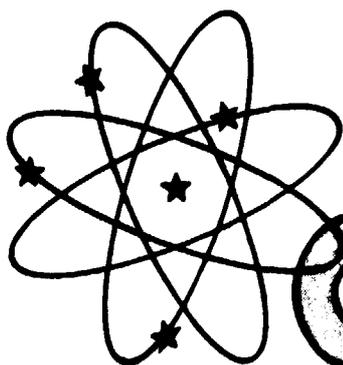


CONSIDERAÇÕES SOBRE O TERMO-FONTE ATUALMENTE UTILIZADO
PARA FINS DE PLANEJAMENTO DE EMERGÊNCIA

CNEN - DR -
NOTA TÉCNICA GAA-01/87.

HENRIQUE AUSTREGESILO FILHO

JANEIRO DE 1987



cnen

comissão nacional de energia nuclear

CONSIDERAÇÕES SOBRE O TERMO-FONTE ATUALMENTE UTILIZADO
PARA FINS DE PLANEJAMENTO DE EMERGÊNCIA

Nota Técnica GAA-01/87

Henrique Austregesilo Filho

I - INTRODUÇÃO

Esta Nota Técnica tem como objetivo fornecer subsídios que possibilitem uma avaliação da aplicabilidade do termo-fonte ora utilizado pelo Grupo de Análise de Acidentes do DR em estudos paramétricos com o objetivo de revisão e aperfeiçoamento do planejamento de emergência externo para a CNAEA-I.

O termo-fonte, i.é., a quantidade e o tipo de material radioativo disponível para liberação para o meio-ambiente em caso de acidente severo em uma usina nuclear /1/, foi definido para o estudo em questão com base nas diretrizes contidas no relatório TID-14844 /2/.

Para tanto, foram consideradas as seguintes hipóteses :

- a. Ocorrido o acidente, há a liberação instantânea para o edifício de contenção do reator de 100% dos gases nobres, 50% dos halogêneos e 1% dos produtos de fissão sólidos contidos no núcleo. Mais além, 50% do iodo existente no edifício de contenção do reator está disponível para liberação para a atmosfera.
- b. A liberação de radioatividade para o meio-ambiente dá-se a uma taxa constante de 0,1% em massa por dia, taxa de vazamento máxima permissível para a contenção de Angra-I à pressão de projeto, de acordo com as especificações técnicas /3/. A quantidade total de material radioativo liberada é obtida integrando-se a taxa de vazamento por um período de 30 dias.
- c. Não se considera a atuação de sistemas mitigadores de liberação de radioatividade, tais como o sistema de spray da contenção ou o sistema de recirculação de ar através de filtros.
- d. A liberação se dá a nível do solo.

É importante ter-se em mente que a definição deste termo-fonte é eminentemente não-mecânica, i.é., não foi especificada uma seqüência de eventos que

descrevam o acidente que resulta na liberação postulada. Entretanto, pode-se caracterizá-lo como um acidente no qual há um derretimento substancial do núcleo, o que implica a ocorrência de falha de sistemas de segurança projetados para evitar o derretimento do núcleo - como, p.ex., o Sistema de Refrigeração de Emergência do Núcleo -, mas o dano ao núcleo não resulta em possíveis mecanismos de falha do edifício da contenção, cuja integridade é mantida. Um acidente de perda de refrigerante (LOCA) poderia, eventualmente, gerar um cenário com estas características.

II - CATEGORIAS DE ACIDENTES SEVEROS

Acidentes severos são definidos como acidentes nos quais o elemento combustível do reator é danificado de tal forma a permitir a liberação de produtos de fissão radioativos para o interior do edifício da contenção e, eventualmente, para o meio-ambiente.

Estes acidentes cobrem um largo espectro de possíveis liberações de radiação em função, entre outros, da seqüência de eventos ocorridos, do grau de disponibilidade dos sistemas de engenharia de segurança, do modo de falha da contenção e da evolução cronológica dos eventos.

