



4.4. SÍNTESE DA QUALIDADE AMBIENTAL

4.4.1. Qualidade das Águas

A seguir são apresentados os dados de qualidade das águas do ponto de vista físico-químico. São analisados os resultados referentes aos estudos realizados pela FEEMA, ESAMUR, NATRONTEC e CIR

4.4.1.1. Principais Fontes de Poluição

As cidades localizadas nos trechos paulista e fluminense da bacia do Paraíba em geral lançam nestes rios esgotos sanitários sem tratamento adequado. São cerca de 2.400.000 habitantes apenas no trecho fluminense, contribuindo com uma carga de DBO de aproximadamente 47.000 t/ano. Na mesma região da bacia do Paraíba existem significantes concentrações de indústrias, muitas delas com controle inadequado dos seus descartes. Os tipos de indústrias que predominam são as metalúrgicas, siderúrgicas, químicas e alimentícias. A região do médio Paraíba no Estado do Rio é a mais crítica de toda bacia, especialmente a área que compreende os municípios de Resende, Barra Mansa e Volta Redonda. Dentre essas indústrias, é importante mencionar a Companhia Siderúrgica Nacional, responsável por cerca de 80 % da carga de poluentes industriais lançada no trecho fluminense. O trecho paulista do rio Paraíba também apresenta muitas indústrias de grande porte, que contribuem para a degradação do rio.

Todos estes aspectos refletem-se na qualidade das águas do Rio Paraíba do Sul, cuja função primordial é a de abastecimento público para o Estado do Rio de Janeiro.

No caso do vale do Paraíba, tem havido nos últimos anos uma considerável expansão demográfica, associada a um desenvolvimento industrial intenso e diversificado. Disso resulta que as águas do rio estão sujeitas a descartes de naturezas bem variadas. A este fato deve-se acrescentar que a parte mais desenvolvida da Bacia se encontra no corredor rodo-ferroviário que liga os dois maiores aglomerados urbanos do Brasil, que são as regiões metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro. Ocorre pois, que além da expansão demográfica e industrial da bacia, acrescenta-se um intenso transporte de matérias-primas e produtos semi-manufaturados e manufaturados, alguns deles de grande periculosidade. Esse tráfego também acarreta acidentes, alguns resultando na contaminação das águas dos rios da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul.

A Tabela 4.70 a seguir indica as quantidades de carga lançadas na bacia do rio Paraíba do Sul em 1990, de acordo com informações da FEEMA. Cabe ressaltar que a FEEMA, quando da elaboração desta tabela, visava identificar estratégias de controle a curto prazo para o controle de poluição das águas do Estado do Rio de Janeiro, daí a identificação da carga a ser removida pelos tratamentos propostos.

Tabela 4.70 CARGAS POLUIDORAS NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL - 1990

Cargas Poluidoras	Bacia do Rio Paraíba do Sul		
	DBO ₅ (t/ano)	Metais (t/ano)	Fenóis e Cianetos (t/ano)
Carga total lançada	56000	-	-
Carga industrial total lançada	9000	2300	180
Carga de esgotos domésticos lançada	47000	-	-
Carga industrial lançada pelas indústrias	5950	1950	170
Carga removida pelos tratamentos propostos	4270	1750	140
Percentual da carga total removido	7,6 %	-	-
Percentual da carga industrial removido	47,4 %	76,1 %	77,8 %

Fonte: Programa de Proteção Ambiental no Estado do Rio de Janeiro - Documento I - FEEMA - Fev/1990

4.4.1.2. Análises FEEMA

• Rio Paraíba do Sul

Desde 1977 a FEEMA vem atuando na bacia do rio Paraíba do Sul para garantir a qualidade das suas águas, através de um programa de monitoramento sistemático, campanhas intensivas, licenciamento e fiscalização de atividades poluidoras. A manutenção dos usos benéficos das águas do rio requer que sejam obedecidos os padrões de qualidade de água da Classe 2, Resolução nº 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 18 de junho de 1986.

Têm sido encontrados, como seria de esperar, altos níveis de coliformes fecais ao longo de todo o rio e em alguns afluentes, evidenciando assim a poluição por esgotos sanitários. O rio Paraíba poucas vezes viola o padrão de OD ao longo de todo o seu curso, sendo que a jusante de Volta Redonda e Três Rios já se observam violações do padrão de DBO. Alguns afluentes do rio Paraíba já apresentam violações dos padrões de DBO e OD com maior intensidade.

Em relação a metais pesados, pode-se concluir que a qualidade de água do rio Paraíba atende, na maioria dos casos, aos padrões da Classe 2 da Resolução CONAMA 20. Por outro lado, no caso de todos os metais pesados analisados (notadamente mercúrio, chumbo e cádmio), são observados picos de concentrações com violações de padrões, provavelmente associados a lançamentos esporádicos ou resultantes de operações atípicas e acidentes.

Para fenóis e cianetos, violações significativas ocorrem a jusante da CSN em Volta Redonda. Próximo ao lançamento dos efluentes da CSN, encontra-se uma maior contaminação por metais pesados nos sedimentos, principalmente Zn, Cr, Cu, e Pb.

Em 1990, foram analisados os hidrocarbonetos aromáticos polinucleares (PAH), formados pela combustão incompleta de materiais orgânicos (óleo, gasolina, carvão). Estas substâncias são pouco solúveis em água, com tendência a ficarem adsorvidas nas partículas em suspensão na água, e, de acordo com a International Agency for Research on Cancer, carcinogênicas em relação ao homem. Como já era previsto, a contaminação por PAH na vizinhança da



Companhia Siderúrgica Nacional ocorre em grande escala. Entre os hidrocarbonetos aromáticos polinucleares, destaca-se o benzopireno, que apresentou uma concentração de 1,2 µg/l, 120 vezes superior ao valor máximo permitido pela Resolução CONAMA (0,01 µg/l) para a Classe 2, nas águas coletadas à jusante de Volta Redonda, corroborando a forte influência dos efluentes da CSN (FEEMA, 1988). O benzopireno no Rio Paraíba do Sul, deve ser um dos responsáveis pelas alterações neste ecossistema, que devido ao seu efeito carcinogênico, torna-se um dos principais causadores de deformações encontradas nos peixes.

• Reservatório do Funil

O perfil térmico na represa mostrou-se estratificado, durante a maior parte do ano com período de circulação nos meses mais frios, sendo que os maiores gradientes de temperatura ocorreram nas camadas superficiais. Sendo assim, observou-se freqüentemente a formação de duas camadas principais: o epilímnio e o hipolímnio. A estratificação é determinada principalmente pela reduzida penetração da luz na coluna d'água, como pode ser observado pela profundidade da zona eufótica que é de apenas três metros. Tal fato é decorrente da elevada turbidez das águas do reservatório, que é consequência do material carregado pela bacia do Rio Paraíba do Sul (FEEMA, 1988, 1991).

As concentrações de oxigênio dissolvido (OD) na Represa do Funil, em geral, estão acima do padrão da Classe II. Contudo, nos meses de verão podem ocorrer condições de anoxia no fundo do reservatório (FEEMA, 1988). As concentrações de OD diminuem a partir da entrada do reservatório em direção à barragem, sendo tal redução influenciada pela demanda de oxigênio para oxidação da matéria orgânica e estratificação térmica (FEEMA, 1979, 1991).

Os dados disponíveis de demanda bioquímica e química de oxigênio (DBO e DQO) são do estudo realizado pela FEEMA em 1978/1979. Os resultados de DBO foram baixos (0,5 a 1,4 mg/l) para a represa, sendo mais elevados na entrada do reservatório e, raramente ultrapassando o limite estabelecido pelo padrão da Resolução CONAMA, enquanto que os dados de DQO foram bem mais elevados (4,7 a 31,5 mg/l) estando acima do padrão CONAMA.

As concentrações de fosfato na Represa do Funil apresentaram sazonalidade marcada, onde valores mais elevados foram registrados nos períodos de maior pluviosidade. Também é importante observar que as maiores concentrações foram registradas na entrada do reservatório e abaixo da zona eufótica (Tabelas 4.71 e 4.72). Cabe ressaltar, que apesar dos elevados valores de fosfato registrados, este elemento foi considerado limitante para o crescimento do plâncton (FEEMA, 1988). Tal fato, é decorrente das também elevadas cargas de nitrogênio à que o reservatório está sujeito (Tabela 4.73). Dessa forma, ocorre um desequilíbrio nas proporções de nitrogênio: fósforo, resultando em limitação por fósforo (FEEMA, 1979, 1988).

Tabela 4.71 CARGA DE FÓSFORO NO RESERVATÓRIO DO FUNIL
Modificado de FEEMA (1988)

LOCAIS	Fósforo Total (µg/l)	Carga de fósforo total (ton/ano)
Rio Paraíba do Sul (Queluz)	147	1160
Entrada do reservatório	109	860
Próximo a barragem	51	402

Tabela 4.72 CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO NO RESERVATÓRIO DO FUNIL
(Próximo a barragem) - Modificado de FEEMA (1988)

COMPOSTO	CONCENTRAÇÕES (µg/l)			
	ZONA EUFÓTICA		HIPOLÍMNIO	
	FAIXA	MÉDIA	FAIXA	MÉDIA
Fósforo dissolvido	20 - 40	31	20 - 75	35
Fósforo total	25 - 55	38	30 - 84	56

Tabela 4.73 PRINCIPAIS FORMAS DE NITROGÊNIO NO RESERVATÓRIO DO FUNIL
(Próximo a barragem) - Modificado de FEEMA (1988)

COMPOSTO	CONCENTRAÇÕES (µg/l)	
	ZONA EUFÓTICA	HIPOLÍMNIO
Amônia	< 20 - 45	26 - 88
Nitrato	200 - 400	250 - 500
Nitrito	1 - 20	2 - 31
Nitrogênio total	350 - 600	192 - 592

Comparando-se os valores de cargas de fósforo obtidos em 1979, 1987 e 1989 (Tabela 4.74), constatou-se um aumento expressivo no aporte de fósforo correspondente a 236% de acréscimo no ponto do rio Paraíba do Sul (Queluz), à jusante do reservatório.

Tabela 4.74 COMPARAÇÃO DAS CARGAS DE FÓSFORO TOTAL NO
RESERVATÓRIO DO FUNIL NOS ANOS DE 1979, 1987 e 1989 - Modificado de
FEEMA (1991)

LOCAIS	Cargas de fósforo (ton/ano)		
	1979	1987	1989
Rio Paraíba do Sul (Queluz)	473	1090	1589
Entrada do reservatório	353	715	1085

O estudo realizado pela FEEMA em 1987 demonstrou que a Represa do Funil passou de um estado oligotrófico em 1978 para um estado eutrófico em 1987. Neste mesmo estudo foi calculado que seria necessária uma redução de 62 % da carga de fósforo para que as condições tróficas do reservatório fossem revertidas (FEEMA, 1988). Contudo, cabe ressaltar, que de 1989 até o momento ocorreu o contrário, ou seja, um aumento na carga de matéria orgânica o que agravou ainda mais o estado trófico da represa.

Os sedimentos de fundo no reservatório do Funil têm características predominantemente



inorgânicas e são o resultado do transporte e deposição de matéria mineral da bacia de drenagem. A análise de sedimentos superficiais (FEEMA, 1988) indicou uma relação carbono:nitrogênio de 9-10:1 e de nitrogênio:fósforo de 2:1. A relação nitrogênio:fósforo evidenciou baixa produtividade, porém observou-se nestes sedimentos um aumento na concentração de nitrogênio orgânico, explicado pela elevação na decomposição de detritos orgânicos.

O índice de sedimento orgânico calculado a partir do conteúdo de carbono e nitrogênio, permitiu caracterizar os sedimentos com depósitos inorgânicos de natureza argilosa, embora tenha ocorrido um pequeno enriquecimento de nutrientes no fundo dos braços do reservatório. Os resultados obtidos em 1989 não se mostraram significativamente diferentes em relação aos teores de carbono, nitrogênio e fósforo orgânico obtidos em 1988, os quais apresentaram-se em baixas concentrações.

Condições de oxi-redução foram registradas através de medidas de pH, que variaram entre 6,5 e 6,8, no sedimento do reservatório, e de 5,6 a 5,9 nos braços afluentes, indicando maior atividade biológica de decomposição de matéria de fundo.

O reservatório do Funil, localizado à jusante do vale do médio Paraíba Paulista, apresenta características hidrodinâmicas que determinam a deposição e acúmulo de substâncias tóxicas nos sedimentos. Na água, os níveis de metais e outras substâncias tóxicas encontram-se normalmente abaixo dos limites prejudiciais para flora e fauna aquáticas. Portanto, são de extrema importância as análises das concentrações de metais pesados e outros tóxicos nos sedimentos deste ecossistema.

Os estudos realizados pela FEEMA (1978) neste reservatório, indicaram que entre o ponto do Rio Paraíba do Sul (Queluz) e a entrada da represa ocorreu a maior taxa de deposição de metais por alteração no regime hidrodinâmico.

A comparação entre os dados de concentrações de metais pesados no sedimento do interior do reservatório obtidos em 1978/1979 e 1988, não apresentaram diferenças significativas (Tabela 4.75). Entretanto, cabe ressaltar que valores menores foram observados nos dados de 1988, podendo atribuir-se esta diminuição à uma redução na carga de metais ou a um aumento no aporte de sólidos através do escoamento superficial, o que resultaria numa diluição da composição de metais no sedimento.

Tabela 4.75 CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS NA CAMADA SUPERFICIAL
DOS SEDIMENTOS DO RESERVATÓRIO DO FUNIL - Modificado de FEEMA (1988)

Metais	1978 - 1979		1988	
	Entrada do reservatório	Próximo à barragem	Entrada do reservatório	Próximo à barragem
Cádmio (µg/g)	< 1	< 1	< 1	< 1
Chumbo (µg/g)	46	64	< 10	60
Níquel (µg/g)	29	24	5	35



As análises realizadas em 1989 confirmaram as conclusões anteriores. Ou seja, não observa-se tendência de aumento das concentrações nos sedimentos mais recentes. Neste estudo foram analisados também pesticidas organoclorados e PCB's, não tendo sido detectado a presença destas substâncias tóxicas (FEEMA, 1991).

Na UHE do Funil são realizados mensalmente descargas de fundo que tem por objetivo reduzir o acúmulo de sólidos junto à barragem. Nestas condições, ocorre transporte de material de fundo para o Rio Paraíba do Sul à jusante.

FEEMA (1991) demonstrou que, com exceção do alumínio, as concentrações dos demais metais na água da descarga de fundo estiveram abaixo dos padrões para Classe II, conforme a Tabela 4.76 a seguir. Os valores elevados de alumínio foram atribuídos às argilas presentes na bacia de drenagem, não tendo origem antrópica.

