



BR7701223

**DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE RADIOLÓGICA DA  
ZONA DE INFLUÊNCIA DO IEA**

**E. Palacios e P. L. C. Oliveira**

**PUBLICAÇÃO IEA 454  
CPRD-APMA 9**

**DEZEMBRO/1976**

**DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE RADIOLÓGICA DA  
ZONA DE INFLUÊNCIA DO IEA**

E. Palacios e P. L. C. Oliveira

**CENTRO DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E DOSIMETRIA**  
Área de Proteção do Meio Ambiente

**INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA**  
SÃO PAULO – BRASIL

**APROVADO PARA PUBLICAÇÃO EM JULHO/1976**

## **CONSELHO DELIBERATIVO**

**Dr. Klaus Reinach – Presidente**  
**Dr. Roberto D'Utra Vaz**  
**Eng.º Hécio Modesto de Costa**  
**Eng.º Ivano Humbert Marchesi**  
**Prof. Admar Cervellini**

## **SUPERINTENDENTE**

**Prof. Dr. Rômulo Ribeiro Pieroni**

**INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA**  
**Caixa Postal 11.049 (Pinheiros)**  
**Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira"**  
**SÃO PAULO – BRASIL**

---

**NOTA: Este trabalho foi conferido pelo autor depois de composto e sua redação está conforme o original, sem qualquer correção ou mudança.**

# DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE RADIOLÓGICA DA ZONA DE INFLUÊNCIA DO IEA

E. Palacios e P. L. C. Oliveira

## RESUMO

Com a finalidade de estudar-se o programa de gestão de resíduos radioativos, determinou-se a Capacidade Radiológica da Zona de Influência do IEA de acordo com as recomendações da "International Commission on Radiological Protection" (ICRP).

O valor da capacidade radiológica, tendo em conta a composição isotópica dos resíduos no momento de sua produção foi de 850 Ci/ano. Demonstrou-se que os resíduos radioativos do IEA eliminados no ambiente até o presente, representam apenas uma pequena fração da capacidade do meio receptor.

As "vias críticas" são: a eliminação de ar contaminado com I-131, e a exposição à radiação externa proveniente dos sedimentos na proximidade do ponto de descarga, no rio Pinheiros. Para este último caso, os radionuclídeos críticos são Te-125m, Te-123m, Te-127m, I-131 e Cs-137.

A "Dose Prevista" para o grupo crítico, resultante após um ano de operação, não ultrapassará 20 mrad na tireoide de crianças e 140 mrad no corpo inteiro.

## 1 – INTRODUÇÃO<sup>(1, 8)</sup>

### 1.1 – Generalidades

Durante muitos anos considerava-se suficientemente seguro, limitar a eliminação de material radioativo no ambiente, fixando valores máximos de concentração para os radionuclídeos contidos nos efluentes líquidos e gasosos. Estes limites eram uma fração das concentrações máximas permissíveis recomendadas pelo ICRP, em 1959.

Os limites, assim estabelecidos, não impedem que se liberem no ambiente quantidades importantes de material radioativo, nem que por processos de reconcentração ecológica, se alcancem doses elevadas em alguns indivíduos da população.

A filosofia atual de Proteção Radiológica tende a intensificar o trabalho de policiamento sobre a eliminação de resíduos, em particular no que diz respeito à limitação das descargas no ambiente, como também, o cálculo das implicações radiológicas de tal eliminação.

As estimativas em relação ao meio ambiente, onde se efetua a eliminação, permitem realizar a avaliação técnico-econômica correspondente, para tomar a decisão primária de todo o programa de gestão de resíduos radioativos: armazenar ou liberar para o ambiente.

A grandeza utilizada para tomar esta decisão é conhecida como "capacidade radiológica do ambiente", e é definida como sendo a atividade descarregada por ano, de uma composição isotópica conhecida, da qual resulta uma dose prevista através das vias críticas, igual aos limites de doses fixadas pelas Normas<sup>(5)</sup>.

Portanto, a autoridade pode fixar um valor máximo de descarga levando-se em consideração, não somente os aspectos científicos e técnicos, como também, fatores socio-econômicos e políticos. Este valor é conhecido como "capacidade radiológica estipulada"

O objetivo deste trabalho é calcular a "capacidade radiológica" da zona de influência do IEA e, para isto, deve-se determinar a relação entre a atividade descarregada no ambiente e as doses previstas resultantes no homem

Esta relação é função de uma série de parâmetros que dependem da fração do meio ambiente utilizada para a eliminação, e das vias de transferência até o homem

Os resíduos descarregados podem irradiar o homem por várias vias, já analisadas pelo ICRP<sup>(13)</sup>. A experiência mostra que certos radionuclídeos e certas vias de transferência são muito mais importantes que outras, e como consequência, são utilizadas no cálculo da "capacidade radiológica" do ambiente.

## 1.2 – Modelo de Exposição

O material radioativo eliminado no ambiente, percorre diversos caminhos até chegar ao homem e seu movimento pode ser descrito por modelos ambientais. Tais modelos são geralmente complexos, e recorre-se frequentemente a "modelos de compartimento" similares aos utilizados em engenharia para Análise de Sistemas

Normalmente, o uso de modelos de compartimento implica em simplificações consideráveis no processo real de transferência. Na maioria dos casos práticos, e para fins de Proteção Radiológica, é suficiente calcular as doses previstas resultante de uma dada eliminação no meio ambiente. Nesses casos, não é necessário conhecer as funções de tempo, que representam as taxas de doses e a concentração dos diferentes compartimentos do ambiente, porque os valores resultantes de sua integração fornecem a informação necessária

Quando o movimento de radionuclídeos no ambiente é descrito por um modelo de transferência não realimentado, é suficiente conhecer os "coeficiente de transferência", para prever os valores da integral de tempo mencionada anteriormente

Esses coeficientes podem ser definidos como o quociente entre as integrais de tempo infinito das funções temporais de concentração, em dois compartimentos conhecidos:

$$F_{i,j} = \frac{\int_0^{\infty} C_j(t) \cdot dt}{\int_0^{\infty} C_i(t) \cdot dt}$$

onde:

$F_{i,j}$  = coeficiente de transferência entre os compartimentos i e j

$C_i(t), C_j(t)$  = concentrações nos compartimentos i e j no tempo t

Nos casos de eliminação com uma taxa de evacuação constante, e sempre que as condições ambientais que influem sobre os processos de transferência não sofram uma variação apreciável com o tempo (ou que os parâmetros envolvidos possam ser caracterizados por valores médios), pode-se demonstrar que a relação entre as concentrações em equilíbrio, é igual ao coeficiente de transferência mencionado anteriormente.

$$F_{i,j} = \frac{C_{\infty j}}{C_{\infty i}}$$

### 1.3 – Cálculo de Dose Prevista ("Dose Commitment")

Em consequência da eliminação do material radioativo no ambiente, o público está exposto à irradiação externa e à contaminação interna.