Com base no grau de dano ao núcleo e de falha de integridade da contenção, e, por conseguinte, na magnitude do termo-fonte resultante, os acidentes severos podem ser agrupados em cinco categorias /4,5/ :

SST - 1 : Dano severo ao núcleo. Esta categoria envolve perda de todos os sistemas de engenharia de segurança instalados na usina, pressupõe perda de alimentação elétrica, e resulta em ruptura da contenção com grande liberação de radioatividade para a atmosfera. Esta categoria é análoga à FWR-2 descrita no relatório WASH-1400 /6/. Pertencem a esta categoria seqüências de acidentes como :

TMLB'-6 - Transitório com falha de alimentação AC externa, com falha das válvulas de segurança e alívio do lado secundário e falha da alimentação auxiliar de água, com ruptura da contenção por sobrepressão.

S₂HF-6 - Perda de refrigerante primário por pequena ruptura, falha do sistema de refrigeração de emergência na fase de recirculação e do sistema de spray da contenção, com ruptura da contenção por sobrepressão.

V' - Falha da válvula de isolamento do sistema de injeção de baixa pressão, com perda de refrigerante primário - LOCA de interface.

SST - 2 : Dano severo ao núcleo, com falha de isolamento da contenção. Há a atuação de sistemas mitigadores de liberação de produtos de fissão (spray, recirculadores). Esta categoria é similar às PWR-3 a PWR-5 /6/. Pertence a esta categoria, entre outras, a seqüência de eventos :

AD-β - Perda de refrigerante por média ou grande ruptura com falha do sistema de refrigeração de emergência do núcleo e falha da contenção resultante de perda de isolamento das penetrações da contenção.

SST - 3 : Dano severo ao núcleo com penetração, pelo córium, da base de concreto da contenção. Esta categoria é similar às PWR-6 e PWR-7 /6/.

SST - 4 : Dano limitado ao núcleo, com operação anormal dos sistemas de engenharia de segurança da contenção, com taxa de liberação para a atmosfera de até 1% em massa por dia. O acidente em TMI-2 exemplifica esta categoria.

SST - 5 : Ruptura do revestimento de elementos combustíveis, sem falha dos sistemas de engenharia de segurança além das postuladas em acidentes-base de projeto. A taxa de vazamento da contenção é limitada em 0,1% em massa por dia.

A Tabela 1 apresenta os termos-fonte associados a cada uma das categorias de acidente acima descritas, comparando-os com o adotado pelo GAA-DR (CNEN) para estudos de planejamento de emergência (SST : Siting Source Term). As probabilidades associadas a cada categoria foram obtidas de análise probabilística de risco para a usina americana de Indian Point - 2 (PWR, 4 loops, 3412 MW_{th}) /7/.

Como o termo-fonte por nós adotado não é mecanístico, não é definida uma probabilidade associada a ele. De modo conservativo, foram tomados valores nulos para o tempo e energia de liberação e para o tempo de aviso. A duração da liberação, necessária para a determinação do fator de expansão da nuvem radioativa /8/, foi maximizada em 10 horas.

Uma comparação entre os termos-fonte mostra que o adotado pela CNEN, em termos de fração liberada do inventário do núcleo, é superior às categorias SST-3

a SST-5, sendo a liberação de iodo uma ordem de grandeza superior à da categoria SST-2. Com base nas probabilidades associadas a cada categoria, pode-se inferir que o termo-fonte adotado pela CNEN representa uma envoltória não inferior a 95% dos acidentes severos com liberação de radioatividade.

III - ESTUDOS PARAMÉTRICOS SOBRE CONSEQUÊNCIAS DE ACIDENTES SEVEROS EM ANGRA-I.