Tabela 4.76 CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS NA ÁGUA DA DESCARGA DE FUNDO DA UHE FUNIL - Modificado de FEEMA (1991)

METAIS (µg/l)	DESCARGA DE FUNDO			PADRÃO CLASSE II
	02/05/90 (5 min)	04/07/90 (5 min)	04/07/90 (10 min)	
Cádmio	< 2	< 2	< 2	10
Chumbo	< 20	< 20	< 20	50
Cobre	10	< 5	10	500
Cromo total	< 10	< 10	< 10	*
Ferro	850	450	1600	
Manganês	25	25	45	500
Mercúrio	< 0,10	< 0,50	< 0,15	2
Níquel	10	< 10	< 10	25
Zinco	120	10	15	5000
Alumínio	-	400	400	100

* Cromo trivalente = 500 µg/l.

Cromo hexavalente = 50 µg/l



4.4.1.3. Análises da ESAMUR

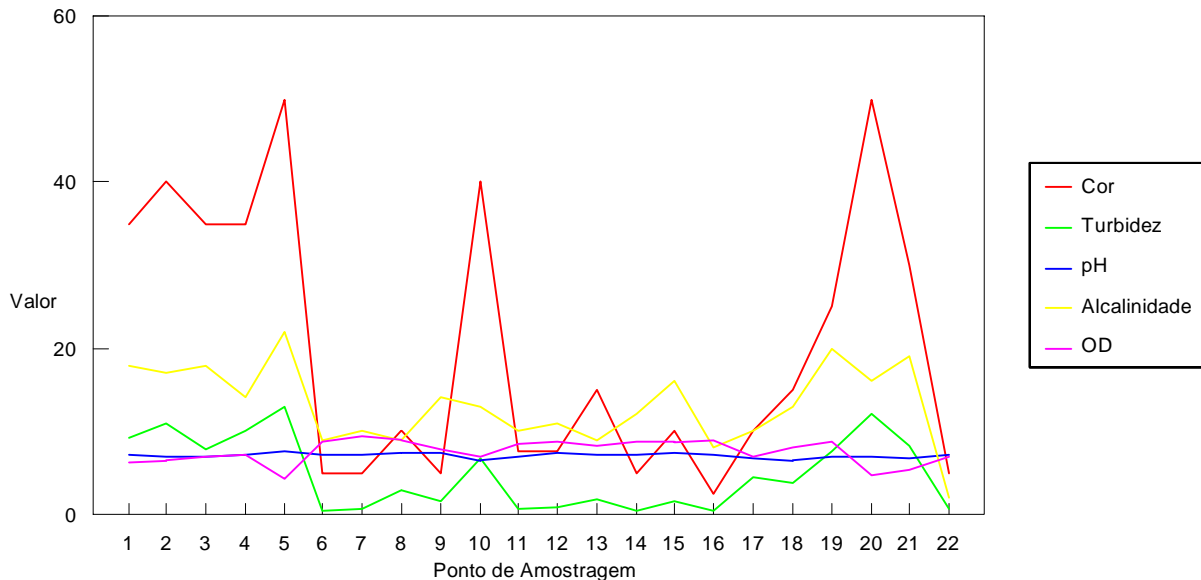
A Tabela 4.77 abaixo apresenta as análises de água realizadas pelo LAMAR Laboratório Municipal de Monitoramento Ambiental de Resende para a ESAMUR Empresa do Saneamento Ambiental do Município de Resende em 1994.

Tabela 4.77 ANÁLISES REALIZADAS PELA ESAMUR

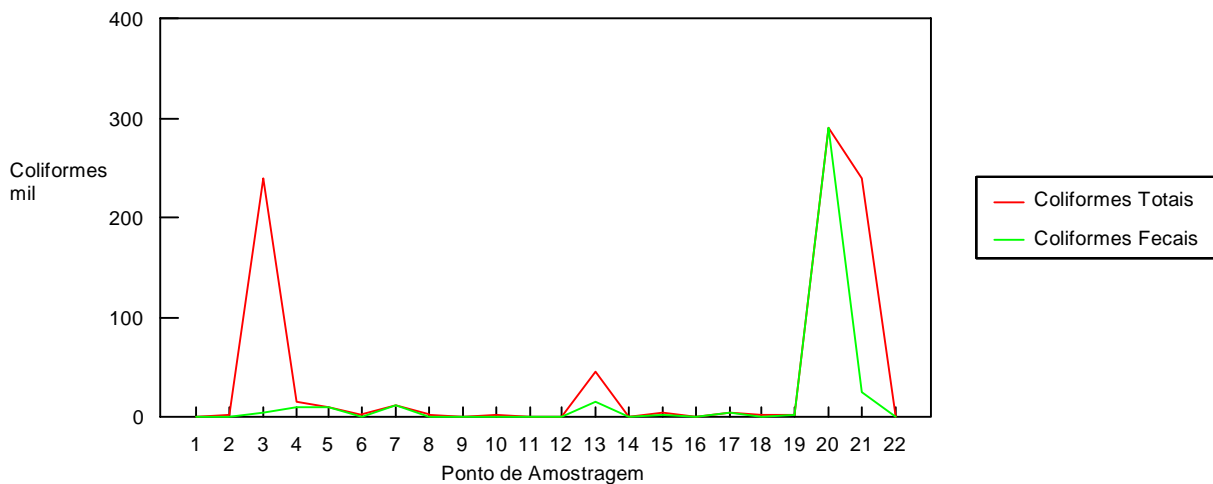
Ponto de Amostragem	Cor	Turbidez	pH	Alcalin.	OD	Colif. Totais	Colif. Fecais
1 - Rio Paraíba do Sul - Represa Funil	35	9,2	7,08	18	6,3	210	3,6
2 - Rio Paraíba do Sul - Saida de Itatiaia	40	11	6,96	17	6,4	1100	240
3 - Rio Paraíba do Sul - Saida de Resende	35	7,8	7,03	18	6,9	240000	4600
4 - Rio Pirapetinga - Ponte dos Arcos	35	10	7,10	14	7,1	15000	9300
5 - Rio Pirapetinga - Juzante da ETA Barra	50	13	7,56	22	4,2	9300	9300
6 - Rio Preto - Montante de Visc. Mauá	5	0,5	7,26	9	8,8	1100	150
7 - Rio Preto - Juzante de Visc. Mauá	5	0,75	7,22	10	9,3	11000	11000
8 - Rio Preto - Cachoeira de Fumaça	10	3	7,31	9	8,9	2100	930
9 - Manancial da Fumaça - Fumaça	5	1,5	7,38	14	7,9	290	43
10 - Manancial da Vargem - Grande Pedra Selada	40	6,6	6,48	13	7	2400	460
11 - Rio Bonito - Itatiaia	7,5	0,62	7,03	10	8,5	28	7,3
12 - Rio Campo Belo - Itatiaia	7,5	0,99	7,28	11	8,7	150	150
13 - Rio Água Branca - Eng Passos	15	1,8	7,12	9	8,2	46000	15000
14 - Manancial da Serra - Eng. Passos	5	0,49	7,21	12	8,8	42	11
15 - Rio das Pedras - Penedo	10	1,6	7,36	16	8,8	4600	2400
16 - Rio Alambari - Serrinha	2,5	0,37	7,15	8	9	460	23
17 - Manancial de Bulhões - Bulhoes	10	4,5	6,67	10	7	4600	4600
18 - Manancial Casa da Lua	15	3,8	6,43	13	8,1	1100	23
19 - Rio Cruz das Almas - Cruz das AL	25	7,5	6,91	20	8,8	1100	1100
20 - Rio Sesmaria - Bairro Ipiranga	50	12	6,98	16	4,6	290000	290000
21 - Rio Alambari Resende	30	8,3	6,6	19	5,4	240000	24000
22 - Rio Véu da Noiva Maromba	5	0,73	7,08	2	6,9	93	-
Padrão Classe 2 Resolução CONAMA 20/87	75 mg Pt/l	100 UNT	6 a 9	-	> 5 mg/l	4.000 colif./ 100 ml	

As curvas apresentadas a seguir ilustram os valores indicados na Tabela 4.77 acima.

Análises ESAMUR



Análise ESAMUR - Coliformes



Os valores apresentados acima permitem a seguinte análise:

- **OD:** os valores de oxigênio dissolvido estão na mesma faixa de variação dos valores analisados pela CDTN e pela INB, todos estes acima do valor mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86.
- **pH:** os valores de pH encontram-se entre os limites (6 a 9).
- **Alcalinidade:** A faixa de variação está igual a variação apresentada pela INB na fase operacional (de 5 a 20 mg/l CaCO₃).



- Coliformes: Em alguns pontos, os valores observados para coliformes fecais e totais encontram-se acima do valor limite estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86. Elevados valores de coliformes totais foram obtidos no rio Paraíba do Sul (saída de Resende), no rio Sesmaria (Bairro Ipiranga), e no rio Alambari (Resende).
- Cor: os valores encontram-se abaixo do limite. Valores mais elevados para cor (todos porém abaixo do limite) são encontrados no rio Paraíba do Sul (saída de Itatiaia), rio Pirapetinga (juzante da ETA Barra), no Manancial da Vargem (Grande Pedra Selada), e no rio Sesmaria (Bairro Ipiranga).
- Turbidez: os valores encontram-se abaixo do limite, embora os estudos realizados pela FEEMA (1979, 1988) indiquem valores médios mais elevados.

Comparando-se os valores da segunda e terceira colunas, pode-se verificar que todos os valores medidos encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86 para águas de Padrão Classe 2.

4.4.2. Qualidade do Ar

4.4.2.1. Análises FEEMA

As Tabelas 4.78 e 4.79 a seguir apresentam as análises de ar convencionais realizadas pela FEEMA no Estado do Rio de Janeiro. Não foram realizadas análises radiológicas pela FEEMA.

Tabela 4.78 PARTÍCULAS EM SUSPENSÃO - Padrões de qualidade (Res. CONAMA 03/90)

240 ug/m³ em 24 horas (somente uma vez ao ano)

80 ug/m³ (Média Geométrica Anual)

ESTAÇÕES	MÉDIA GLOBAL ANUAL	N	No. DE VIOLAÇÕES PADRÃO 24h	GRAU DE SATURAÇÃO	FAIXA DE VARIAÇÃO
BANGU II	71	33	0	VS	18-107
BENFICA	139	24	2	S	45-283
BONSUCESSO	169	21	2	S	61-203
CENTRO	78	24	0	VS	22-169
COPACABANA	78	30	0	VS	16-148
EMPA - MARACANÃ	140	41	2	S	57-470
ILHA DO GOVERNADOR	79	32	0	VS	39-194
INHAÚMA	104	21	1	S	58-290
IRAJÁ II	103	32	1	S	30-207
MARACANÃ	99	40	0	S	32-234
MÉIER II	87	34	0	S	25-202
PENHA	97	27	1	S	53-208
RIO COMPRIDO	83	28	0	S	26-203
SANTA CRUZ	69	25	0	VS	36-103
SANTA TERESA	64	41	0	VS	15-142
SÃO CRISTÓVÃO	113	17	0	S	31-220
D.CAXIAS - CENTRO	113	20	2	S	21-269
NILÓPOLIS	96	32	1	S	33-258
NITERÓI	101	40	0	S	42-205
NOVA IGUAÇU	131	10	2	S	57-247
SÃO GONÇALO	132	29	0	S	74-224
SÃO JOÃO DE MERITI	136	30	1	S	45-406
VOLTA RED. - C.PESQ.	106	7	1	S	57-213
VOLTA RED. - FEEMA	85	6	0	S	24-228
VOLTA RED. - BANERJ	93	4	1	S	47-379
CAMPOS - CENTRO	78	44	0	VS	17-120

GRAU DE SATURAÇÃO - CONCENTRAÇÃO MÉDIA ANUAL NAS SEGUINTE FAIXAS:

NS - NÃO SATURADO (0 - 60 ug/m³)

S - SATURADO (MAIOR QUE 80 ug/m³)

VS - VIAS DE SATURAÇÃO (60 - 80 ug/m³)

N - NÚMERO DE AMOSTRAS

Tabela 4.79 PARÂMETRO: Dióxido de Enxofre - Ano:1984

PADRÕES DE QUALIDADE (Res. CONAMA 03/90): 80 ug/m³ (Média Aritmética Anual)
365 ug/m³ (Média de 24 horas a não ser excedida mais de 1 vez ao ano)

ESTAÇÕES	VALOR MÁXIMO DIÁRIO	MÉDIA ARITMÉTICA	N*	No. DE VIOLAÇÕES PADRÃO	GRAU ** DE SATURAÇÃO
Benfica	241	95	23	0	S
Bonsucesso	351	163	50	0	S
Centro	186	81	45	0	S
Copacabana	216	91	48	0	S
Ilha do Governador	160	67	37	0	VS
Irajá II	204	102	12	0	S
Maracanã	243	105	50	0	S
Méier II	173	73	43	0	VS
Rio Comprido	227	102	40	0	S
Santa Cruz	76	31	31	0	NS
Duque de Caxias (Centro)	162	71	41	0	VS
Duque de Caxias (Cidade dos Meninos)	169	83	31	0	NS
Itaguaí	79	24	33	0	NS
Volta Redonda (Centro Pesquisa)	248	58	25	0	NS
Volta Redonda (FEEMA)	840	73	27	1	VS
Volta Redonda (BANERJ)	109	39	18	0	NS

* número total de dados

** Grau de Saturação - Concentração Média Anual

NS - não saturado (0-60 ug/m³)

VS- em vias de saturação (60-80 ug/m³)

S - saturado (maior que 80 ug/m³)



4.4.3. Monitoramento Ambiental – Pré-Operacional e Operacional

Antes de analisar os resultados dos programas de monitoramento (pré-operacional e operacional), será feita uma breve introdução a respeito dos aspectos ambientais relacionados a materiais radioativos, uma vez que são feitas análises radiométricas das águas e do ar ambiente. Deve-se observar, para melhor compreensão dos itens 4.4.3.3, 4.4.3.4 e 4.4.3.5 seguintes, que as análises realizadas no período de 1982-1984 correspondem ao período operacional para a INB, porém o IRD (Instituto de Radioproteção e Dosimetria), da CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear), considera este levantamento como pré-operacional, conforme verifica-se pelas fontes utilizadas na elaboração das tabelas correspondentes às análises do IRD.

4.4.3.1. Aspectos Ambientais Relacionados ao Uso e Produção de Materiais Radioativos

a) Introdução

Os átomos dos elementos existentes na natureza são constituídos de partículas - nêutrons (sem carga) e prótons (com carga positiva) no núcleo e elétrons (com carga negativa) girando em torno do núcleo. Estas cargas se compensam e, portanto, os átomos são neutros.

Para um dado elemento, o número de prótons presentes no núcleo atômico, que é o mesmo de sua carga positiva, é chamado de número atômico do elemento. O número total de prótons e nêutrons é chamado de número de massa do elemento.