Nos casos de irradiação externa, para que não sejam superados os limites de doses estabelecidas pelas NORMAS deve-se verificar que

$$Re \cdot f \cdot \sum_k E_{i,k} \cdot F_{d,k} \cdot t_k \leq \text{limite de dose}$$

onde:

Re = atividade eliminada em um ano, do elemento "e" que origina uma dose no "grupo crítico" igual aos limites de doses.

f = Coeficiente de dispersão que relaciona a descarga com a integral de concentração no meio básico (ar ou água)

E<sub>i,k</sub> = Coeficiente de transferência entre o elemento "k" no qual o público está exposto, e o meio básico

F<sub>d,k</sub> = Parâmetro dosimétrico, que converte o nível de atividade no elemento "k", em taxa de dose para uma dada geometria

t<sub>k</sub> = Fração anual, durante o qual está exposto o público ao elemento "k".

Tratando-se de contaminação interna, deve-se verificar que:

$$Re \cdot f \cdot \sum_j F_{i,j} \cdot Q_j \leq \text{limite de incorporação/e}$$

onde:

F<sub>i,j</sub> = Coeficiente de transferência que relaciona a concentração no alimento "j" com a concentração no meio básico (também chamado "fator de concentração").

Q<sub>j</sub> = Consumo anual do alimento "j"

A atividade de um dado radionuclídeo, eliminado no ambiente para não exceder os limites recomendados, deve satisfazer a seguinte condição:

$$Re \leq \left[ \frac{f \cdot \sum_k E_{i,k} \cdot F_{d,k} \cdot t_k}{\text{Limite de dose}} + \frac{f \cdot \sum_j F_{i,j} \cdot Q_j}{\text{Limite de incorporação/e}} \right]^{-1}$$

Conhecendo-se o valor de Re para os radionuclídeos significativos que tomem parte na descarga, e a composição da mesma, pode-se calcular o valor da capacidade radiológica do ambiente (CR)

$$CR \leq \left[ \sum_e \frac{a_e}{Re} \right]^{-1}$$

onde:

$a_e$  = fração de radionuclídeos "e" que faz parte da descarga

Na maioria dos casos, o cumprimento desta condição representa uma sobreestimação dosimétrica, pela suposição de que todos os radionuclídeos irradiam o mesmo órgão.

## 2 – DIFUSÃO DO MATERIAL RADIOATIVO

### 2.1 – Localização do I.E.A.<sup>(10)</sup>

O IEA está localizado no "Campus" da Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira" no bairro do Butantã, na cidade de São Paulo (figura 1).

A cidade de São Paulo (SP), situa-se no planalto da Serra do Mar, conhecido como Planalto Paulistano, e sua altitude varia de 710 a 880 metros acima do nível do mar.

A Cidade Universitária dista aproximadamente 10,5 km do ponto central da cidade e tem uma área de 5.000.000 m<sup>2</sup> dos quais 500.000 m<sup>2</sup> estão ocupados pelo IEA.

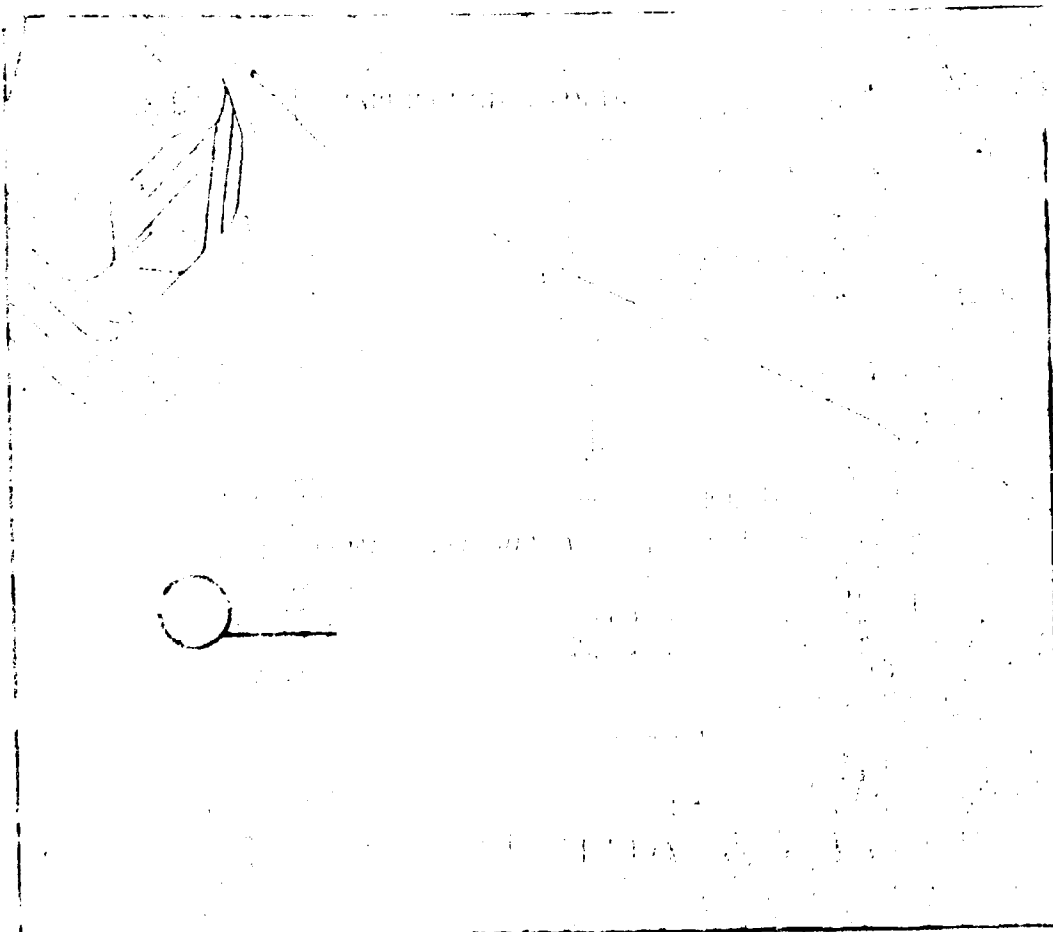


Figura 1 – Localização do Instituto de Energia Atômica de São Paulo.