Como ferramenta de cálculo para a realização destes estudos foi utilizado o código computacional CRAC-2 /8/. A distribuição de população no entorno da CNAAA-I foi definida com base em dados fornecidos pela concessionária (1986) para o sítio e para os alojamentos de Praia Brava e Mambucaba, em dados fornecidos pela CORDEC (1983) para o raio de até 15 Km da usina - incluindo a cidade de Angra dos Reis -, e em dados colhidos do Relatório Final de Análise de Segurança de Angra-I (1979) para o raio de até 100 Km da usina.

Em uma primeira etapa, procedeu-se a uma estimativa das consequências radiológicas provenientes do termo-fonte adotado pela CNEN com base no relatório TID-14844, comparando-as com consequências previstas para as categorias de acidentes SST-1 a SST-5.

Para tanto, foram feitas as seguintes hipóteses de cálculo :

a. condições meteorológicas :

- ventos de estabilidade classe F, velocidade de 0,9 m/s, direção constante
- não foi considerada a ocorrência de chuvas

b. estratégias de evacuação :

- sem evacuação
- evacuação da população em um raio de 5 Km, a uma velocidade de 0,4 m/s (velocidade radial estimada de indivíduo a pé, considerando-se a sinuosidade dos caminhos de acesso na região de Angra), com um tempo de atraso de 1 hora, dirigindo-se a um local de encontro/abrigo fictício além da fronteira de 5 Km.

c. fatores de abrigo

	Passagem da nuvem	Contaminação do solo
população aguardando evac.....	0.75.....	0.33.....
população evacuando	1.00.....	0.50.....
abrigo	0.50.....	0.08.....
sem ação de emergência	0.75.....	0.33.....

Em todos os casos considerados, a taxa de respiração assumida foi de $2.32 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$.

As Tabelas 2 e 3 resumizam os principais resultados obtidos nesta primeira fase de estudos paramétricos.

O termo-fonte por nós adotado resulta em doses, e por conseguinte em consequências radiológicas, da mesma ordem de grandeza que as resultantes de acidentes da categoria SST-2, categoria de acidentes graves, ditos atmosféricos. Mais além, este termo-fonte resulta em doses muito superiores que as resultantes de acidentes sem perda de integridade da contenção.

Dois resultados suplementares merecem ainda serem destacados. A estratégia de evacuação adotada reduz consideravelmente os efeitos radiológicos imediatos - mortes e lesões em um período de até um ano após o acidente-. Além disso, para o termo-fonte adotado, as doses limites de 25 Rem para corpo inteiro e 300 Rem em tireóide só são ultrapassadas a distâncias inferiores a 6 Km da usina.

Em uma segunda etapa procedeu-se a um estudo paramétrico de estimativa de consequências radiológicas com base apenas no termo-fonte gerado a partir das diretrizes do relatório TID-14844.

Foi considerada a variação dos seguintes parâmetros :

a. condições meteorológicas

- ventos :	CLASSE	VELOCIDADE (m/s)
	D	2.5
	E	1.5
	F	0.9

- sem ocorrência de chuvas (deposição seca)
- com ocorrência de chuvas ocasionais (1 mm/hr)

b. medidas protetoras :

- sem evacuação
- com evacuação do sítio e da zona ZPE-5 (até 5 Km) após uma hora de atraso, a uma velocidade de 4 Km/hr, a pé, para um local de encontro / abrigo fictício situado além da fronteira da ZPE-5.
- sem fatores de abrigo (conservativo)
- com fatores de abrigo (realista)

Os principais resultados obtidos estão sumarizados nas Tabelas 4, 5 e 6. Estes resultados permitem inferir que :