O número atômico (Z) é que determina a natureza química de um elemento. Quando um elemento se apresenta em estado de oxidação nulo, o número de prótons presentes será igual ao número de elétrons. Deste modo, as propriedades químicas apresentam dependência com número de elétrons presente no átomo de um elemento. Portanto, átomos com o mesmo número de prótons, ou mesmo número atômico, mas com um número diferente de nêutrons, ou seja com diferentes números de massa, são quimicamente idênticos, embora apresentem diferenças de estabilidade nuclear. Tais elementos, que têm o mesmo número atômico, mas diferentes número de massa são chamados isótopos.

A radioatividade natural é a propriedade que certos nuclídeos instáveis presentes na natureza possuem, de sofrerem desintegrações espontâneas e emitirem partículas e radiações eletromagnéticas, para se transformarem em outros nuclídeos mais estáveis. Esses isótopos são chamados de radionuclídeos naturais e decompõem-se continuamente com uma velocidade característica de cada radioisótopo. Os radionuclídeos naturais, em geral, têm velocidade de decomposição lenta e meias-vidas (tempo em que a população de radionuclídios existentes num dado momento reduz-se à metade) que podem exceder alguns milhões de anos. Por outro lado, a radiação emitida por esses isótopos, chamados de radionuclídeos naturais primários, gera isótopos, em geral, de meia vida bem inferior aos anteriores, chamados de radionuclídeos naturais secundários.

A radioatividade pode ser gerada artificialmente através de reações nucleares induzidas que

irão produzir novos radionuclídeos. Por sua vez, estes radionuclídeos irão decair com a emissão de, basicamente, três tipos diferentes de radiação:

- Radiação alfa - é formada por uma partícula que tem a estrutura atômica do íon do gás nobre hélio, com número de massa igual a 4, possui carga elétrica positiva +2, velocidade de cerca de 0,05 vezes a velocidade da luz e baixo poder de penetração (pode ser detida com uma simples folha de papel);
- Radiação beta - compõe-se de elétrons movendo-se em altas velocidades - cerca de 0,3 a 0,99 vezes a velocidade da luz, com carga elétrica negativa, médio poder de penetração (atravessa uma folha de papel);
- Raio gama - é uma radiação eletromagnética, não possui carga elétrica, atravessam lâminas metálicas e só são interceptados por espessas camadas de chumbo (semelhantes aos raios X com comprimento de onda menor e, conseqüentemente, energia maior);

O poder de penetração das radiações α , β , e γ é função do tipo de radiação e, para um dado tipo, de sua energia.

As energias dessas radiações são medidas em unidades baseadas no elétron-volt (eV), que é a energia adquirida por um elétron, quando submetido a uma diferença de potencial de um volt, ou seja, $1,602 \text{ E-}19$ coulomb-volt, ou joule, ou seja $1,602 \text{ E-}12$ erg, ou $(1,602 \text{ E-}19 \times 6,02 \text{ E}23)/4,184 \text{ E}03 = 23,05$ kcal/mol. A energia da radiação emitida por substâncias radioativas é normalmente medida em milhões de elétron-volts (MeV).

Devido à sua massa considerável, as partículas α atravessam os gases em trajetória de linha reta, produzindo ionização significativa no seu trajeto. A eficiência de um absorvedor destas partículas depende basicamente de sua massa por unidade de seção transversal. Na prática, 0,034 mm de chumbo ou 0,13 mm de água são suficientes para reter totalmente os raios α mais energéticos (cerca de 10 MeV) das fontes radioativas.

Portanto, os acidentes radioativos envolvendo indivíduos expostos a partículas α podem ser evitados facilmente com uso de luvas, ou escudo de proteção. Por outro lado, a ingestão de traços de emissor de partículas α pode ser extremamente perigosa, pois estes são em geral metais pesados, que tendem a se acumular nos ossos e outros tecidos. Portanto, a preocupação maior em atividades em que estejam presentes emissores α é eliminar qualquer poeira radioativa que possa ser acidentalmente ingerida ou inalada.

As partículas β , com massa menor que as partículas α , atravessam os gases em trajetórias mais longas e menos regulares do que estas, produzindo uma menor ionização por unidade de trajeto. Uma curva de absorção típica para estas partículas indica que, para uma ampla faixa de atividades, o logaritmo da atividade é função linear da espessura do absorvente. As radiações β emitidas por uma substância radioativa têm uma distribuição contínua de energia, consistindo em um espectro contínuo.

Mesmo a radiação β de maior energia pode ser barrada por alguns milímetros de chumbo, e portanto, não apresenta grande risco como radiação externa, uma vez que é absorvida pela

superfície da pele, não atingindo os órgãos internos. A preocupação com relação a inalação ou ingestão de poeiras radioativas ionizadas com emissões β existe, no entanto em escala menor do que com relação às partículas α , visto que estas são predominantes nos isótopos de urânio em questão e apresentam maior capacidade ionizante.

As radiações γ são ondas eletromagnéticas extremamente penetrantes, com faixa de comprimento de onda de 0,25 a 0,001 Å, ou seja, numa faixa de energia entre cerca de 0,05 a 10 MeV. Estas radiações produzem pouca ionização na sua trajetória, e não são absorvidas por proteção de chumbo de vários centímetros de espessura; portanto, é evidente que a proteção contra este tipo de radiação apresenta um problema significativo, pois ela penetra no corpo, afetando os órgãos internos e ossos. Portanto, os perigos de exposição externa a emissores de radiação γ são em geral muito maiores do que os devido às duas primeiras e causam os problemas maiores para a proteção dos que trabalham com substâncias radioativas.

A ionização relativa produzida pelas radiações α , β , δ é de aproximadamente 10.000, 100 e 1 respectivamente.

A Tabela 4.80 abaixo apresenta as grandezas e as unidades mais utilizadas em radioproteção.

Tabela 4.80 UNIDADES DE RADIAÇÃO

NOME	SÍMBOLO	UNIDADE DE:	DEFINIÇÃO
Curie *	Ci	atividade	Atividade de 1g de rádio 3,7E10 desintegrações por segundo
Becquerel	Bq	Atividade (unidade internacional métrica)	1 desintegração por segundo
Roentgen	R	fluxo de radiação	quantidade de raio X que ionizaria ar seco nas CNTP numa faixa de 1 esu de carga/cm ³ = liberação de 87,7 erg/g de ar
Rad*	-	dose absorvida	100 erg de energia liberada por grama de qualquer absorvente
Equiv. físico do Roentgen	rep	dose absorvida por tecido	93 erg/cm ³ de tecido
Roentgen Equivalent Man *	rem	efeito danoso da radiação em tecido humano	dose em rad x fator de qualidade da radiação (Q) 100 rem = 1 Sv
Sieverts	Sv	dose equivalente efetiva (unidade do sistema internacional)	1 Joule por quilograma (gray)

* unidades antigas

Define-se como radioatividade (ou simplesmente atividade) de uma dada quantidade de elemento instável, o número de desintegrações por unidade de tempo, sendo esta proporcional à quantidade de átomos existentes no momento considerado. A atividade pode ser natural ou o resultado de bombardeamento do núcleo do átomo com partículas ou radiação de alta energia.



A dose absorvida corresponde à quantidade de energia por unidade de massa e é expressa em joule/kg (gray). O equivalente de dose considera fatores de ponderação da dose absorvida e a qualidade da radiação (Q), enquanto o equivalente de dose efetiva considera um fator de ponderação (w_t) para os tecidos ou órgãos afetados, introduzindo a perspectiva do dano biológico de cada tipo de radiação ionizante. Deve-se observar que, ao longo do relatório, quando o termo “dose” for utilizado, entende-se por equivalente de dose efetiva.

A absorção de radiação ionizante - a radiação tem energia suficiente para arrancar elétrons dos átomos e resulta em mudanças físicas e químicas - tem consequências biológicas sérias e diversificadas. Caso estas consequências afetem um número substancial de células, pode ocorrer perda de parte da função do órgão ou tecido. Acima de certo limiar de dose, o efeito é determinístico, isto é, proporcional à dose. No caso do órgão ou tecido receber uma dose insuficiente para sua eliminação mas suficiente para sua modificação, a célula modificada poderá degenerar em um tumor maligno. Neste caso, a probabilidade de ocorrência de determinados tipos de câncer aumenta com a dose sem, no entanto, haver um limiar.

b) Radioatividade e Meio Ambiente

Todas as pessoas estão expostas à radiação, seja esta natural ou artificial. No primeiro caso são constituídas pelas radiações ionizantes existentes em nosso meio ambiente, provenientes do espaço cósmico e dos materiais radioativos naturais encontrados na terra. O segundo corresponde às radiações ionizantes emitidas por fontes criadas pelo homem, tais como irradiações médicas, precipitações radioativas decorrentes de testes atômicos (*fall-out*) e materiais radioativos provenientes dos descartes de indústrias nucleares.

Os níveis de dose atribuídos à radiação natural apresentam grande variação no planeta, embora não haja evidências de correlação entre variação de radiação e incidência de efeitos estocásticos.

Nos Estados Unidos a exposição a fontes naturais de radiação é de cerca de 90 a 165 mrem/ano (0,9 a 1,65 mSv/ano), ou uma média de 125 mrem/ano (1,25 mSv/ano)¹. As fontes artificiais resultam numa exposição média de 80 mrem/ano nos EUA. Portanto, nos EUA, a exposição média anual seria de 200 mrem (2 mSv/ano). A norma CNEN NE 3.01 em vigor regula a dose equivalente efetiva máxima que trabalhadores do setor e membros do público podem receber em diferentes condições. Cabe aqui mencionar, como introdução ao assunto, os limites de 1 mSv/ano, que por sua vez é o limite primário e não pode ser excedido em operação normal, para membros do público em geral e grupo crítico da população e de 0,3 mSv/ano, limite utilizado no processo de otimização da radioproteção em instalações nucleares, que se aplica para o grupo crítico da população (normalmente a população sujeita a uma exposição homogênea e que recebe as maiores doses), e que se dá acima dos níveis de radiação natural ou de fundo (radiação de background). Cabe ressaltar também que uma dose instantânea de 1.000 rem pode resultar em morte após algumas semanas - a dose letal que acarreta a morte de 50 % de uma população humana é estimada hoje em 400 rem, sendo que

¹ Contra uma média de 200 mrem/ano ou 2 mSv na Austrália, conforme informações do UIC - Uranium Information Centre.

abaixo de 25 rem não haveria efeitos clínicos detectáveis.

Em toda atividade em que ocorre a manipulação de substâncias radioativas, são estabelecidos os limites ocupacionais aceitáveis de dose, com base em níveis aceitáveis de riscos à saúde. Estes limites representam um marco que, se atingido ou ultrapassado, indica que o sistema de proteção não está operando dentro do esperado. A dose de radiação, seja natural ou artificial, pode atingir o ser humano através de diferentes caminhos, as chamadas “vias de exposição”.

Como exemplo, alguns anos após o acidente de Chernobyl, verificou-se um aumento da ocorrência de câncer em indivíduos “*in utero*” e crianças, constatando que este teve origem principalmente na ingestão de iodo radioativo presente no leite. Este iodo, produzido no processo de fissão nuclear, após o acidente, foi liberado para a atmosfera, depositando no solo e subsequentemente contaminando o pasto. Este, ao ser consumido pelo gado, foi transferido para o leite em cerca de 24 horas após o acidente atingindo o homem pela ingestão do leite contaminado.

Portanto, a radiação pode atingir o ser humano, provocando doses, por emissão direta, como no caso de radioisótopos naturais ou artificiais presentes no meio ambiente, por ingestão/inalação através do ar contendo radionuclídeos ou pela incorporação destes aos alimentos como, por exemplo, no caso acima descrito.

c) Radiação e Empreendimentos de Processamento de Materiais Uraníferos

O urânio é um membro da série dos actinídeos dentro dos elementos de transição, com número atômico igual a 92 e massa atômica de 238,03. Em 1896 Becquerel descobriu ser o urânio radioativo. Em 1938, Hahn e Strassmann descobriram a fissão nuclear. Após liberação de um nêutron, o núcleo de urânio se divide em duas partes desiguais com emissão de mais nêutrons, podendo reagir sequencialmente com outros núcleos deste elemento, numa reação em cadeia. Em 1939 foi descoberto o ²³⁵U, o isótopo fissionável natural do urânio, e foram então realizados esforços para separação deste isótopo do ²³⁸U, não fissionável. Existem 15 isótopos de urânio, sem se considerar os estados isoméricos: 3 deles - ²³⁴U, ²³⁵U e ²³⁸U são radioisótopos naturais. Todos os isótopos de urânio são instáveis e, no seu processo de decaimento, emitem partículas α e β , sendo o mais estável e mais abundante o ²³⁸U, representando cerca de 99,3% da composição do urânio natural; o ²³⁵U representa cerca de 0,7%, e o ²³⁴U, cerca de 0,005%.

O ²³⁸U natural é um emissor α de energia em torno de 4,17 MeV, e meia-vida de 4,46 E+09 anos; o ²³⁴U e o ²³⁵U naturais são emissores α de energias em torno de, respectivamente, 4,7 MeV e 4,3 MeV, e com meia-vida de, respectivamente, 2,4461E+06 anos e 7,038 E+08 anos.

d) Toxidez do Urânio e seus Compostos

O urânio não é tóxico somente devido à sua radiação, mas também quimicamente, embora esta toxidez varie de acordo com o composto. Os compostos de urânio podem ser ingeridos ou inalados e absorvidos pela pele, podendo resultar em casos de envenenamento agudo, lesões

nos rins, hemorragia interna e danos nas células do fígado. Os compostos mais tóxicos são o nitrato de uranila, os cloretos e o oxi-fluoreto; moderadamente tóxicos são os trióxidos e sais de amônia e sódio. Os não-tóxicos são os terafluoretos, dióxidos, tetraóxidos e pentóxidos.

A dose devida à radiação emitida pelo urânio depende dos isótopos presentes na substância. Isótopos tais como ²³²U, que emitem radiação α de alta energia, devem ser manipulados em ambientes e condições especiais enquanto que os isótopos ²³⁴U, ²³⁵U, ²³⁶U e ²³³U devem ser manipulados em capela fechada; ²³⁵U e ²³⁸U, devido à sua radiação de baixa energia, podem ser manipulados em bancada aberta.

e) Criticalidade

Quantidades de ²³³U ou ²³⁵U, que excedam a massa crítica, podem causar acidentes, ou seja, reações incontroladas de fissão nuclear, a menos que algumas medidas preventivas sejam tomadas, incluindo a configuração de recipientes, uso de “absorvedores de nêutrons”, entre outras.