## 2.2 – Densidade de População

O Instituto de Energia Atômica está localizado numa zona densamente povoada, alcançando 250 000 habitantes num raio de 5 km (tabela 1)

**Tabela I**

População Estimada nas Vizinhanças do IEA (5)

Distância (m)	População (habitantes)
300	2 120
750	4 820
1000	9 150
2000	36 750
3000	86 750
4000	154 950
5000	244 950
6000	414 950
7000	670 950

Os dados populacionais do Município de São Paulo (tabela 2) foram fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e correspondem à estimativa do ano de 1974

**Tabela II**

População do Município de São Paulo  
(estimativa para 1974)

Distritos e Subdistritos	Distância* (km)	População**
MUNICÍPIO DE S. PAULO	—	7089,4
DISTRITO DE S. PAULO	—	6157,5
Aclimação	10,0	54,0
Alto da Moóca	15,8	147,4
Barra Funda	9,0	30,3
Bela Vista	9,0	67,5
Belenzinho	14,0	50,9
Bom Retiro	10,4	26,6
Brás	12,5	55,3
Brasília	12,5	126,4
Butantã	1,4	225,3
Cambuci	11,6	51,4
Cangaíba	22,0	70,4
Casa Verde	11,0	111,1

continua



Cerqueira César	6,8	51,4
Consoação	8,2	73,7
Ibirapuera	10,2	133,0
Indianópolis	8,7	82,7
Ipiranga	12,6	186,7
Jabaquara	12,8	246,6
Jardim América	5,8	55,2
Jardim Paulista	6,6	101,2
Lapa	6,4	135,3
Liberdade	10,4	68,1
Limão	8,8	80,2
Mobca	12,4	34,4
Nossa Senhora do Ó	8,4	177,9
Pará	12,0	30,8
Penha de França	20,0	155,0
Perdizes	6,7	109,3
Pinheiros	3,8	49,4
Pirituba	9,2	107,6
Santa Cecília	8,6	75,9
Santa Efigênia	10,6	42,2
Santana	13,6	239,3
Santo Amaro	9,6	497,6
Saúde	13,0	276,4
Se	10,2	8,9
Socorro (capela)	19,0	226,1
Tatuapé	16,5	296,6
Tucuruvi	16,0	427,8
Vila Formosa	19,8	109,6
Vila Guilherme	14,0	90,2
Vila Jaguaré	6,5	60,8
Vila Madalena	3,7	36,9
Vila Maria	14,8	130,3
Vila Mariana	10,0	88,2
Vila Matilde	22,5	184,5
Vila Nova Cachoeirinha	11,0	34,8
Vila Prudente	16,0	436,3
ERMELINO MATARAZZO	16,4	189,2
GUAIANAZES	32,0	97,3
ITAQUERA	29,0	257,3
JARAGUÁ	6,4	26,2
PARELHEIROS	30,0	14,7
PERUS	16,5	36,1
SÃO MIGUEL PAULISTA	30,0	311,1

\* Distância tomada em relação ao IEA

\*\* População em milhares de habitantes

### 2.3 – Características Meteorológicas

Na figura 2 estão representadas as "rosas dos ventos" correspondentes às estações do 7º Distrito Meteorológico do Ministério de Agricultura da cidade de São Paulo.

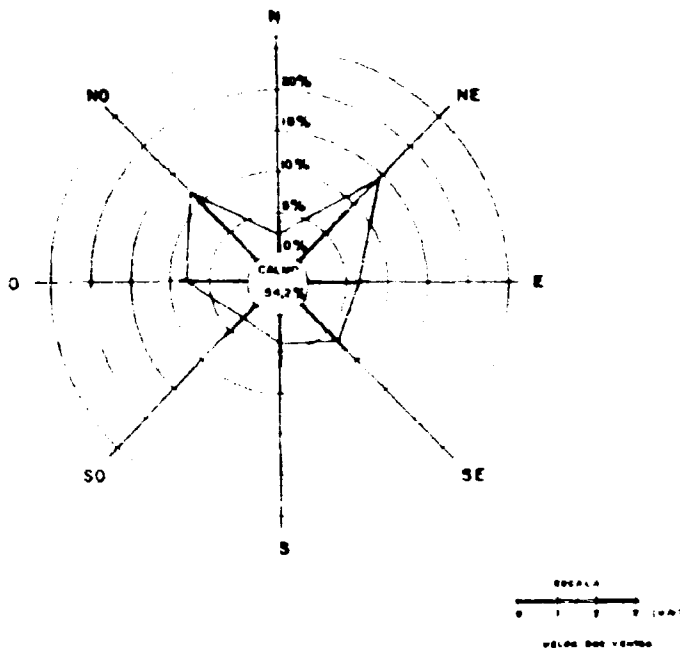


Figura 2A – Rosa dos Ventos da Estação do 7º Distrito de Meteorologia Horto Florestal.  
Latitude  $23^{\circ}27'$  – Longitude  $46^{\circ}39'$  – Período 1974