- a. a estratégia de evacuação, conforme simulada, reduz consideravelmente os efeitos radiológicos;
- b. para todos os casos analisados, as doses além de 7 Km da usina são inferiores a 300 Rem em tireóide e 50 Rem em corpo inteiro;
- c. em termos de dose na zona de planejamento de emergência, o caso mais desfavorável é a hipótese de ventos de classe estável (F), a 0.9 m/s. Baixas velocidades de vento correspondem a maior dose por deposição e a maior inalação;
- d. fatores de abrigo realistas reduzem consideravelmente as doses de corpo inteiro (2.5 vezes, aproximadamente) principalmente devido à redução de dose por contaminação do solo, bem como reduzem as doses de tireóide (10% apenas, já que a maior contribuição à dose total de tireóide é a dose por inalação);
- e. a ocorrência de chuvas aumenta a dose por contaminação do solo, devido à maior deposição, principalmente nas proximidades da usina, e, com isso, aumenta em geral a dose de corpo inteiro. Por outro lado, as chuvas reduzem as doses por inalação, a partir de certa distância da usina, reduzindo a dose de tireóide. Próximo à usina, a dose de tireóide aumenta ligeiramente com a ocorrência de chuvas, devido ao aumento da dose por contaminação do solo e por ressuspensão;
- f. com a chuva, aumentam os efeitos radiológicos a curto prazo, e reduzem-se os efeitos latentes (cânceres).

IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O termo-fonte adotado pelo GAA-DR, derivado das hipóteses de cálculo contidas no relatório TID-14844, não subestima a liberação de material radioativo de um largo espectro de possíveis acidentes severos em usinas nucleares, consistindo-se inclusive em uma envoltória superior para as categorias de acidentes severos nos quais a integridade da contenção é mantida, e, portanto, pode ser aplicado como base para planejamento de emergência de Angra-I.

Ações protetoras advindas de estudos com base neste termo-fonte podem ser eventualmente também adotadas em caso de acidentes mais graves mas de mais remotas probabilidades de ocorrência, nos quais a integridade da contenção é perdida, reduzindo as conseqüências radiológicas à população e ao meio-ambiente.

Os resultados dos estudos paramétricos aqui apresentados, bem como considerações de ordem prática sobre problemas tais como o da evacuação espontânea, indicam a conveniência de se examinar a possibilidade de implantação de uma "Zona de Ação de Emergência Imediata", em um entorno de 5 a 6 Km da usina de Angra-I, para a qual um planejamento de emergência extenso e detalhado, e exercícios periódicos seriam necessários.

No caso remoto de ocorrência de uma emergência geral, esta área seria evacuada no menor prazo possível, como medida conservativa de proteção ao público.

As demais zonas de planejamento de emergência, ZPE-10 e ZPE-15, seriam mantidas, bem como os respectivos planos de emergência, reconhecendo-se o menor risco associado a estas zonas, bem como tendo-se em mente o princípio básico de evitar a exposição à radiação por ação preventiva.

V - REFERENCIAS

- /1/ "Report of The Special Committee on Source Terms" - American Nuclear Society - Sept. 1984.
- /2/ DI NUNNO , J.J. - "Calculation of Distance Factors for Power and Test Reactor Sites" - U.S. Atomic Energy Commission - TID-14844 , March 1962.
- /3/ "Final Safety Analysis Report - Central Nuclear Almirante Alvaro Alberto - Unidade I" - vol. 16 : Technical Specifications - Furnas Centrais Elétricas S.A. Rev. 5 , Março 1980.
- /4/ "Regulatory Impact of Nuclear Reactor Accident Source Term Assumptions" - U.S. Nuclear Regulatory Commission - NUREG-0771 , June 1981.
- /5/ SOFFER, L. - "Severe Accident Source Terms - Development & Status" - Lectures 32.6.11, 32.6.12 - IAEA Training Course in Probabilistic Safety Analysis Methods in Nuclear Power Plant Operation , Argonne National Laboratory , March 1986.
- /6/ Reactor Safety Study - "An Assessment of Accident Risks in U.S. Commercial Nuclear Power Plants" - U.S. Nuclear Regulatory Commission - WASH-1400 , NUREG-75/014 , Oct. 1975.
- /7/ ALDRICH, D.C. - "Consequence Modeling" - Lectures 26.5.13 and 26.5.14 - IAEA Training Course in PRA Methods in Safety Analysis for NPPs - Argonne National Laboratory , Sept. 1983.
- /8/ RITCHIE, L.T. et alli - "CRAC2 Model Description" - U.S. Nuclear Regulatory Commission - NUREG/CR-2552 , SAND82-0342, March 1984.