4.4.3.2. Pontos de Amostragem

A Tabela 4.81, a seguir, indica os pontos de amostragem de todos os parâmetros analisados durante o período pré-operacional (1980-1981) e operacional do Programa de Monitoramento Ambiental do CIR. Pode-se verificar que os pontos de monitoramento 11, 28, 31 e 33 apresentam coordenadas diferentes (localizações diferentes) para o período pré-operacional e operacional. Para os pontos de amostragem do IRD não se dispõe de coordenadas, tendo sido obtidos a partir de um mapa esquemático, que apenas indica as análises realizadas. A Figura 4.54 adiante apresenta a correlação entre os pontos indicados pela IRD e aqueles definidos pela INB e pelo CDTN Pré-Operacional.

Tabela 4.81 PONTOS DE AMOSTRAGEM

Ponto de Amostragem	Local de Amostragem	Análises	Coordenadas	
			N	E
01 INB 01 CDTN Pré-Op	ETA Fogueteiro (Queluz/Areias)	- APO	7506,4	523,1
02 INB 02 CDTN Pré-Op	Grupo Escolar Capitão José Carlos (Queluz)	ASL/ACH/TLD/GAS ASL/ACH/TLD/GAS	7507,6	523,3
03 INB 03 CDTN Pré-Op	Fazenda Sta Maria (Queluz)	SLO/VEG/LTE/RAC LTE/TLD	7504,5	525,8
04 INB 04 CDTN Pré-Op	Faz Sto Antonio dos Pinheiros (Eng Passos/Queluz)	- ASL/GAS/SLO/VEG/LTE/TLD	7510,7	529,3
05 INB 05 CDTN Pré-Op	Torre da Embratel (Eng Passos/Itamonte)	- TLD	7516,8	526,8
06 INB 06 CDTN Pré-Op - IRD Pré-Op	Rio Paraíba do Sul sob a ponte da EFCB (Eng Passos/Queluz)	- ASU ASU/SDL	7509,1	528,4



07 INB 07 CDTN Pré-Op - IRD Pré-Op	Fazenda Jardim São Sebastião (Queluz/Areias)	- SLO/VEG/LTE SLO/VEG/LTE	7504,2	529,3
--	---	---------------------------------	--------	-------

Tabela 4.81 Cont.

Ponto de Amostragem	Local de Amostragem	Análises	Coordenadas	
			N	E
08 INB 08 CDTN Pré-Op	ETA de Areias	- APO	7502,7	530,5
09 INB 09 CDTN Pré-Op - IRD Pré-Op	Grupo Escolar Barão da Bocaina (Areias)	TLD ASL/GAS/ACH/TLD ACH/TLD/ASU/ASL	7502,8	531,8
10 INB 10 CDTN Pré-Op - IRD Pré-Op	Grupo Escolar José João Ferreira (Eng Passos)	TLD ASL/GAS/TLD ASU/TLD	7511,3	533,1
11 INB 11 CDTN Pré-Op	Ribeirão da Água Branca - próximo ao sopé da Mantiqueira (Eng Passos) ETA de Eng Passos	- APO	7516,9 7511	535,2 533
12 INB 12 CDTN Pré-Op - IRD Pré-Op	Hotel Fazenda Villa Forte (Eng Passos)	SLO/VEG/LTE/RAC SLO/VEG/ACH SLO/VEG/LTE	7511	533,8
13 INB 13 CDTN Pré-Op	Ribeirão da Água Branca - próximo à Via Dutra (Eng Passos)	- ASU/SDL	7512,2	536,5
14 INB 14 CDTN Pré-Op - IRD Pré-Op	Fazenda da Água Branca (Eng Passos)	- TLD TLD	7516,4	534,6
15 INB 15 CDTN Pré-Op	Poço artesiano que abastece o CIR Área do CIR (Eng Passos)	ASB ASB	7511,8	535,1
16 INB 16 CDTN Pré-Op	500 m depois do portão de entrada do CIR (Eng Passos)	- TLD	7511,9	535,3
17 INB 17 CDTN Pré-Op - IRD Pré-Op	Estação Meteorológica do CIR (Eng Passos) No CDTN, Reservatório do CIR (mesmas coord.)	TLD/ASL/ACH/GAS/ATM ASL/GAS TLD/ASL	7511,3	535,4
18 INB 18 CDTN Pré-Op	Poço artesiano próximo à utilidades da FEC (Eng Passos)	- ASB	7511,7	535,7
19 INB 19 CDTN Pré-Op	Poço artesiano que abastece a Unidade II da FEC (Eng Passos)	- ASB	7511,8	536,4
20 INB 20 CDTN Pré-Op	Ao lado da casa de fornos do Lab. da GEPSE (Eng Passos) No CDTN, Escritório de Obras (mesmas coord.)	- TLD	7511,6	536,2
21 INB 21 CDTN Pré-Op	Clube Náutico da INB (Eng Passos) No CDTN, Clube da NUCLEBRAS	TLD TLD	7511	537
22 INB 22 CDTN Pré-Op	Represa do Funil - próximo ao clube da INB (Eng Passos)	ASU/SDL ASU/SDL	7511,0	537,0

Tabela 4.81 Cont.

Ponto de Amostragem	Local de Amostragem	Análises	Coordenadas	
			N	E
23 INB 23 CDTN Pré-Op	Ribeirão da Água Branca - ponto de captação de água da ETA do CIR (Eng Passos)	ASU ASU	7511,4	538,0
24 INB 24 CDTN Pré-Op - IRD Pré-Op	Capela São Sebastião (Nhangapi)	TLD TLD TLD/ASU/SDL	7511,3	538,0
25 INB 25 CDTN Pré-Op	Escola Lea Duarte Jardim (Nhangapi)	- TLD	7511,5	539
26 INB 26 CDTN Pré-Op - IRD PRé-Op	Ribeirão da Água Branca - 800 m antes do túnel (Nhangapi) Ribeirão da Água Branca - depois do canal	ASU/SDL ASU/SDL APO/SDL	7510,9 7509,0	539,5 543,0
27 INB 27 CDTN Pré-Op	Rio Paraíba do Sul - 500 m a montante da foz do Ribeirão da Água Branca (Itatiaia/Furnas)	ASU ASU	7509,6	543,5
28 INB 28 CDTN Pré-Op	Rio Paraíba do Sul - 10 km a jusante da foz do Ribeirão da Água Branca (Itatiaia/Resende) Rio Paraíba do Sul - logo depois de receber as águas do Ribeirão da Água Branca	- ASU	7514,8 7511,0	550,1 543,0
29 INB 29 CDTN Pré-Op	Grupo Escolar Reinaldo Maia Souto (Itatiaia)	ACH/TLD/ASL/GAS ACH/TLD/ ASL/GAS	7512,2	545,1
30 INB 30 CDTN Pré-Op - IRD Pré-Op	Fazenda Chalé (ex-primavera) (Itatiaia) No CDTN, Faz. Belos Prados (mesmas coord.)	- SLO/VEG/LTE SLO/VEG/LTE/TLD	7512,4	545,5
31 INB 31 CDTN Pré-Op	ETA de Itatiaia - rio Campo Belo, próximo ao Sanatório Militar (Parque Nacional de Itatiaia) ETA de Itatiaia	- APO	7515,8 7513,0	541,2 545,0
32 INB 32 CDTN Pré-Op	Hotel Bouganville (Itatiaia) Escola Lar dos Meninos (pts próximos)	- TLD	7517,0 7516,7	549,5 550,5
33 INB 33 CDTN Pré-Op	Rua Quaresma 50 (Bairro Casa da Lua - Resende) Fac. D. Bosco (Resende)	- ASL/GAS/TLD	7512,5 7514,8	551,2 544,6
34 INB 34 CDTN Pré-Op - IRD Pré-Op	ETA Nova Liberdade - próximo ao Rio Paraíba do Sul (Resende)	APO APO APO	7515,9	554,9

Tabela 4.81 Cont.

Ponto de Amostragem	Local de Amostragem	Análises	Coordenadas	
			N	E
35 INB 35 CDTN Pré-Op	ETA 31 de março - próximo à Sta Casa da Misericórdia de Resende (Resende)	- APO	7514,2	557,2
36 INB - CDTN Pré-Op	ETA Rio Entupido (Queluz)	- -	7512,1	521,7
37 INB - CDTN Pré-Op - IRD Pré-Op	Fazenda do Regato (Queluz)	SLO/VEG/LTE/RAC - SLO/VEG/LTE/TLD	7511,7	524,8
38 INB - CDTN Pré-Op	Fazenda São José (Queluz)	- -	7508,7	523,0
39 INB - CDTN Pré-Op	Fazenda dos Picos (Eng Passos/Itamonte)	- -	7517,7	527,5
40 INB - CDTN Pré-Op	Escola Dr. Luis Whately (Eng Passos/Itamonte)	- -	7514,5	530,7
41 INB - CDTN Pré-Op	Fazenda Valparaíso (Eng Passos)	- -	7514,3	535,9
42 INB - CDTN Pré-Op	Hotel Interpass (Itatiaia)	- -	7512,7	542,9
43 INB - CDTN Pré-Op - IRD Pré-Op	Parque Nacional de Itatiaia - ao lado da residência do diretor do Parque (Itatiaia)	TLD - TLD	7517,1	540,5
44 INB - CDTN Pré-Op	Hotel Simon - dentro da área do Parque Nacional de Itatiaia (Itatiaia)	- -	7518,5	540,4
45 INB - CDTN Pré-Op	Bacia de Líquidos da Unidade I da FEC (Eng Passos)	- -	7511,1	536,2
46 INB - CDTN Pré-Op	Área da Unidade II da FEC (Eng Passos)	TLD -	7511,2	537,0
47 INB - CDTN Pré-Op				

Fontes: Levantamento Ambiental Pré-Operacional nas Circunvizinhanças do CIR (IRD)
Relatório de Configuração Ambiental Pré Operacional do CIR - DERL.PD-08/82 (CDTN); INB

Os parâmetros analisados correspondem a:

ACH - Água de Chuva	ASB - Água Subterrânea	ASL - Aerossol
ASU - Água de Superfície	GAS - Gases	LTE - Leite
SDL - Sedimentos e Lamas	RAC - Ração	VEG - Vegetais
SLO - Solos	TLD - Exposição Instantânea	
APO - Água Potável (após estação de tratamento)		

A Figura 4.54 a seguir mostra, de forma esquemática, os pontos de amostragem na região do CIR.

Figura 4.54 PONTOS DE AMOSTRAGEM – PROGRAMA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL DO CIR



4.4.4. Monitoramento Ambiental - Programa Pré-Operacional do CIR

4.4.4.1. Qualidade das Águas

As análises de água foram realizadas tanto para parâmetros físicos, químicos, e físico-químicos quanto para parâmetros radiométricos.

- **Análises do IRD**

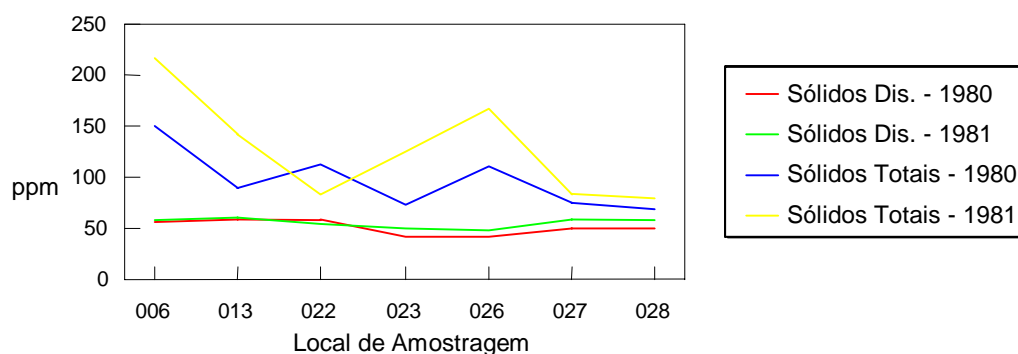
Não foram realizadas análises das águas no Levantamento Ambiental nas Circunvizinhanças do Complexo Industrial de Resende.

- **Análises do CDTN**

No período de 1980 a 1981 foi realizado um levantamento pré-operacional das águas de superfície, subterrâneas, e potável nas circunvizinhanças do CIR, elaborado pelo Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN). Estas amostras foram realizadas pelo operador responsável do CIR. As análises radiométricas de água foram realizadas pela Divisão de Engenharia Ambiental do Departamento de Radioproteção e Apoio ao Licenciamento (DIEAM/DERL.PD), enquanto as análises químicas pela Divisão de Química do Departamento de Apoio Técnico (DIQUI/DEAT.PD). Foram utilizados para as análises radiométricas 2 contadores proporcionais a gás de pequena área (Berthold - modelo LB6210H) e um sistema alfa/beta-2200 Canberra. A Tabela 4.81 anterior indica os pontos de amostragem referentes às análises de água.

As curvas apresentadas adiante mostram alguns resultados, expressos com relação aos valores máximos anuais, obtidos deste monitoramento.

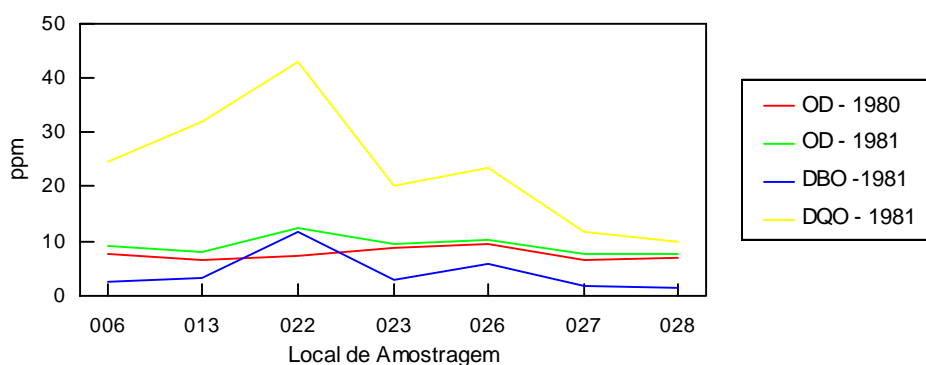
Água de Superfície - Sólidos Dissolvidos e Totais



Verifica-se que estes valores estão bem abaixo do limite estabelecido pela Resolução

CONAMA 20/86 para águas de Classe 2² (Sólidos Dissolvidos: até 500 mg/l).