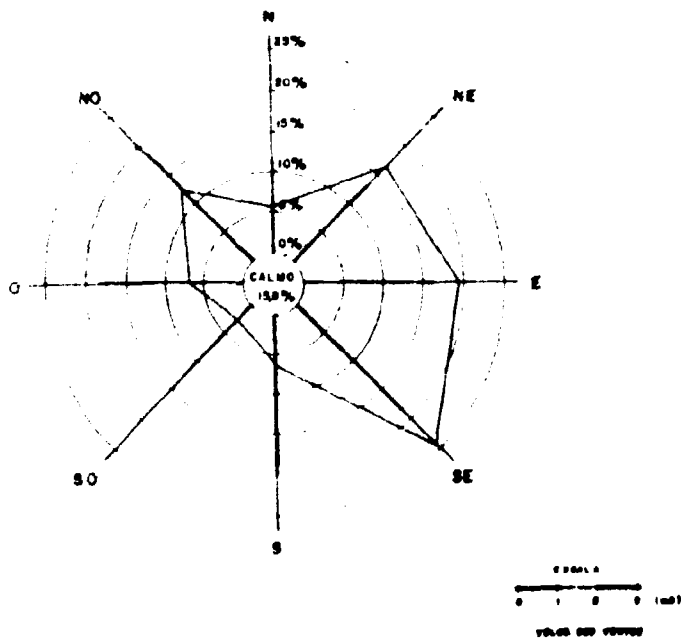


Figura 2B – Rosa dos Ventos da Estação Mirante de Santana.  
Latitude  $23^{\circ}30'$  – Longitude  $46^{\circ}37'$  – Período 1961-1970

Dada a elevada porcentagem de calmarias que caracteriza a região (Figura 2), e em virtude da carência de dados estatísticos provenientes da estação instalada no IEA, supõe-se nesta avaliação, que a dispersão do material radioativo no ar, efetua-se em condições meteorológicas tipicamente desfavoráveis (condição F de "Pasquill")<sup>(14)</sup>, com uma dispersão lateral da pluma de 30 graus, centrada na direção média do vento

**Tabela III**

Dados Meteorológicos — Período de 1961 à 1970  
(Estação Mirante de Santana — 7º Distrito de Meteorologia)

Pressão Atmosférica	926,2 mb
Temperatura do Ar:	
Média das Máximas	24,8°C
Média das Mínimas	15,1°C
Máxima Absoluta	35,2°C
Mínima Absoluta	1,9°C
Umidade Relativa	79%
Nebulosidade (0 — 10)	7,2
Precipitação Anual	1352 mm
Evaporação Total	852,6 mm
Insolação Total	2102,3 horas
Dias de Chuva	134 dias

#### 2.4 — Características Hidrológicas

Os resíduos radioativos líquidos produzidos no IEA são submetidos a um tratamento físico-químico, e posteriormente descarregados no rio Pinheiros, através da estação de tratamento primário da SABESP-Pinheiros (figura 3)

As águas do rio Pinheiros são dirigidas, por circulação forçada, até a represa Billings, através das estações elevatórias da Traição e Pedreira (5 e 26 m de recalque respectivamente). A seguir, as águas passam para o reservatório do rio das Pedras, através do SUMMIT-CONTROL antes de descer a Serra do Mar para Cubatão, onde se aproveita o potencial hidroelétrico da água<sup>(6)</sup>

As vazões médias anuais da rede de esgotos e do rio Pinheiros são de 1 m<sup>3</sup>/s e 70 m<sup>3</sup>/s respectivamente. A represa Billings possui uma capacidade nominal de 1 200 milhões de metros cúbicos e uma área superior a 120 milhões de metros quadrados.

A descarga no SUMMIT-CONTROL é regulada, pela Light em aproximadamente 75 m<sup>3</sup>/s.

O tempo de trânsito das águas do rio Pinheiros entre a ponte da avenida Alvarenga e a estação elevatória de Pedreira (aproximadamente 20 km) é de aproximadamente 15 horas. O tempo de trânsito das águas na represa Billings ultrapassa os 100 dias<sup>(6,7)</sup>

#### 2.5 — Características Hidrogeológicas

As condições das águas subterrâneas na cidade de São Paulo variam desde lençóis freáticos até suspensos nos aluviões, e passam a lençóis semi-confinados e confinados nas camadas arenosas e

de cascalhos de formação terciária. Estas camadas tem espessuras e extensões-variáveis, existindo em geral, uma camada arenosa ininterrupta na base. A permeabilidade das camadas arenosas é da ordem de  $10^{-3}$  cm/s, com vazões medias entre 5 a  $20 \text{ m}^3/\text{h}^{(10)}$

A exploração destas águas subterrâneas, mediante poços, é feita nos sedimentos permeáveis ou nos locais de falhas do embasamento cristalino, que são estruturas aquíferas.

A drenagem natural de todas essas águas, na região do IEA, é feita em direção ao canal do Rio Pinheiros.