CATEGORIA	PROBABIL. (reator-ano)	TEMPO ATÉ LIBERAÇÃO (hr)	DURAÇÃO DE LIBERAÇÃO (hr)	TEMPO DE AVISO (hr)	ALTURA DE LIBERAÇÃO (m)	ENERGIA DE LIBERAÇÃO (J/s)	FRAÇÃO LIBERADA DO INVENTÁRIO DO NÚCLEO (-)						
							Xe-Kr	I	Cs-Rb	Te-Sb	Ba-Sr	Ru	La
SST - 1	1×10^{-4}	1.5	2.	0.5	10.	0.	1.0	0.45	0.67	0.64	0.07	0.05	0.009
SST - 2	2×10^{-4}	3.0	2.	1.0	10.	0.	0.9	3×10^{-3}	9×10^{-3}	0.03	1×10^{-3}	2×10^{-3}	3×10^{-4}
SST - 3	5×10^{-4}	1.0	4.	0.5	10.	0.	6×10^{-3}	2×10^{-4}	1×10^{-5}	2×10^{-5}	1×10^{-6}	2×10^{-6}	1×10^{-4}
SST - 4	1×10^{-3}	0.5	1.	---	10.	0.	3×10^{-6}	1×10^{-7}	6×10^{-7}	1×10^{-9}	1×10^{-11}	0.	0.
SST - 5	5×10^{-3}	0.5	1.	---	10.	0.	3×10^{-7}	1×10^{-8}	6×10^{-8}	1×10^{-10}	1×10^{-12}	0.	0.
CNEN (TID-14844)	-----	0.0	10.	0.	10.	0.	0.12	0.03	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012

Tabela 1 : Termos-fonte para análise de conseqüências

DISTÂNCIA RADIAL DA USINA

CATEGORIA	EVAC.	1 Km		2 Km		3 Km		5 Km		10 Km		15 Km		50 Km	
		CI	T	CI	T	CI	T	CI	T	CI	T	CI	T	CI	T
SST - 1	não	39070	409700	11040	111400	4993	49200	1688	16020	307.3	2707	124.5	1156	1.4	1.8
	sim	3793	195500	1274	52590	421.9	15270								
SST - 2	não	1391	7561	454.5	2140	232.9	980.5	97.7	343.4	26.9	69.2	15.0	33.4	0.90	0.94
	sim	238.6	1588	96.2	457.8	32.9	131.6								
SST - 3	não	8.6	115.6	2.9	31.7	1.5	14.1	0.64	4.7	0.18	0.84	0.10	0.38	0.0055	0.0058
	sim	1.8	29.8	0.8	8.0	0.3	2.4	0.0	0.0						
SST - 4	não	0.0095	0.096	0.0031	0.027	0.0016	0.012	0.0006	0.0039	0.0002	0.0007	0.0001	0.0003	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$
	sim	0.0053	0.104	0.0023	0.028	0.0014	0.012	0.0002	0.0009						
SST - 5	não	0.0009	0.0097	0.0003	0.0027	0.0002	0.0012	$< 10^{-4}$	0.0004	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$
	sim	0.0005	0.0104	0.0002	0.0028	0.0001	0.0012	$< 10^{-4}$	0.0001						
LNEN (TID-14844)	não	910.8	13940	257.2	3764	116.3	1651	39.6	531.6	7.7	88.1	3.5	37.7	0.11	0.12
	sim	56.4	2074	20.0	549.7	9.3	210.8	0.64	11.6						