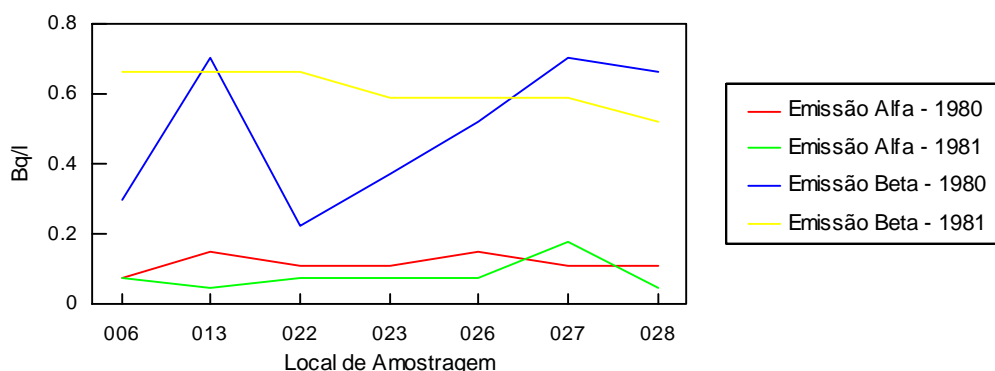
Água de Superfície - Oxigênio Dissolvido, DBO e DQO



De acordo com a Resolução CONAMA 20/86, o limite de DBO é de até 5 ppm para águas de Classe 2. Verifica-se que o valor do ponto 022 supera este limite. Porém, durante o monitoramento operacional (pg. 4.250), nota-se que este ponto, próximo ao CIR, é o que apresenta valores mais elevados, apresentando declínio nos últimos anos.

Emissão Alfa e Beta

Água de Superfície - Emissão Alfa e Beta



Os valores de emissão alfa variam até 0,2 Bq/l. Estes valores estão na mesma faixa dos valores obtidos no programa de monitoramento operacional a partir de 1992 (pg. 4.258). Os

² A Resolução CONAMA 20/86 trata da qualidade das águas; Classe 2 corresponde a águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento convencional, à recreação de contato primário, à proteção das comunidades aquáticas, à irrigação de frutas e hortaliças e à criação natural e à criação natural de espécies destinadas à alimentação humana.



valores de emissão beta variam entre 0,2 e 0,8 Bq/l, que está na mesma faixa dos valores do programa de monitoramento operacional.



4.4.4.2. Qualidade do Ar

- **Análises do IRD**

Quando a radiação ionizante passa através da matéria, parte de sua energia se transfere à massa. A dose de radiação liberada e medida por unidade de tempo é denominada taxa de dose. A Tabela 4.82 a seguir mostra a taxa de dose gama medida pelo IRD.

Tabela 4.82 TAXA DE DOSE GAMA (mSv/ano)

Ano	Média	Mínimo	Máximo
1982	1,33	1,1	1,7
1983	1,22	1,04	1,55
1984	1,08	0,81	1,53

Levantamento efetuado por 3 anos (1982 -84) (9 amostras)

Fonte: Levantamento Ambiental Pré-Operacional nas Circunvizinhanças do CIR

Estes valores encontram-se abaixo do *background* de radiação típico no Brasil, que é de 1,5 a 2,5 mSv/ano. Além disso, os valores de TLD obtidos no programa de monitoramento operacional (conforme pode ser verificado nas páginas 4.266 e 4.267) são inferiores a estes apresentados acima, o que demonstra a ausência de impacto das atividades da INB durante o período de operação.

A Tabela 4.83 a seguir apresenta os valores de urânio (U²³⁸ e U²³⁴) encontrados em amostras de aerossol neste mesmo período. Não foram realizadas análises de emissão alfa e beta total em aerossol no levantamento pré-operacional do IRD.

Tabela 4.83 CONCENTRAÇÕES DE U238 e U234

Radionuclídeo	Aerossol (Bq/l)	
U ²³⁸	(18)	
	Média	0,015
	Mínimo	0,0037
	Máximo	0,067
U ²³⁴	(25)	
	Média	0,0196
	Mínimo	0,00481
	Máximo	0,089

Fonte: Levantamento Ambiental Pré-Operacional nas Circunvizinhanças do CIR

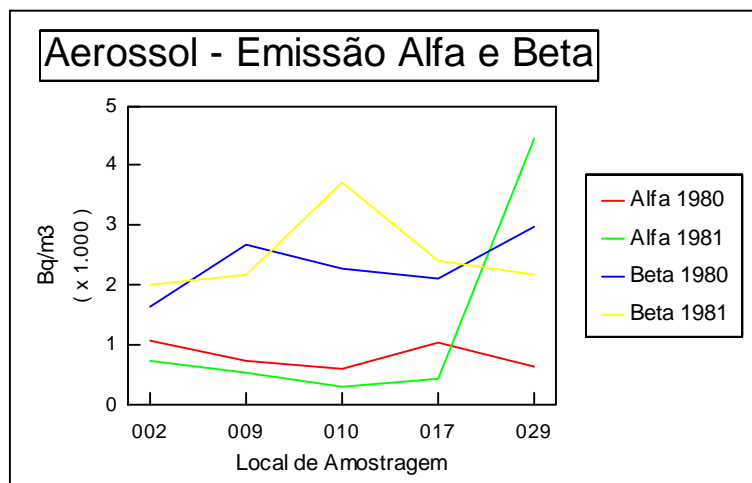
Obs.: O número entre parênteses indica a quantidade de amostras realizadas

• Análises do CDTN

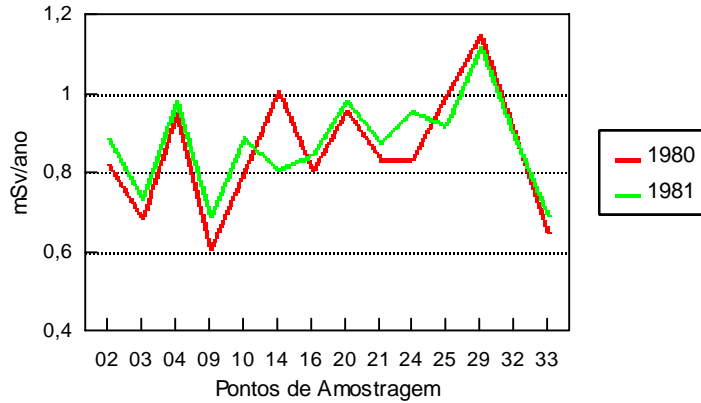
As análises radiométricas de ar foram feitas utilizando um contador proporcional de grande área (Frieske & Hoepfner FHT - 700A), um mini scaler Eberline modelo MS-2 acoplado a um detector externo Eberline modelo área (Frieske & Hoepfner FHT - 700A), um mini scaler Eberline modelo MS-2 acoplado a um detector externo Eberline modelo RD-14.

Emissão Alfa e Beta Total

As curvas apresentadas adiante mostram os valores de alfa e beta total em amostras de aerossol nos anos de 1980 e 1981 (valores máximos), quando foi realizado o relatório de configuração ambiental pré-operacional pelo CDTN.



Taxa Integrada de Exposição Gama (TLD)

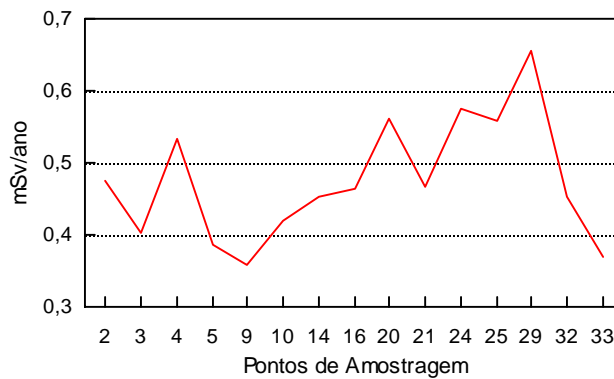


Fonte: Relatório de Configuração Ambiental Pré-Operacional do CIR – DERL. PD-08/82

Elaboração: Natrontec

Verifica-se que os dois anos analisados (1980 e 1981) apresentam a mesma variação de valores de TLD. O ponto de amostragem número 29 (Itatiaia), a montante da FEC, apresenta valores de TLD e gama instantânea mais elevados, provavelmente associados à sua altitude e pluviometria mais intensa, recebendo maior influência dos raios cósmicos. Os pontos mais próximos ao CIR (10, 16, 20, 21, 24) apresentam valores da ordem de 0,8 a 1,0 mSv/ano, valor este inferior a 3mSv/ano especificado na Norma CNEN 3.01.

Taxa Instantânea de Exposição Gama (1981)



Fonte: Relatório de Configuração Ambiental Pré-Operacional do CIR – DERL. PD-08/82

Elaboração: Natrontec

Verifica-se neste gráfico a mesma variação apresentada no gráfico anterior de TLD.

4.4.4.3. Outras Análises (Leite, Solo, Sedimento, Pasto, Peixes)

• Análises do IRD

As Tabelas abaixo apresentam as análises alfa e beta total realizadas em amostras de solo e sedimentos e análises de ²³⁸U, ²³⁴U e ²²⁶Ra em amostras de pasto, leite e peixe no período de 1982 a 1984 realizadas pelo IRD.

Conforme mencionado no item 4.4.3 acima, apesar das análises terem sido realizadas entre 1982 e 1984, o IRD considera este levantamento como pré-operacional, conforme verifica-se pelas fontes utilizadas na elaboração das Tabelas 4.84 e 4.85.

Tabela 4.84 ATIVIDADE ESPECÍFICA ALFA E BETA TOTAIS EM AMOSTRAS DE SOLOS E SEDIMENTOS

Medida	Solo (Bq/g seco)	Sedimento (Bq/g seco)
Alfa Total	(22)	(16)
Média	0,37	0,52
Mínimo	0,11	0,28
Máximo	0,70	0,93
Beta Total	(22)	(16)
Média	2,00	2,29
Mínimo	1,18	1,37
Máximo	2,81	3,22

Obs.: 1 - () Número de amostras coletadas e analisadas.

2 - Coletas de solo e sedimento semestrais

3 - Levantamento efetuado por 3 anos no período de 1982 a 1984.

Fonte: Levantamento Ambiental Pré-Operacional nas Circunvizinhanças do CIR (INB-04)

Tabela 4.85 CONCENTRAÇÕES DE U238, U234 E Ra226

Radionuclídeo	Pasto (Bq/kg seco)	Leite (Bq/l)	Peixe (Bq/kg úmido)
U238	(15)	(5)	(7)
Média	0,148	0,048	0,063
Mínimo	< 0,025	0,023	0,022
Máximo	0,407	0,118	0,093
U234	(15)	(5)	(5)
Média	0,159	0,085	0,096
Mínimo	< 0,037	0,023	0,044
Máximo	0,481	0,233	0,155
Ra226	(12)	(20)	(5)
Média	0,385	0,015	0,104
Mínimo	0,093	0,002	0,030
Máximo	1,184	0,027	0,155

Obs.: 1 - () Número de amostras coletadas e analisadas.

2 - Coletas de aerossol, leite, e água de superfície trimestrais.

3 - Coletas de pasto e peixe semestrais.

4 - Levantamento efetuado por 3 anos no período de 1982 a 1984

Fonte: Levantamento Ambiental Pré-Operacional nas Circunvizinhanças do CIR (INB-04)

4.4.5. Monitoramento Ambiental - Programa Operacional

4.4.5.1. Qualidade das Águas

- **Análises da INB**

A INB realiza análises de água superficial em 8 pontos da região do CIR, sendo 4 pontos no Rio Paraíba do Sul e 4 pontos no Ribeirão da Água Branca, conforme a Tabela 4.81 (pag. 4.236) apresentada anteriormente. São também analisadas a qualidade da água potável na ETA Nova Liberdade (Ponto 34 - próximo ao Rio Paraíba do Sul - Resende) e da água subterrânea no poço artesiano que abastece o CIR (Engenheiro Passos - Ponto 15). Os pontos de amostragem são apresentados na Figura 4.54 anterior. As amostras de água são coletadas mensalmente para determinação de urânio e de seis em seis meses para análise por espectrometria alfa.

As curvas apresentadas adiante apresentam uma evolução dos parâmetros medidos pela INB (Programa de Monitoramento Ambiental do CIR) ao longo dos últimos anos. As seguintes abreviações foram utilizadas:

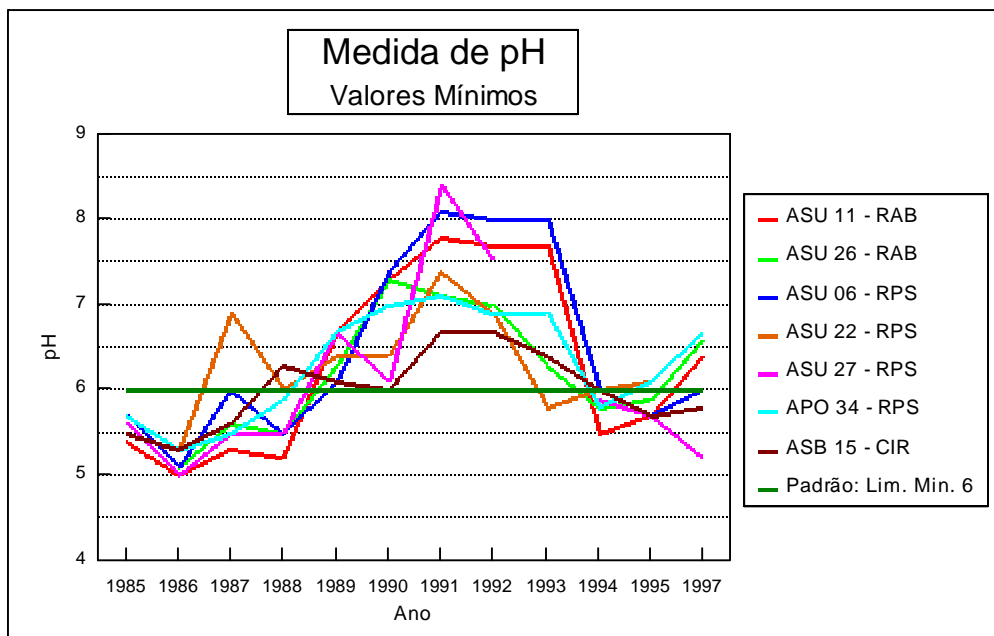
RAB - Ribeirão da Água Branca

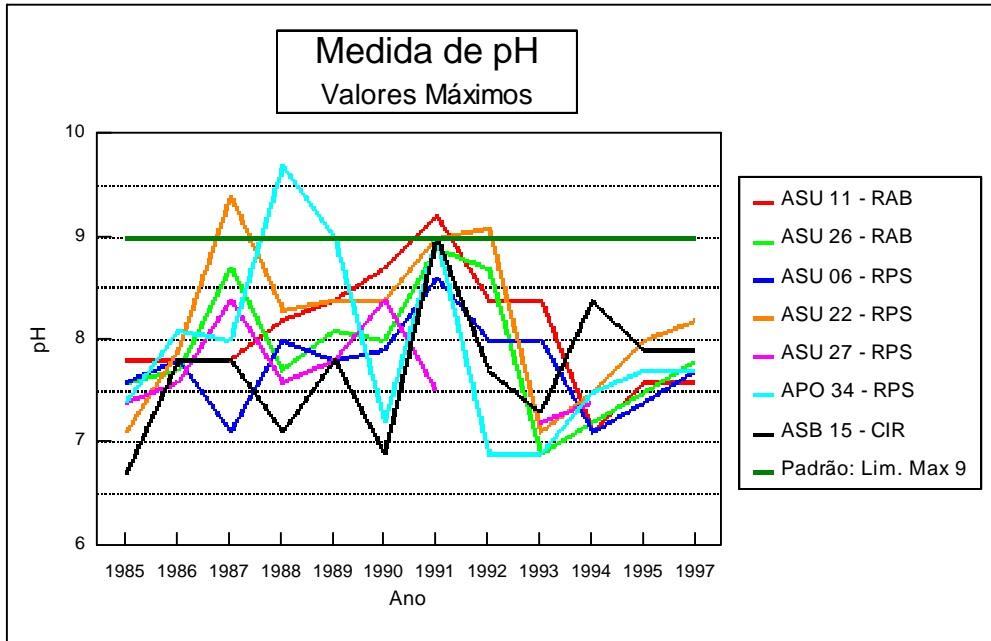
RPS - Rio Paraíba do Sul

ASU - Água Superficial

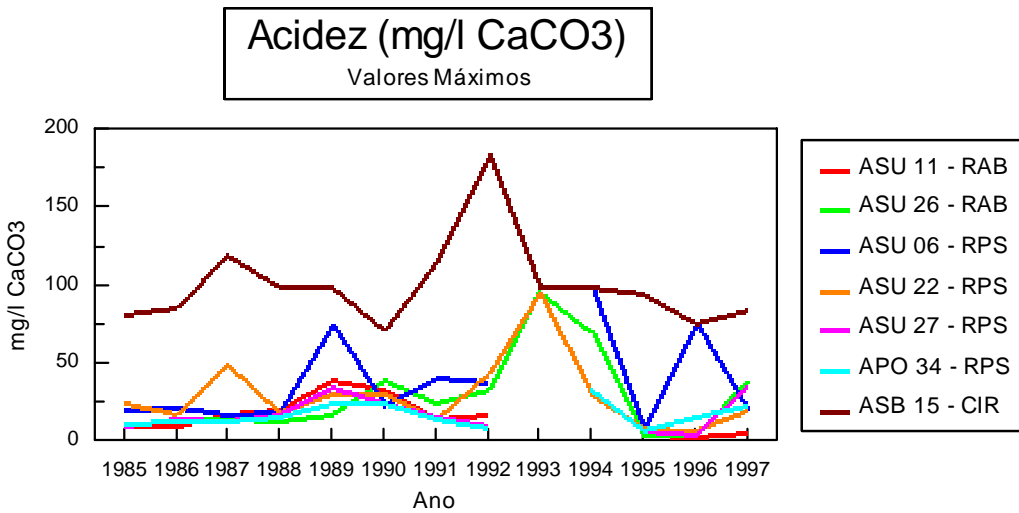
ASB - Água Subterrânea

APO - Água Potável (após tratamento)

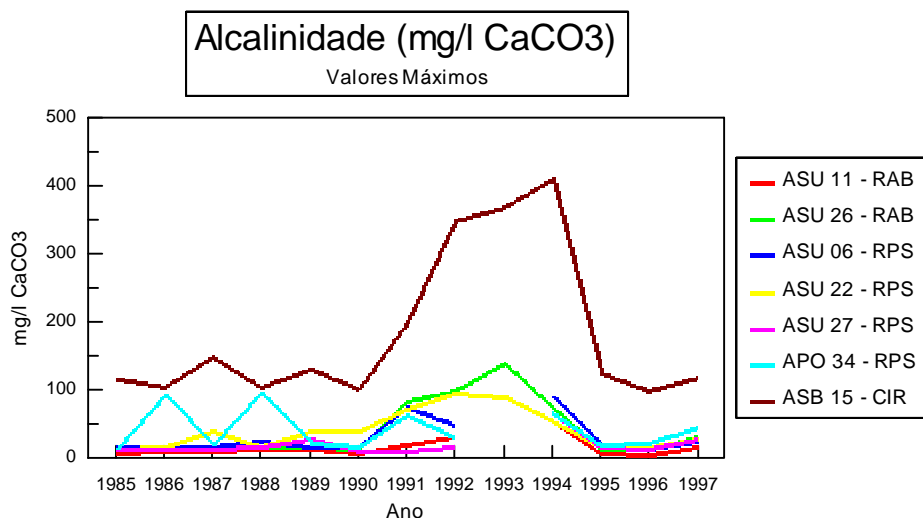




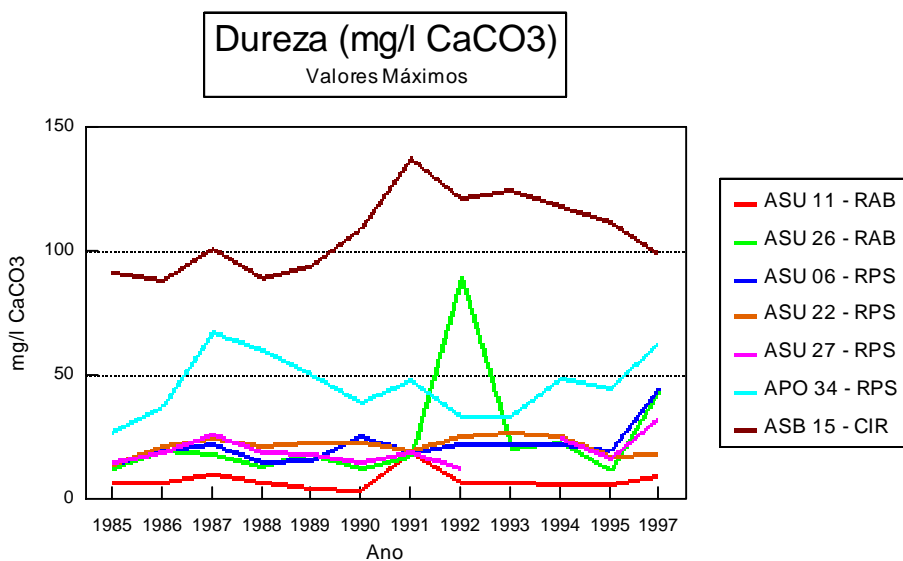
- pH: a maioria dos valores de pH encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86.



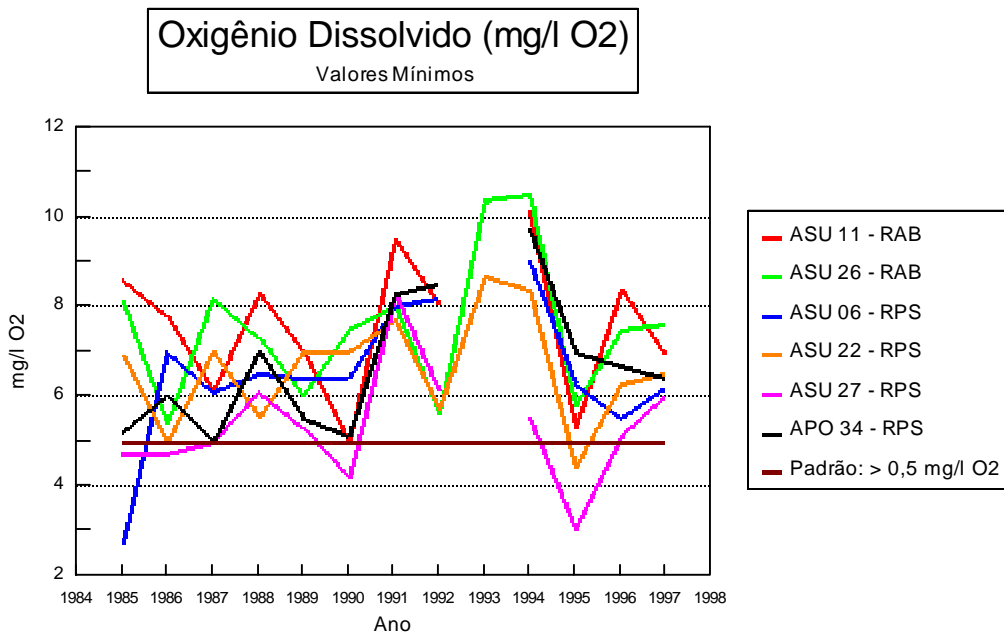
- Acidez: os mais elevados valores de acidez foram obtidos para a análise de água subterrânea no ponto 15 (CIR).



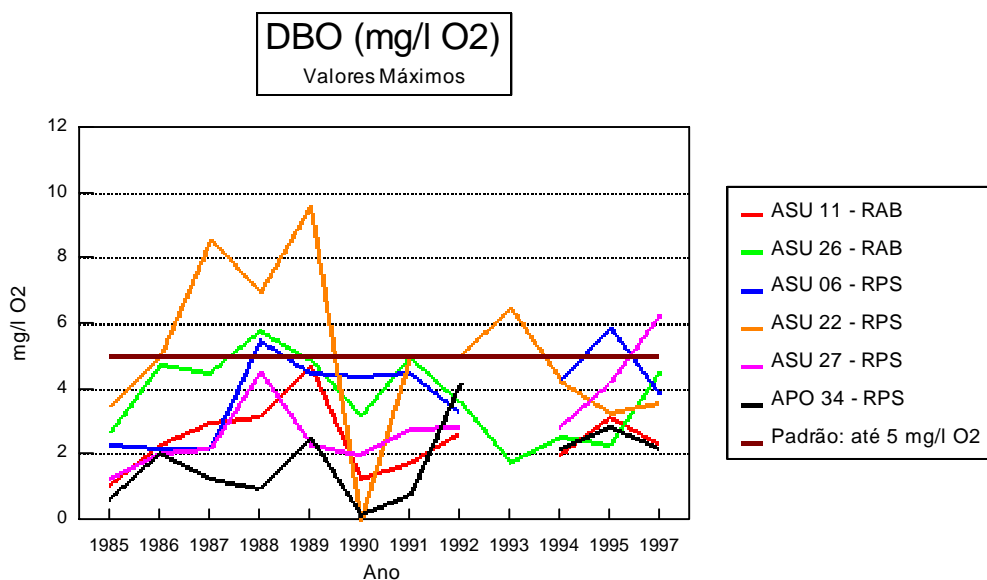
- Alcalinidade: os mais elevados valores de alcalinidade foram obtidos para a água subterrânea no ponto 15 (interior da área do CIR).



- Dureza: assim como os gráficos de acidez e alcalinidade, os valores mais elevados encontram-se no ponto 15 (água subterrânea).

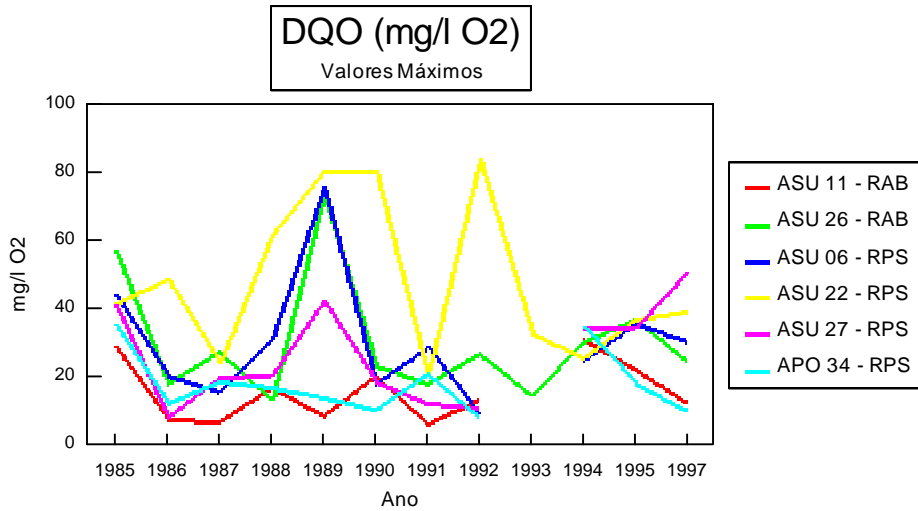


- **OD:** Os valores de oxigênio dissolvido encontram-se acima do valor mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86 (Padrão Classe 2). Estes valores estão na mesma faixa dos valores obtidos pela CDTN, como visto anteriormente na página 4.242. Baixos valores de oxigênio dissolvido estão relacionados a um processo de eutrofização.

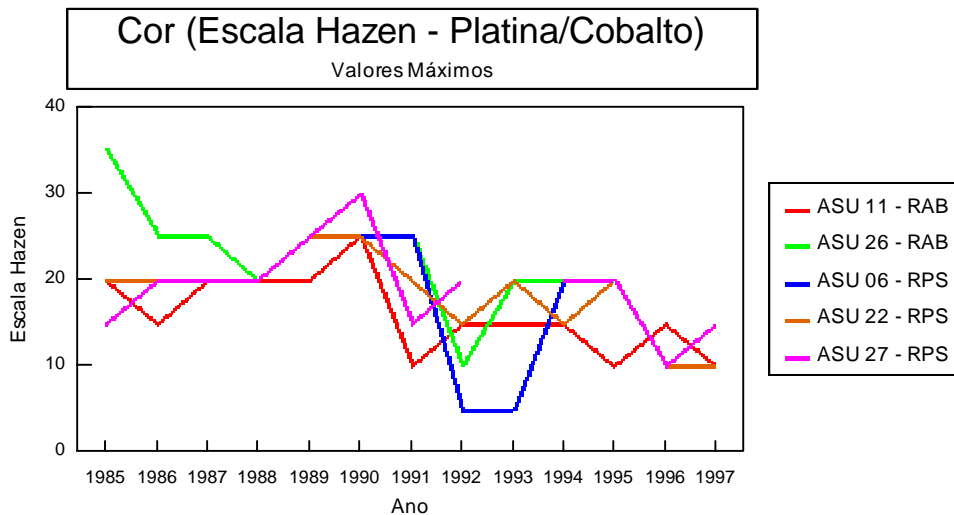


- **DBO:** os valores de DBO encontram-se abaixo do valor mínimo permitido para águas Classe 2 de acordo com a Resolução CONAMA 20/86. Estes valores estão na mesma faixa daqueles obtidos para o levantamento pré-operacional do CDTN (página 4.242). Apenas o ponto 22 (Água Superficial) apresentou valores acima do limite estabelecido, porém estes

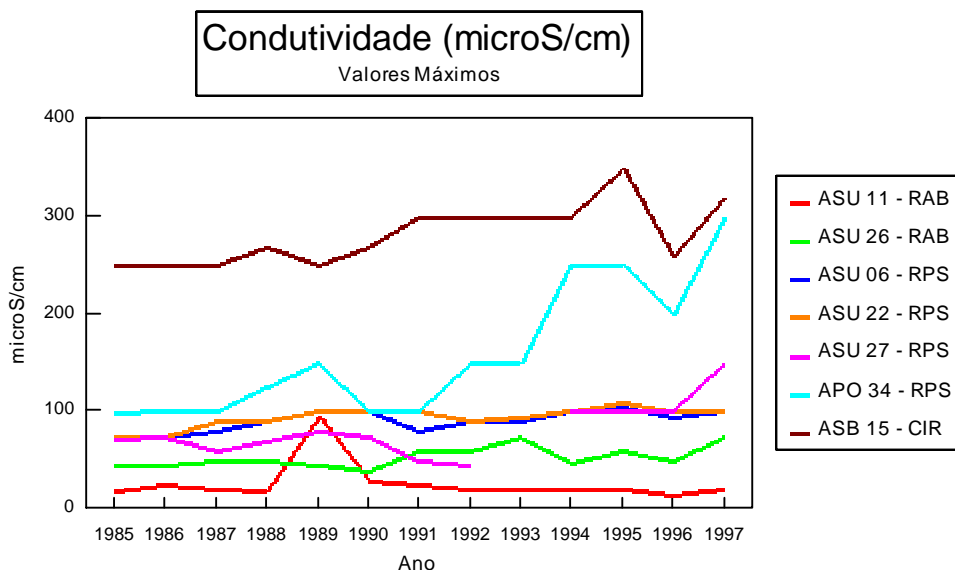
valores apresentaram declínio a partir de 1989.