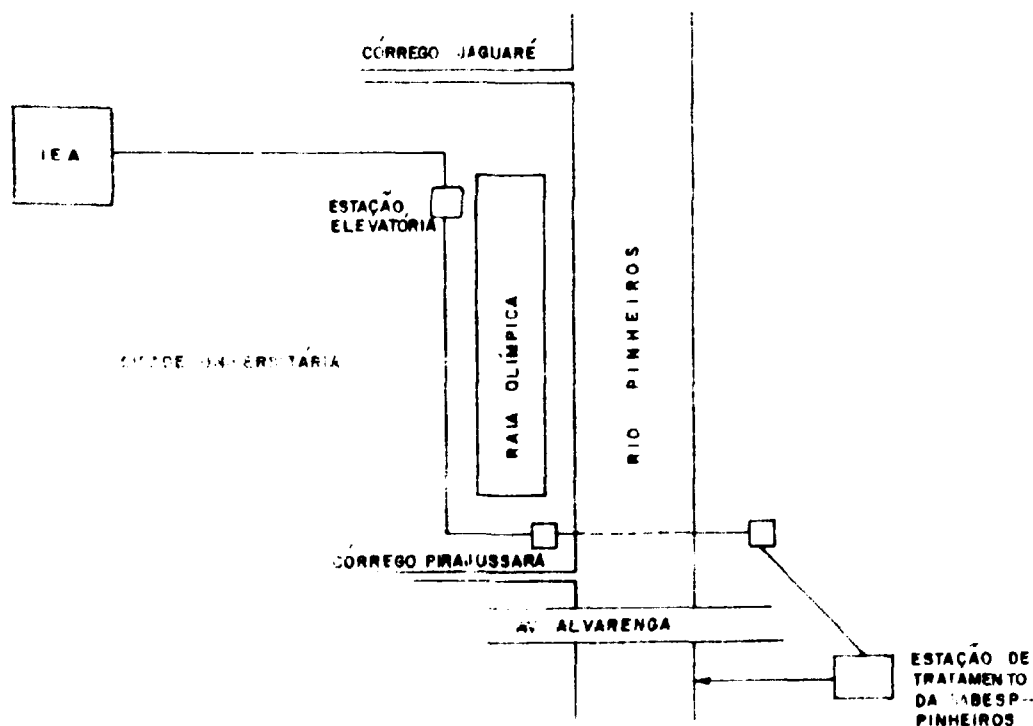


Figura 3 – Percurso dos Efluentes Radioativos do IEA

## 2.6 – Utilização da Água

O Regulamento de Proteção dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo Contra Fontes Poluidoras (Decreto nº 52490 de 14 de julho de 1970) enquadra as águas dos rios Tietê e Pinheiros na classe IV que compreende: "Águas destinadas ao afastamento de despejos"

As cargas poluidoras que atingem estes cursos de água, são depuradas por processos naturais que se iniciam na bacia e se complementam no Reservatório Billings. Os rios Tietê, Pinheiros e parte do Reservatório, funcionam como lagoas anaeróbias<sup>(15)</sup>

Parte das águas da Represa Billings é utilizada pela ETA Rio Grande para o fornecimento de água potável a região do ABC. A localização da estação de captação está representada na figura 4

Atualmente existe uma comissão integrada por organismos federais, estaduais e privados, estudando condições adequadas de saneamento ambiental nas áreas metropolitanas, respeitando-se os requisitos de água potável e industrial da Baixada Santista, bem como as restrições dos sistemas de transmissão de energia elétrica<sup>(15)</sup>

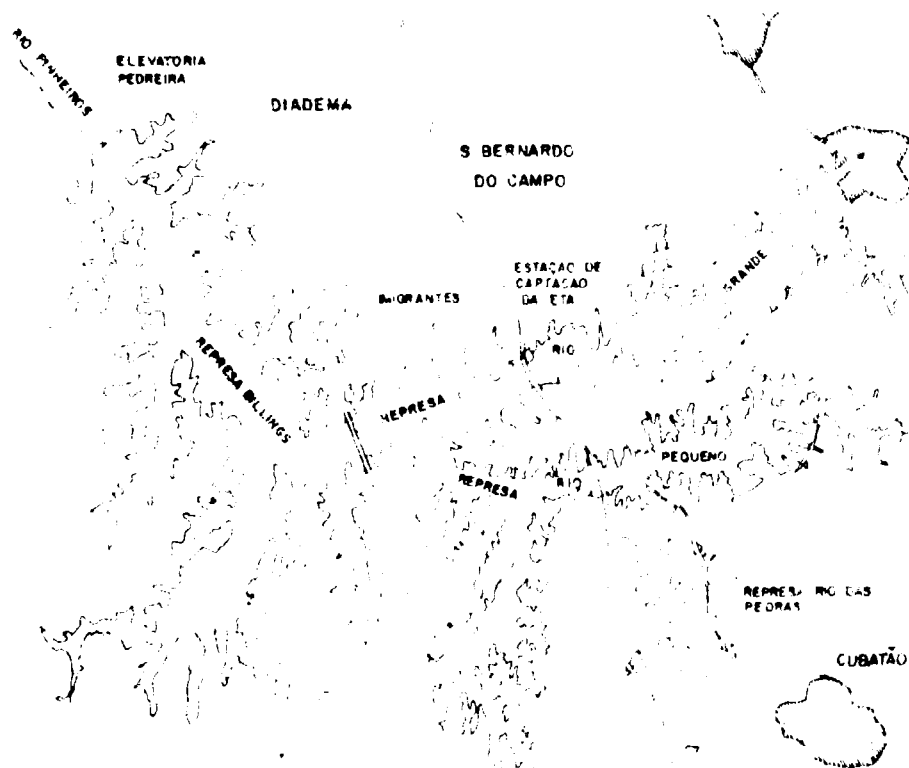


Figura 4 — Represa Billings

## 2.7 — Utilização do Solo

A utilização do solo nos arredores do IEA destina-se exclusivamente para fins urbanos (residências, parque industrial, áreas verdes etc.)

As primeiras chácaras encontram-se a mais de 15 km da Cidade Universitária, contudo considera-se dentro deste perímetro a existência de pequenas hortas para uso familiar, como também a produção de aves e animais para consumo doméstico.

Os centros produtores de leite estão localizados a mais de 60 quilômetros do IEA, como se observa na tabela 4. Não obstante, é possível que a distâncias menores, da ordem de 20 km, exista gado leiteiro para consumo local.

## 3 — PRODUÇÃO DE RESÍDUOS RADIOATIVOS

Os efluentes produzidos no IEA originam-se, fundamentalmente, no centro de Processamento de Material Radioativo e, em menor escala, da operação do reator IEAR-1 e de outros centros componentes do IEA.

### 3.1 — Centro de Processamento de Material Radioativo

Nestes laboratórios originam-se resíduos líquidos e gasosos contaminados por radionuclídeos de vida média relativamente curta, resultantes dos processos de produção de radioisótopos e moléculas marcadas.