Tabela 2 : Doses (em Rem) em tireóide e em corpo inteiro - Ventos Classe F, 0.9 m/s , sem chuva

CATEGORIA	EVAC.	EFEITOS IMEDIATOS		EFEITOS LATENTES				INTERDIÇÃO (Km)		
		MORTES	LESÕES	LEUCEMIA	PULMÃO	CORPO INTEIRO	NODULOS TIREOIDE	HABIT.	COLHEITA	LEITE
SST - 1	não	1470.	1100.							
	sim	1220.	1150.	19.	145.	98.	731.	15.	40.	70.
SST - 2	não	392.	154.							
	sim	0.	248.	6.	38.	31.	326.	5.	30.	30.
SST - 3	não	0.	0.							
	sim	0.	0.	1×10^{-1}	1×10^{-1}	5×10^{-1}	9.	0.	2.	15.
SST - 4	não	0.	0.							
	sim	0.	0.	4×10^{-3}	3×10^{-3}	2×10^{-2}	5×10^{-2}	0.	0.	2.
SST - 5	não	0.	0.							
	sim	0.	0.	4×10^{-4}	3×10^{-4}	2×10^{-3}	5×10^{-3}	0.	0.	0.
CNEN (TID-14844)	não	582.	75.							
	sim	0.	3.	2.	41.	13.	472.	2.	15.	40.

Tabela 3 : Efeitos radiológicos (valores médios) - Ventos Classe F, 0.9 m/s , sem chuva

CASOS ANALISADOS				VENTOS CLASSE D 2.5 m/s											
				DISTANCIA RADIAL DA USINA											
FAT. DE ABRIGO	CHUVA	EVAC.	DOSES	1 Km		2 Km		3 Km		5 Km		10 Km		15 Km	
				CI	T	CI	T	CI	T	CI	T	CI	T	CI	T
não	não	não	deposição	439.	425.	107.	104.	50.7	49.	20.3	19.7	5.8	5.6	3.5	3.4
			inalação	9.	2322.	2.	570.	1.	272.	0.4	110.8	0.12	33.3	0.08	21.0
			TOTAL	484.	2780.	123.1	686.1	59.5	328.1	24.4	133.9	7.2	40.1	4.4	25.2
		sim	deposição	3.7	3.5	1.2	1.2	0.6	0.6	0.17	0.16				
			inalação	1.0	278.	0.2	70.	0.1	31.9	0.03	9.0				
			TOTAL	9.5	286.	3.3	73.1	1.7	33.4	0.5	9.4				
sim	não	não	deposição	145.	140.	35.4	34.3	16.7	16.2	6.7	6.5	1.9	1.9	1.1	1.1
			inalação	9.	2322.	2.0	570.	1.0	272.	0.4	110.8	0.12	33.3	0.08	21.0
			TOTAL	181.	2487.	47.8	613.3	23.6	293.4	9.9	119.9	3.0	36.1	1.8	22.7
		sim	deposição	1.9	1.8	0.6	0.6	0.3	0.3	0.08	0.08				
			inalação	1.0	278.	0.3	70.0	0.1	31.9	0.03	9.0				
			TOTAL	7.6	284.2	2.7	72.5	1.4	33.1	0.4	9.3				
sim	sim	não	deposição	429.	416.	127.	123.	61.5	59.7	21.7	21.1	3.3	3.2	1.3	1.3
			inalação	9.	2322.	2.0	467.	0.7	182.3	0.2	49.8	0.02	5.5	0.01	2.9
			TOTAL	465.	2762.	138.4	599.	67.1	246.5	24.0	72.9	3.9	9.3	1.7	4.5
		sim	deposição	5.9	5.6	2.2	2.1	1.1	1.0	0.26	0.24				
			inalação	1.0	269.0	0.2	53.5	0.07	19.7	0.01	3.9				
			TOTAL	11.5	278.5	4.0	57.0	1.9	21.4	0.5	4.3				