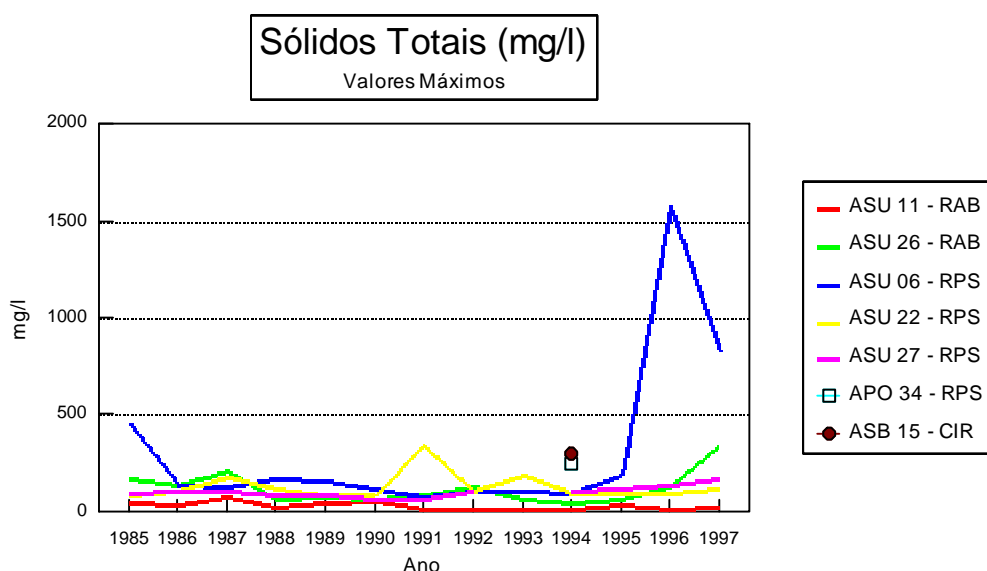
- DQO: os valores de DQO encontram-se acima dos obtidos na fase pré-operacional (10 a 80 ppm contra 10 a 40 ppm), embora a maioria dos pontos encontre-se na mesma faixa de 10 a 40 ppm, ocorrendo pico em 1989 para os pontos de amostragem 06, 26 e 22, e em 1992 para o ponto 22. Trata-se de influências pontuais da carga orgânica recebida pelo corpo receptor ao longo do tempo, bem como de eventuais problemas metrológicos.



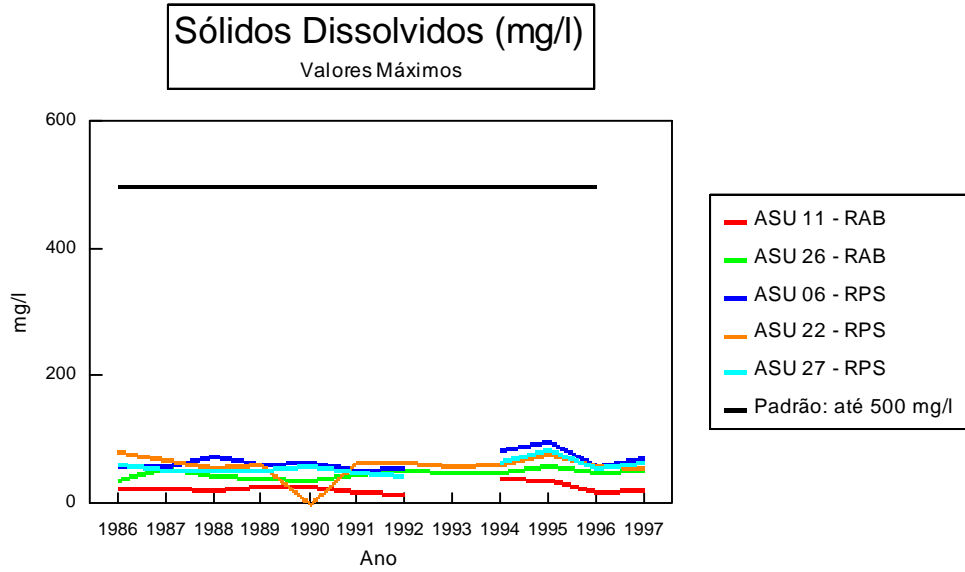
- Cor: todos os pontos de amostragem mostraram a mesma variação (queda até 1992) ao longo dos anos.



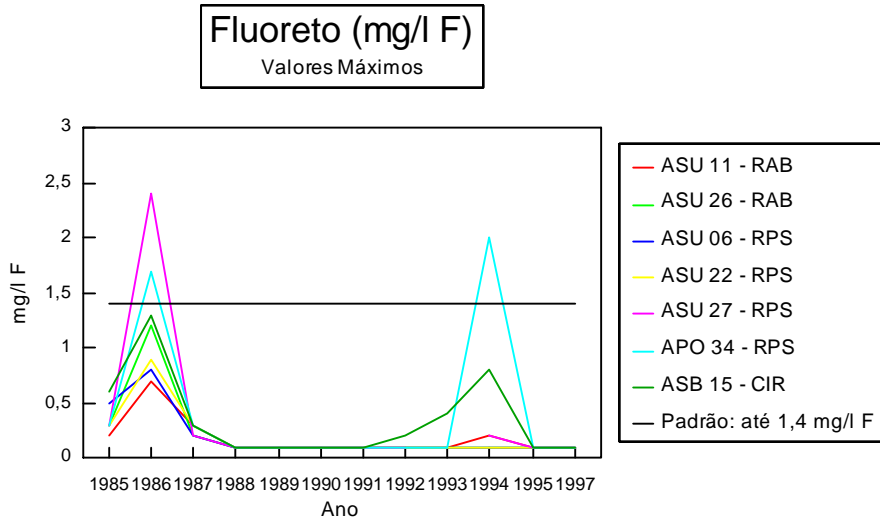
- Condutividade: os mais elevados valores de condutividade foram obtidos para a análise de água subterrânea no ponto 15 (CIR).



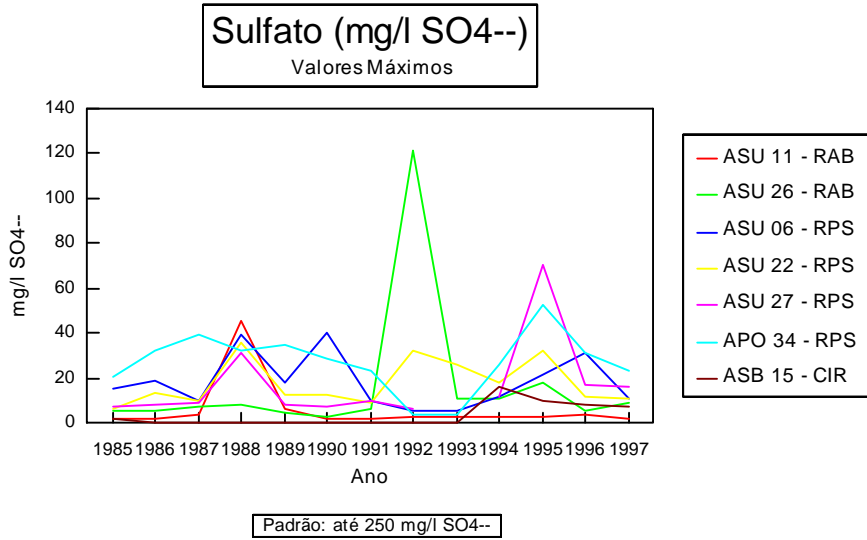
- Sólidos Totais: com excessão do ponto de amostragem 06 no ano de 96, todos os valores obtidos apresentam a mesma variação. Estes valores estão na mesma faixa daqueles obtidos para o levantamento pré-operacional. O pico apresentado pelo ponto 06 provavelmente ocorreu devido a problemas metrológicos.



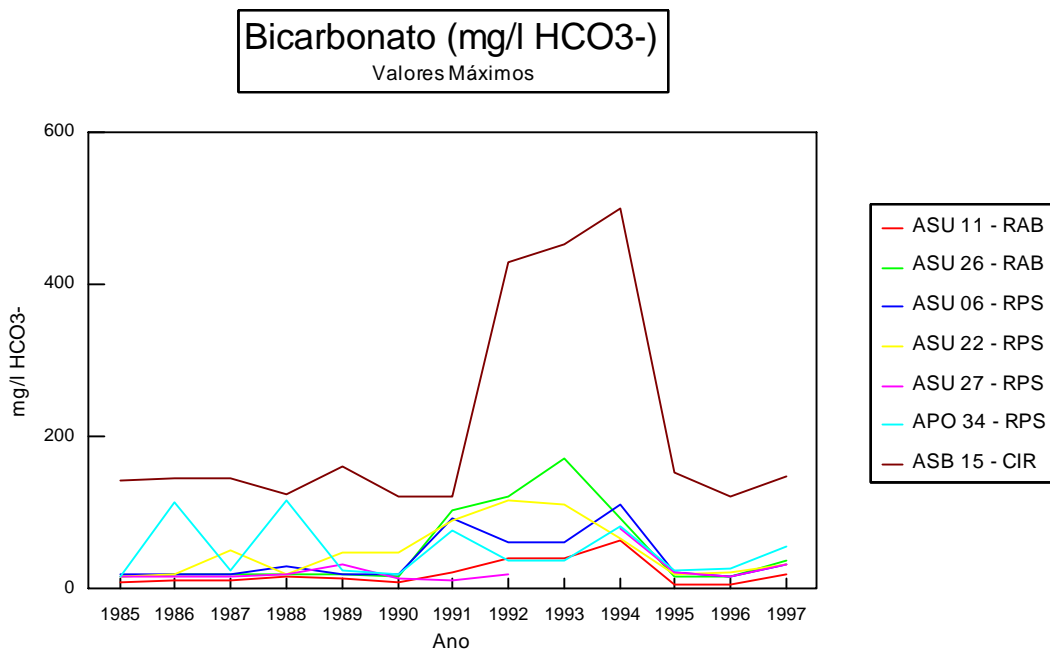
- **Sólidos Dissolvidos:** os valores obtidos tanto no levantamento operacional quanto pré-operacional estão bem abaixo do padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86, e também apresentam a mesma variação.



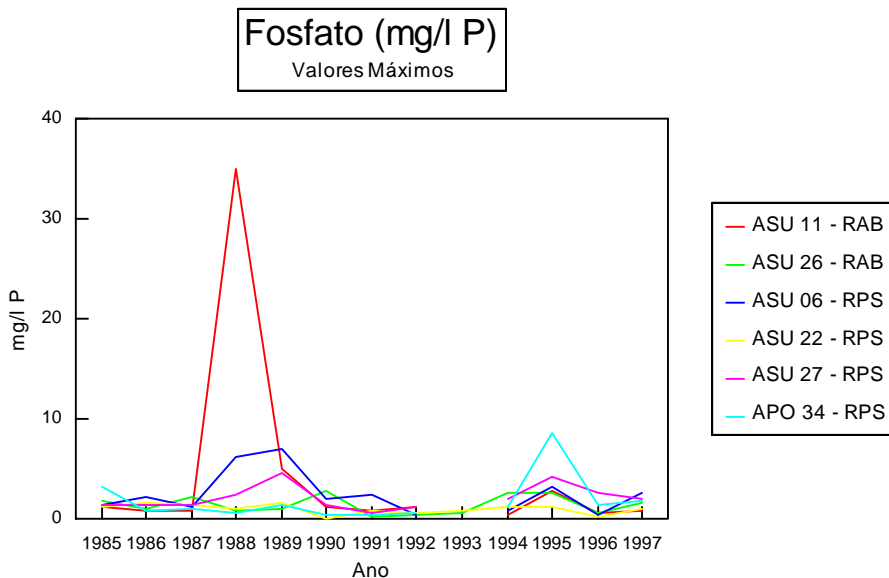
- **Fluoreto:** os valores obtidos estão abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86, com exceção de dois pontos em 1986 e um em 1994. Observa-se um pico em 1986 para todos os pontos de amostragem, porém todos apresentam declínio nos anos seguintes.



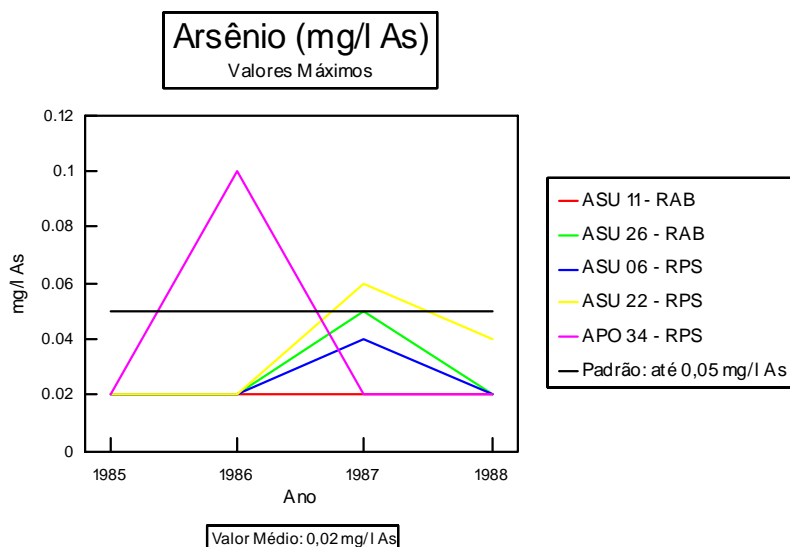
- **Sulfato:** os valores obtidos estão bem abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86.