**Tabela IV**  
**Procedência e Produção de Leite "B" e "C".**  
**Consumido em São Paulo no Ano de 1975\*.**

Localidade	Distância** (km)	Produção Anual (m <sup>3</sup> )
Santa Isabel Igaratá	65	4 020
Bragança Paulista	70	11 619
Campinas***	80	26 433
Jacareí	80	13 419
São José dos Campos	89	9 758
Paraibuna	104	100
Tatuí	118	2 797
Taubaté	126	1 283
Itapetininga	134	52
Jacutinga	136	4 096
São Bento do Sapucaí	136	8 191
Paraisópolis	137	567
Pindamonhangaba	140	19 594
São Luís do Paratinga	140	4 138
Aguaí	160	8 453
Pouso Alegre	160	38 830
Itajuba	166	99
Santa Rita do Sapucaí	172	24 553
Guaratiningueta	173	23 125
Anafândria	176	53
Lorena e Piquete	182	10 565
Cachoeira Paulista	193	7 998
Cruzeiro	195	11 754
São Carlos	198	10 991
Descalvado	200	1 471
Cristina	201	5 507
Santa Rita do Passaquatro	208	2 743
Avare	224	4 180
Elói Mendes	224	9 010
Cerqueira Cesar	241	289
Bananal	252	4 048
<b>Produção Total</b>	<b>—</b>	<b>269 736</b>

\* Os dados desta Tabela foram fornecidos pelas Companhias Paulista e Vigor, correspondendo a produção de 1975

\*\* As distâncias foram tomadas em relação ao IEA

\*\*\* Este valor corresponde a produção de leite "B" da companhia Leco-Campinas. Ano de 1974

A atividade dos radioisótopos mais significativos nos efluentes, foi estimada à partir de dados atuais e projeções a médio prazo<sup>(18,1)</sup>, levando-se em conta os rendimentos mínimos de produção (Tabela 5).

**Tabela V**  
Produção de Resíduos Radioativos

Radionuclídeo	Atividade Atual (Ci/ano)	Atividade a Médio Prazo (Ci/ano)
<b>Efluentes Líquidos</b>		
I-131	9	15
Te-123m	8	13
Te-125m	165	250
Te-127m	9	14
Au-198	8	12
P-32	0,4	0,8
S-35	0,06	0,1
Cr-51	0,5	0,8
Br-82	0,02	0,1
Sr-90	—	0,2
Cs-137	—	0,2
<b>* Efluentes Gasosos</b>		
I-131	0,03	0,05

(\*) Levou-se em consideração a eficiência de retenção dos absorvedores de carvão ativado.

A atividade total (beta,gama), eliminada com os efluentes líquidos, após o tratamento de separação e decaimento, é na atualidade, inferior a 2 Ci/ano.

### 3.2 – Reator IEAR-1

Durante a operação normal do reator e após um certo tempo, aparecem alguns radionuclídeos na água da piscina, originários de:

- produtos de corrosão: Cr-51, Fe-59, Mn-54
- produtos de ativação: Na-24, Ar-41
- produtos de fissão: Xe<sup>133</sup>, I<sup>131</sup>, Kr<sup>85</sup>
- outros radionuclídeos, provenientes de experiências efetuadas no núcleo.

Se bem que a maior parte destes isótopos são retidos em resinas de troca iônica, quantidades menores podem aparecer como resíduos líquidos e gasosos. A maior produção de resíduos líquidos provenientes da operação do reator tem origem no procedimento de regeneração das resinas de troca iônica. Os valores médios registrados até o presente são de 200 mCi/ano de atividade "gama" total, que para esta avaliação, será considerada como Cr-51.

Os efluentes gasosos são filtrados em instalações de alta eficiência, e as quantidades descarregadas no ambiente são desprezíveis.

### 3.3 – Outros Centros do IEA

Nos demais centros integrantes do IEA, podem aparecer resíduos líquidos e gasosos de composição isotópica variável, porém, do ponto de vista radio-sanitário, pouco importantes. Contudo, deve-se levar em conta, num futuro próximo, os efluentes contaminados com produtos de fissão, como consequência da operação do processamento de amostras irradiadas de óxido de urânio e tório (CEQ). A atividade destes efluentes foi estimada em  $50 \text{ Ci/ano}^{(1)}$  com um volume de  $2 \text{ m}^3$ , sendo que, 99,9% desta atividade sairá do primeiro ciclo de extração, com uma atividade específica superior a  $10^3 \mu\text{Ci/ml}$ .

## 4 – CAPACIDADE RADIOLÓGICA DA ZONA DE INFLUÊNCIA DO IEA

### 4.1 – Grupo Crítico

Para efeitos desta avaliação definiu-se um grupo crítico hipotético, composto por indivíduos que habitam até cerca de 500 m da chaminé do Centro de Processamento de Material Radioativo, na direção predominante dos ventos. Adotando-se uma posição muito conservadora considerou-se que o grupo crítico

- a) consome 2,2 l/dia de água, proveniente do Rio Pinheiros
- b) consome 10 kg/ano de peixes e vegetais respectivamente, ambos contaminados pela água desse mesmo rio
- c) consome 0,7 l/dia de leite, produzido à 15 km do ponto de injeção
- d) encontra-se exposto à radiação externa nas proximidades do ponto de descarga dos efluentes 4 horas por dia

O modelo de exposição utilizado para o "grupo crítico", encontra-se representado nas figuras 5 e 6