Tabela 4 : DOSES (Rem) EM TIREÓIDE E EM CORPO INTEIRO

CASOS ANALISADOS				VENTOS CLASSE \bar{E} 1.5 m/s											
				DISTANCIA RADIAL DA USINA											
				1 Km		2 Km		3 Km		5 Km		10 Km		15 Km	
FAT. DE ABRIGO	CHUVA	EVAC.	DOSES	CI	T	CI	T	CI	T	CI	T	CI	T	CI	T
nã	nã	nã	deposição	1044.	1012.	277.7	269.3	131.4	127.5	50.6	49.2	12.8	12.5	7.0	6.8
			inalação	21.	5679.	5.7	1518.	2.7	728.0	1.1	289.0	0.3	77.9	0.16	45.8
			TOTAL	1141.	6760.	313.5	1815.	151.4	871.5	59.8	345.4	15.8	92.9	8.8	54.1
		sim	deposição	9.0	8.5	3.1	2.9	1.5	1.4	0.38	0.36				
			inalação	2.5	665.4	0.6	170.0	0.26	71.4	0.05	13.6				
			TOTAL	21.1	682.7	7.3	176.2	3.6	74.5	0.8	14.3				
sim	nã	nã	deposição	345.0	334.	91.7	88.9	43.4	42.1	16.7	16.2	4.2	4.1	2.3	2.2
			inalação	21.2	5679.	5.7	1518.	2.7	728.0	1.1	289.0	0.3	77.9	0.17	45.8
			TOTAL	422.5	6065.	119.9	1628.	59.0	782.1	23.9	310.6	6.5	83.9	3.7	49.2
		sim	deposição	4.5	4.2	1.5	1.4	0.76	0.72	0.19	0.18				
			inalação	2.5	665.0	0.6	170.0	0.26	71.4	0.05	13.6				
			TOTAL	16.6	678.5	5.8	174.8	2.8	73.8	0.6	14.2				
sim	sim	nã	deposição	400.6	388.1	111.4	108.0	53.7	52.1	20.8	20.2	5.0	4.8	2.5	2.4
			inalação	21.2	5679.	5.5	1468.	2.5	681.2	0.9	252.7	0.2	57.8	0.12	32.8
			TOTAL	478.4	6119.	139.1	1597.	68.8	745.0	27.6	278.3	7.1	64.4	3.8	36.4
		sim	deposição	5.3	5.0	1.9	1.8	0.9	0.9	0.2	0.2				
			inalação	2.5	660.3	0.6	161.9	0.24	65.6	0.04	11.8				
			TOTAL	17.4	674.1	6.0	166.9	2.9	68.1	0.7	12.3				

Tabela 4 : DOSES (Rem) EM TIREÓIDE E EM CORPO INTEIRO

CASOS ANALISADOS				VENTOS CLASSE F 0.9 m/s											
				DISTANCIA RADIAL DA USINA											
FAT.DE ABRIGO	CHUVA	EVAC.	DOSES	1 Km		2 Km		3 Km		5 Km		10 Km		15 Km	
				CI	T	CI	T	CI	T	CI	T	CI	T	CI	T
não	não	não	deposição	2276.	2206.	607.8	589.6	261.2	253.7	80.7	78.4	12.3	12.0	4.3	4.2
			inalação	50.	13110.	13.2	3529.	5.8	1544.	1.8	495.	0.3	81.1	0.14	34.4
			TOTAL	2473.	15450.	678.9	4172.	299.4	1828.	97.4	587.7	17.0	97.2	7.1	41.1
		sim	deposição	18.2	17.2	5.6	5.3	2.5	2.4						
			inalação	5.4	1440.	1.2	313.3	0.36	95.7						
			TOTAL	41.4	1473.	12.6	324.1	5.2	100.3						
sim	não	não	deposição	751.2	728.	200.6	194.6	86.2	83.7	26.6	25.9	4.0	3.9	1.4	1.4
			inalação	49.0	13110.	13.2	3529.	5.8	1544.	1.9	495.	0.3	81.1	0.14	34.4
			TOTAL	910.8	13940.	257.2	3764.	116.3	1651.	39.6	531.6	7.7	88.1	3.5	37.7
		sim	deposição	9.1	8.6	2.8	2.6	1.3	1.2						
			inalação	5.4	1440.	1.2	313.3	0.36	95.7						
			TOTAL	32.3	1465.	9.8	321.4	3.9	99.1						
sim	sim	não	deposição	834.0	808.	249.7	213.2	92.1	89.4	26.5	25.8	3.3	3.2	0.97	0.95
			inalação	49.0	13110.	12.5	3338.	5.2	1382.	1.5	397.	0.2	49.2	0.09	19.8
			TOTAL	993.1	14020.	274.8	3591.	120.7	1494.	38.7	432.6	6.6	55.4	2.9	22.5
		sim	deposição	10.0	9.4	3.0	2.8	1.3	1.2						
			inalação	5.3	1424.	1.1	789.1	0.3	82.4						
			TOTAL	32.9	1449.	9.7	297.2	3.8	85.8						

