trabalho.

A planilha se constitui de uma matriz de células dentro de cada qual podem ser colocados textos, valores numéricos, ou expressões matemáticas contendo funções que operam sobre o conteúdo numérico de outras células ou sobre constantes numéricas.

Definiu-se três regiões ou blocos principais na planilha, dentro de cada qual foram armazenadas as instruções para:

- a) os cálculos da atividade durante o período de acúmulo do rejeito;
- b) os cálculos da atividade durante o período de decaimento do rejeito;
- e,
- c) os cálculos do número de embalagens Tipo A1 necessário para acomodar toda a atividade do rejeito em um determinado instante do período de decaimento.

Cada um destes blocos está exemplificado nas figuras C.1 a C.3 onde está apresentada a estrutura do modelo.

Para a edição das tabelas e gráficos de apresentação final dos resultados foram definidas regiões 'temporárias' e que não são apresentadas aqui.

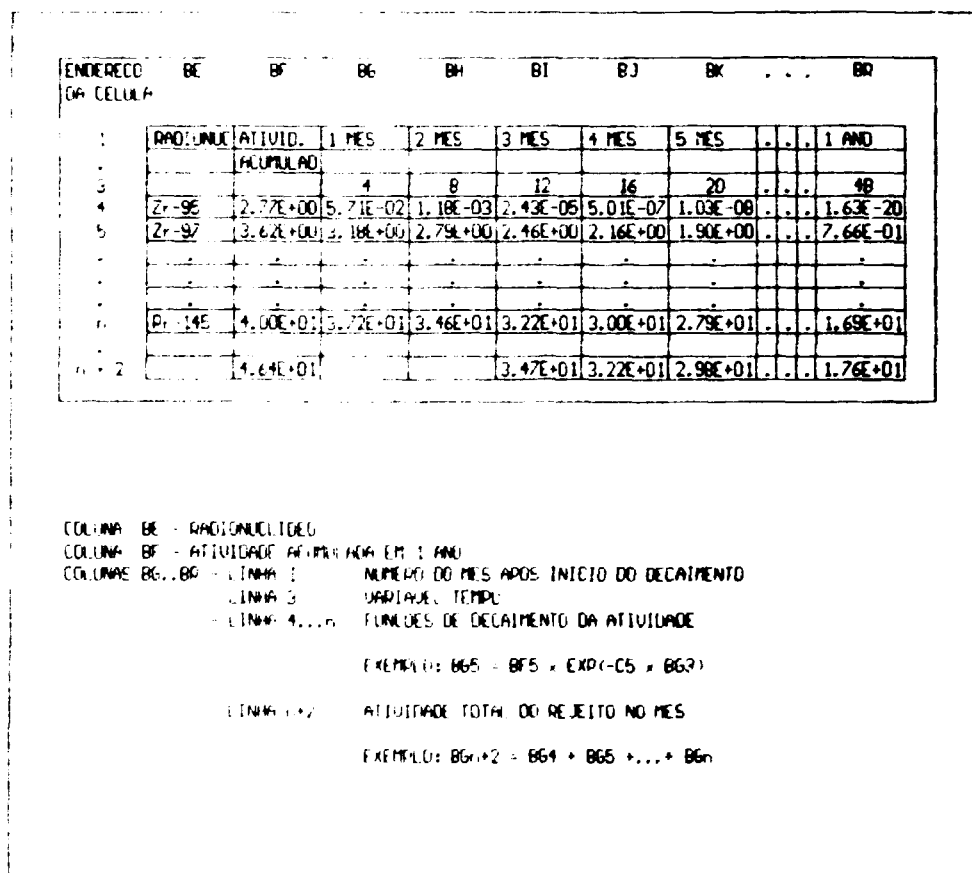


Fig. C.2 - Estrutura da região da planilha destinada ao cálculo da atividade durante o decaimento

ENDERECO DA CELULA	BL	BL	BL	BY	BY	BZ	CA	...	CI
	RADIONUC	LA _i	0 MES	1 MES	2 MES	3 MES	4 MES	...	1 ANO
			4	8	12	16			48
4	Zr-95	6.00E-01	1.00E+01	1.24E-02	2.55E-04	5.26E-06	1.08E-07	...	3.54E-21
5	Zr-97	2.00E-01	1.10E+01	1.76E-01	1.54E-01	1.36E-01	1.19E-01	...	4.23E-02
	Pu-145	5.00E+00	1.50E+02	4.65E+00	4.33E+00	4.03E+00	3.75E+00	...	2.11E+00
n + 2			171	5	4	4	4	...	2

COLUNA BL - RADIONUCLEÍDO
 COLUNA BL - LIMITE DE ATIVIDADE DE CADA RADIONUCLEÍDO EM EMBALAGENS TIPO A1
 COLUNAS BL, CI - LINHA 3 - NÚMERO DO MÊS APÓS INÍCIO DO DECAIMENTO
 LINHA 3 - CONTRA-TEMPO
 LINHA 4, ... - CONTRIBUIÇÃO PONDERADA DE CADA RADIONUCLEÍDO NA ATIVIDADE TOTAL
 EXEMPLO: $6 \times 10^{-1} \times 10^1 \times 1.24 \times 10^{-2}$
 LINHA n + 2 - NÚMERO DE EMBALAGENS TIPO A1 GERADAS NO MÊS
 EXEMPLO: $CA_1 + 2 = CA_4 + CA_8 + \dots + CA_n$

Fig. C.3 - Estrutura da região da planilha destinada ao cálculo do número de embalagens