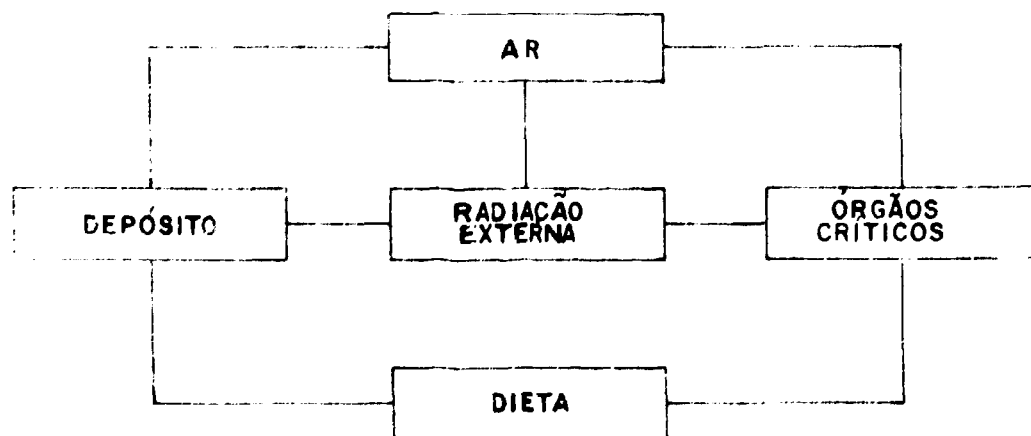


Figura 5 -- Modelo de Exposição para a Evacuação de Efluentes Gasosos



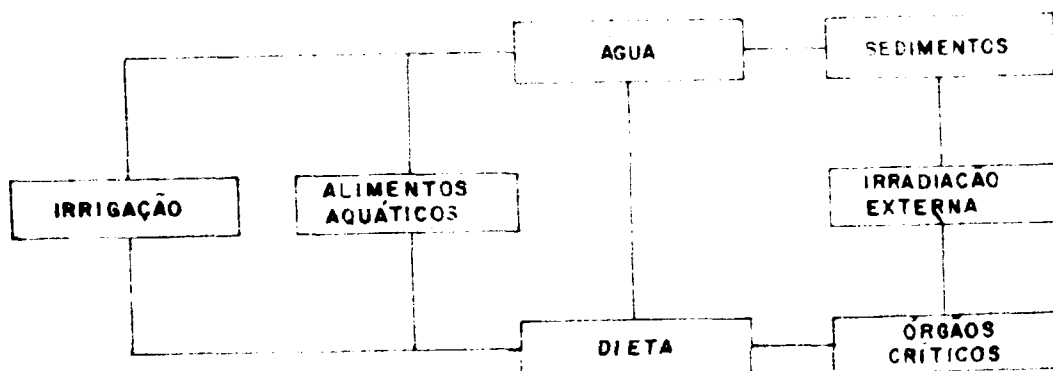


Figura 6 – Modelo de Exposição para a Evacuação de Efluentes Líquidos.

#### 4.2 – Composição Isotópica da Descarga

A composição isotópica da descarga foi estimada levando-se em consideração a produção atual e a médio prazo, de resíduos radioativos discutido no parágrafo 3

Os valores para os radionuclídeos mais significativos do ponto de vista radio-sanitário, sem levar em consideração o decaimento anterior à descarga, estão indicados na Tabela 6.

Tabela VI

Composição Isotópica dos Resíduos Radioativos do IEA, quando produzidos

Radionuclídeo	Atual (%)	Futura (%)
I-131	4,1	4,5
Te-123m	3,6	3,9
Te-125m	75,0	75,0
Te-127m	4,1	4,2
Au-198	3,6	3,6
Sr-90	—	0,06
Cs-137	—	0,06

#### 4.3 – Cálculo da Capacidade Radiológica

Os fatores de transferência utilizados nos cálculos, foram obtidos à partir dos dados da UNSCEAR<sup>(20)</sup> e em alguns casos, da bibliografia<sup>(19,9,4,3)</sup>.

O valor da velocidade de deposição foi tomado como sendo igual a  $3 \cdot 10^{-3}$  m/s, de acordo com os estudos sobre os valores médios anuais em descargas à baixa altura<sup>(2)</sup>

Os fatores dosimétricos para inalação de ar e ingestão de leite, contaminados com I-131, foram de  $1700 \text{ rad m}^3/\text{Ci s}$  e  $11,6 \text{ rad l}/\mu\text{Ci d}$ , respectivamente<sup>(20)</sup>

Os valores de  $R_e$  calculados independentemente para cada um dos radionuclídeos mais significativos estão representados na tabela 7

**Tabela VII**

Capacidade Radiológica na Área de  
Influência do IEA, para os  
Radionuclídeos mais Significativos,  
do Ponto de Vista Radiossanitário

Radionuclídeo	$R_e$ (Ci/ano)
I 131 (gasoso)	15
I 131 (líquido)	170
Te 127m	1450
Te 125m	1200
Te 123m	850
Au 198	350
Cs 137	8,5

O valor da Capacidade Radiológica, tendo em conta a composição isotópica dos resíduos no momento de sua produção, é de 850 Ci/ano. Na prática, dificilmente eliminar-se-ão efluentes líquidos, com menos de 15 dias de decaimento, e neste caso o valor da Capacidade Radiológica aumentará em 20%

Os valores da Capacidade Radiológica, assim calculados, representam uma sobre estimação dosimétrica, por considerar que todos os radionuclídeos irradiam o mesmo órgão

#### 4.4 – Vias e Radionuclídeos Críticos

A "via crítica" para a eliminação gasosa e a inalação do ar contaminado com I-131. Para a descarga de efluentes líquidos, a "via crítica" é a irradiação externa, proveniente dos sedimentos nas proximidades do ponto de descarga no Rio Pinheiros; neste caso, serão radionuclídeos críticos; o Te 125m, I 131, Cs 137, Te 123m e Te-127m

## 5 – CONCLUSÕES

O cálculo da Capacidade Radiológica foi realizado levando-se em consideração aspectos científicos e técnicos, adotando-se hipóteses cautelosas, citadas no parágrafo 4

O valor calculado demonstra que os resíduos radioativos do IEA, eliminados no ambiente até o presente, representam apenas uma pequena fração da Capacidade do meio receptor

Considerando-se os projetos a médio prazo do Instituto, a eliminação da maioria dos radionuclídeos presentes nos efluentes líquidos e gasosos, não implicara em nenhum risco apreciável do ponto de vista radiossanitário

Somente os efluentes provenientes do 1º ciclo de extração do reprocessamento de amostras de

urânio e tório irradiadas, deverão ser armazenadas. Em virtude de sua alta atividade específica, o volume envolvido é pequeno. Neste caso é aconselhável o seu armazenamento em instalações especialmente desenhadas para este fim, não justificando-se nenhum tratamento adicional.

As "vias críticas" são a inalação de ar contaminado por I-131 e a exposição à radiação externa proveniente dos sedimentos na proximidade do ponto de descarga, no Rio Pinheiros. Para este último caso, os radionuclídeos críticos são: Te-125m, Te-123m, Te-127m, I-131 e Cs-137.

A quantidade de resíduos foi estimada levando-se em consideração condições desfavoráveis de operação que na prática serão dificilmente atingidas. Contudo, uma eventual descarga destes efluentes, não superará a 30% da Capacidade Radiológica do ambiente para a zona de influência do IEA.

A dose prevista, resultante após um ano de operação, será de 20 mrad na tireóide de crianças e de 140 mrad no corpo inteiro. Estes valores são da mesma ordem de grandeza que os resultantes na população como consequência do "fall out" radioativo. (20,17).