Tabela 4 : DOSES (Rem) EM TIREÓIDE E EM CORPO INTEIRO

CASOS ANALISADOS				EFEITOS IMEDIATOS		EFEITOS LATENTES			
VENTOS	FAT. DE ABRIGO	CHUVA	EVAC.	MORTES	LESÕES	LEUCEMI	PULMÃO	CORPO INTEIRO	NODULOS TIROIDE
CLASSE D 2.5 m/s	não	não	não	748.	195.				
			sim	0.	0.	2.	10.	14.	348.
	sim	sim	não	651.	309.				
			sim	0.	0.	2.	8.	11.	182.
	sim	não	não	0.	387.				
			sim	0.	0.	2.	10.	12.	333.
CLASSE E 1.5 m/s	não	não	não	730.	182.				
			sim	0.	0.	3.	17.	18.	528.
	sim	não	não	328.	414.				
			sim	0.	0.	2.	16.	13.	507.
	sim	sim	não	556.	201.				
			sim	0.	0.	2.	14.	12.	436.
CLASSE F 0.9 m/s	não	não	não	613.	292.				
			sim	0.	2.	2.	32.	14.	392.
	sim	não	não	582.	75.				
			sim	0.	0.	2.	26.	5.	377.
	sim	sim	não	582.	80.				
			sim	0.	0.	2.	29.	10.	315.

Tabela 5 : Conseqüências radiológicas (valores médios)

CASOS ANALISADOS			LIMITES DE DOSE (REM)					
VENTOS	FAT. DE ABRIGO	CHUVAS	TIREÓIDE			CORPO INTEIRO		
			300	100	50	50	25	5
D - 2.5 m/s	não	não	3 - 4	5 - 6	9 - 10	3 - 4	4 - 5	10-15
	sim	não	2 - 3	5 - 6	8 - 9	3 - 4	4 - 5	7 - 8
	sim	sim	2 - 3	4 - 5	5 - 6	3 - 4	4 - 5	9 - 10
E - 1.5 m/s	não	não	5 - 6	9 - 10	15 - 30	5 - 6	7 - 8	15-30
	sim	não	5 - 6	9 - 10	10 - 15	3 - 4	4 - 5	10-15
	sim	sim	4 - 5	8 - 9	10 - 15	3 - 4	5 - 6	10-15
F - 0.9 m/s	não	não	6 - 7	9 - 10	10 - 15	6 - 7	8 - 9	10-15
	sim	não	6 - 7	9 - 10	10 - 15	4 - 5	6 - 7	10-15
	sim	sim	5 - 6	8 - 9	10 - 15	4 - 5	5 - 6	10-15

Tab. 6 : Distância radial da usina (em Km) para a qual limite de dose é atingido (sem evacuação)