Adotar posições muito conservadoras, tanto na estimativa de produção de resíduos como na sua transferência até o homem, pode ser suficiente, como neste caso, para tomar a decisão primária de todo o programa de resíduos radioativos (armazenar ou eliminar no ambiente). Deve-se ter em conta, entretanto, que quando as quantidades de material radioativo em jogo são tais significativas, uma análise simples pode justificar sistemas de tratamento muito caros, sem obter vantagens apreciáveis do ponto de vista radiossanitário. Nestes casos, antes de tomar qualquer decisão, devem estudar-se mais minuciosamente cada um dos parâmetros que intervêm nos cálculos, tratando de aproximar-se a situações mais realistas.

Conhecidos os valores máximos de atividade que podem descarregar-se no ambiente, sem riscos para o público de ultrapassar os limites de doses estabelecidos pelas Normas, o próximo passo consiste em fixar os "limites de descarga". Estes limites devem ser estabelecidos levando-se em consideração que: "The dose be kept as low as readily achievable" (12). A determinação destes "limites de descarga" será objeto de estudo em um próximo trabalho.

## ABSTRACT

It was calculated the radiological capacity in the IEA environment, according to the recommendations of the International Commission on Radiological Protection, in order to assess the management wastes disposal programming.

The value of radiological capacity, take into account the isotopic composition, at the production moment, was 850 Ci/year.

It was demonstrated that the IEA radioactive environment disposal, up to now, employed just a small fraction of its capacity.

Iodine I-131 air inhalation, and external radiation, derivated from the sediments around the discharged point of Pinheiros river, were the "critical pathways"; for the second case the "critical radionuclides" were: Te-125m, Te-123m, Te-127m, I-131 e Cs-137.

The "Dose Commitment" of one year operation will be not upper than 20 mrad in the infant's thyroid and 140 mrad in the whole body.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 BAHR, W. *Radioactive waste management: report to the government of Brazil*. Vienna, International Atomic Energy Agency, Dec. 1975. (IAEA-TA-report-1088).
- 2 BENINSON, D. & BENINSON, A. M. *Monitoraje ambiental en la vecindad de la central nuclear de Atucha*. Buenos Aires, Comisión Nacional de Energía Atómica, 1974. (CNEA-PR-1/125).

- 3 ..... & RAMOS, E *Contaminação por  $^{131}\text{I}$  devida ao fall-out* Buenos Aires, Comisión Nacional de Energia Atomica, 1962 (Informe, /5)
- 4 BLANCHARD R L & KAHN, B The fate of radionuclides discharged from a PWR nuclear power station into a river In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna. *Environmental behavior of radionuclides released in the nuclear industry: proceedings of a symposium held in Aix En Provence, 14-18 May, 1973* Vienna, 1973 p 195-204
- 5 COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, Rio de Janeiro *Normas básicas de proteção radiológica* Rio de Janeiro, 1973 (Resolução CNEN-06/73. Publicado D.O. nº 180, Sec. I, Parte II)
- 6 GARCIA AGUDO, E et alii: *Determinação das características hidráulicas da represa Billings utilizando traçadores radioativos s.n.t.* (Trabalho apresentado ao 8º congresso brasileiro de engenharia sanitária – ABES, Rio de Janeiro 14.12 a 12.12.75).
- 7 ..... et alii *Estudo do tempo de trânsito das águas dos rios Tietê e Pinheiros*. São Paulo, Instituto de Energia Atômica, mar 1976 (IEA-404)
- 8 GONZÁLEZ, A J *Estimaciones relativas al medio ambiente*. Buenos Aires, Comisión Nacional de Energia Atomica, s.d (Projecto del capítulo 2 del Manual sobre selección de desechos para países donde no se elaboren combustibles nucleares; preparado a pedido del secretario del grupo de expertos que se reunirá en Viena del 18 al 22 de Junio de 1973)
- 9 HÜBEL, K et alii: Radioecological investigations on the upper reaches of the river Danube In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna. *Comparative studies of food and environmental contamination: proceedings of a symposium on ... held in Otaniemi, Finland, 27-31 August, 1973* Vienna, 1974 p 105-22
- 10 INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA, São Paulo *Relatório de análise de segurança do IEA-R1 modificado* São Paulo, maio 1974 (Relatório interno)
- 11 INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna *Panel report on procedures for establishing limits for the release of radioactive material into the environment, held in Vienna, from 17-21 June 1974* Vienna, 1975
- 12 INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Washington, D. C. *Implications of commission recommendations that doses be kept as low as readily achievable*. Oxford, Pergamon Press, 1973 (ICRP 22)
- 13 ..... *Principles of environmental monitoring related to the handling of radioactive materials* Oxford, Pergamon Press, 1965 (ICPR-7)
- 14 KLEIN, H A *Meteorology and atomic energy* Shippingport, Pa., Duquesne Light Co., Power Station Dept., July 1968 (AECU-3886)
- 15 NUCCI, N L R et alii. *Estudo para melhoria das condições sanitárias do reservatório Billings* s.n.t. (Trabalho apresentado ao 8º congresso brasileiro de engenharia sanitária – ABES, Rio de Janeiro, 14.12 a 19.12.75)
- 16 ..... et alii. *Resultados recentes do desenvolvimento da solução integrada de esgotos da grande São Paulo* s.n.t. (Trabalho apresentado ao 8º congresso brasileiro de engenharia sanitária – ABES, Rio de Janeiro 14.12 a 19.12.75)
- 17 PENNA FRANCA, E et alii. Determinação de  $^{131}\text{I}$  proveniente das explosões nucleares francesas no Pacífico Sul em leite e leite bovinos. *Anais Acad. Bras. Cienc.*, Rio de Janeiro, 41:583-9, 1969

- 18 SAWAKUCHI, R. W. & SORDI, G. M. A. A. *Evaluation of the radioactive wastes production at the Instituto de Energia Atômica*. São Paulo, Instituto de Energia Atômica, junho 1976. (IEA-421).
- 19 THOMPSON, S. E. et alii *Concentration factors of chemical elements in edible aquatic organism*. Livermore, Calif, Lawrence Livermore Lab., Oct. 1972. (UCRL-50564, Rev.1).
- 20 UNITED NATIONS, New York *Ionization radiation: levels and effects* New York, 1972