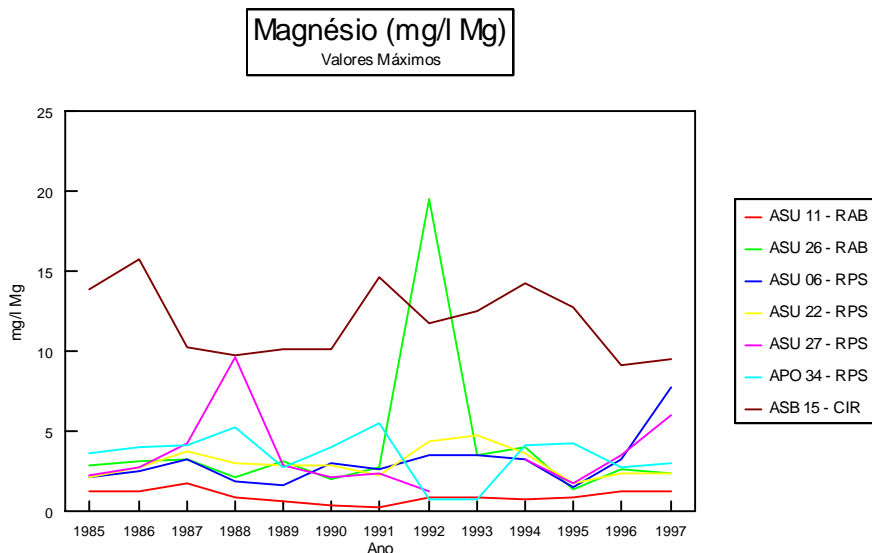
- **Bicarbonato:** os maiores valores de bicarbonato foram obtidos para água subterrânea.



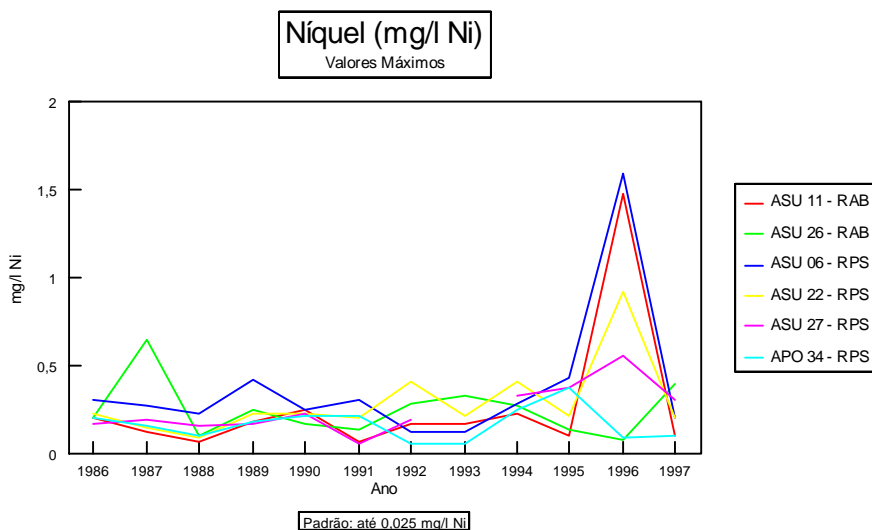
- **Fosfato:** com excessão de um ponto em 1988 (ASU 11), as análises obtidas apresentam a mesma variação. Este pico provavelmente ocorreu devido a problemas metrológicos, uma vez que é um pico isolado.



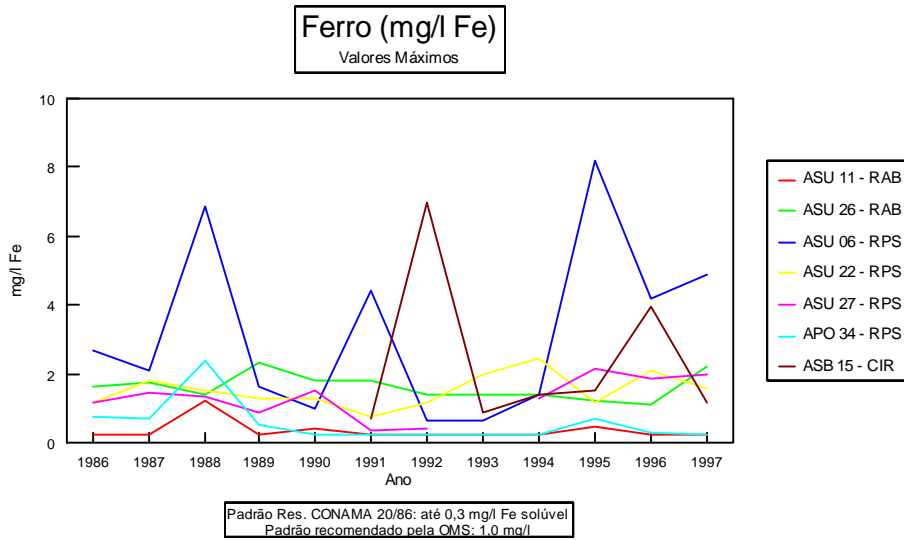
- **Arsênio:** A maioria dos valores de arsênio encontra-se abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86. Não foram realizadas análises após 1988.



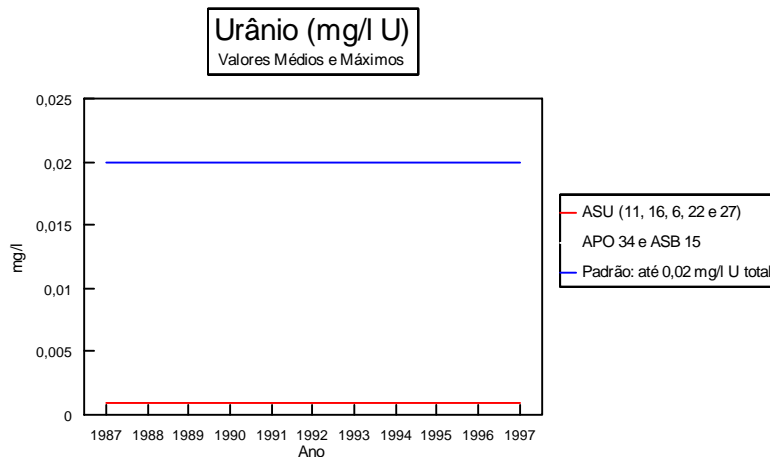
- Magnésio: os mais elevados valores de magnésio foram obtidos para a análise de água subterrânea no ponto 15 (CIR).



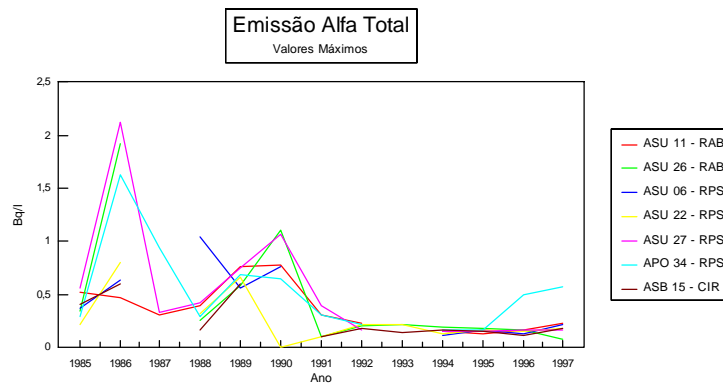
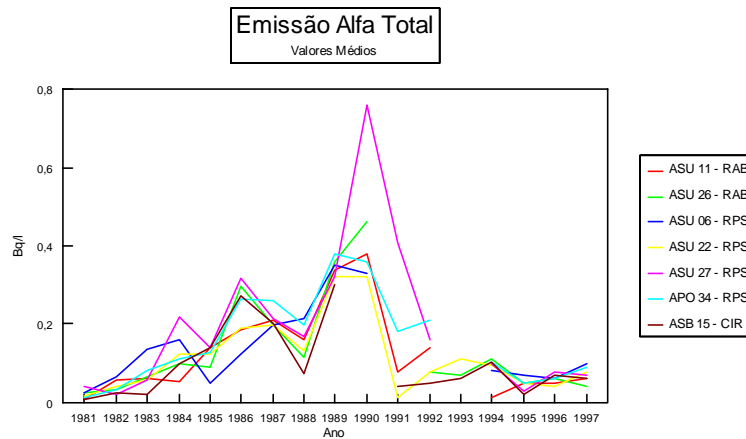
- Níquel: os valores de níquel encontram-se bastante acima do limite imposto pela Resolução CONAMA 20/86 para águas Classe 2 (0,025 mg/l).



- **Ferro:** embora o ferro não seja considerado um metal tóxico, sua presença em excesso pode ocasionar problemas de nível estético, além de conferir à água um sabor característico. Os valores de ferro encontrados no Rio Paraíba do Sul e no Ribeirão da Água Branca encontram-se bastante acima dos valores impostos pela Resolução Conama 20/86 e pela OMS. Estes elevados níveis de ferro estão associados à natureza argilosa da região e aos processos de erosão.



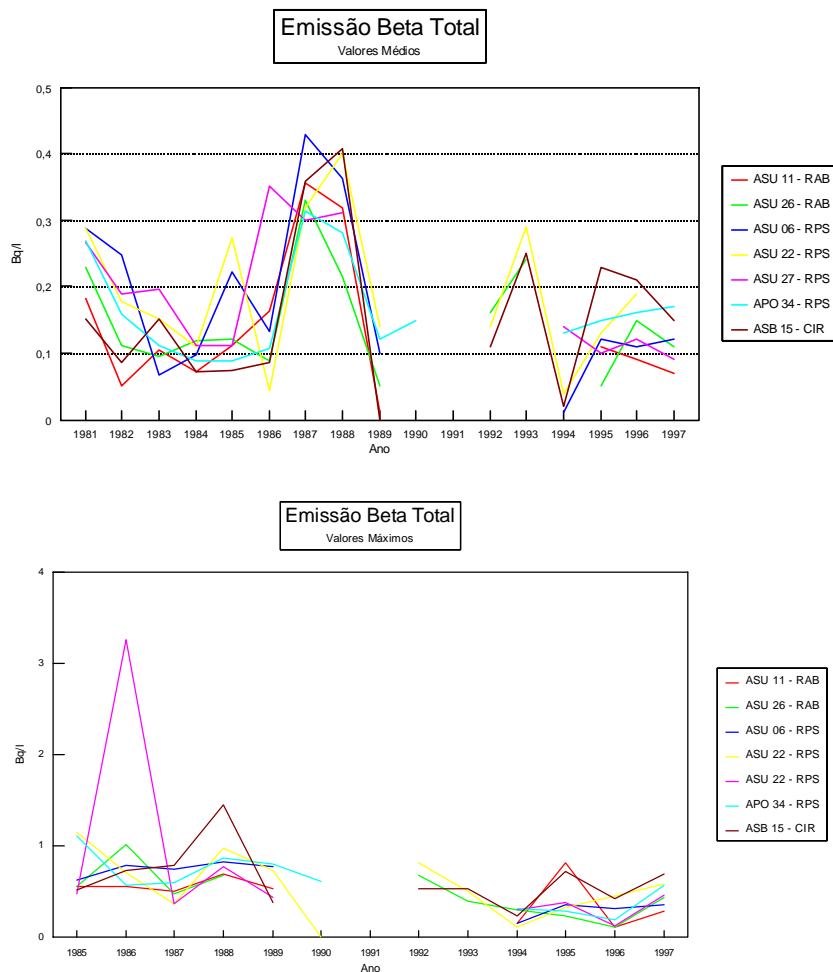
- **Urânio:** os valores de urânio encontram-se bastante abaixo dos limites impostos pela Resolução CONAMA 20/86 (Padrão Classe 2), conforme a curva de urânio apresentada acima. Normalmente, a quantidade de urânio presente na comida é de 0,08 a 70 µg/kg e a quantidade presente em água potável é de 0,4 a 1,4 µg/l. De acordo com a curva, menos de 1µg/l estão presentes na água (potável, superfície e subterrânea).



• Emissão Alfa:

Valores Médios: os valores de emissão alfa apresentam uma certa regularidade. Verifica-se que estes valores crescem até 1990 mas a partir desse ano apresentam declínio até atingirem um patamar inferior a 0,1 Bq/l. Os valores obtidos nos últimos anos estão na mesma faixa dos valores obtidos no programa pré-operacional (pg. 4.242). O pico obtido no ponto ASU 27 ocorreu provavelmente devido a erros metrológicos, uma vez que em 1990 a FEC I lançou 2,63% do limite anual de lançamento de efluente líquido.

Valores Máximos: os valores mais elevados ocorreram em 1986, e nos últimos cinco anos os valores máximos não têm apresentado grande variação.



- **Emissão Beta:**

Valores Médios: na fase pré-operacional, as análises de emissão beta em água de superfície variaram de 0,2 a 0,8 Bq/l. No monitoramento operacional, estes valores variaram de 0,1 a 0,4 Bq/l.

Valores Máximos: a mesma observação feita para os valores máximos de emissão alfa pode ser feita neste caso.

As quebras nos gráficos correspondem a valores abaixo do limite de detecção.

- **Análises Natrontec/INB realizadas ao longo deste estudo**

A Tabela 4.86 a seguir apresenta os valores obtidos para a análise dos parâmetros físico-químicos de água subterrânea na região do CIR realizada pela Natrontec.

Tabela 4.86 ÁGUA SUBTERRÂNEA (ASB15)

Parâmetro	1ª Campanha (Ago/96)	2ª Campanha (Dez/96)	Padrão Classe 2 Res. Conama 20/86
Cloreto	ausente	7 mg/l	250 mg/l
Nitrato	0,02 mg/l	0,10 mg/l	10 mg/l N
Sólidos Dissolvidos	90 mg/l	155 mg/l	500 mg/l



Sólidos Totais	95 mg/l	300 mg/l	*
----------------	---------	----------	---

* Não existe padrão para sólidos totais na Resolução Conama 20/86.

Comparando-se os valores da segunda e terceira colunas com o valor da quarta coluna, pode-se verificar que todos os valores medidos encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86 (Padrão Classe 2).

Foram analisadas amostras de água potável, água subterrânea e água de superfície para a Estação Seca e Estação Úmida quanto à espectrometria alfa e gama. Os resultados encontram-se a seguir.

Tabela 4.87 RESULTADOS DE ESPECTROMETRIA ALFA (Amostras Natrontec) - 1ª Campanha (Ago 96) Estação Seca

Cod. INB	Pt Amost.	Unidade	U - 238	U - 235	U - 234
60830A760A-INT-55	APO 034	Bq/l	< 0.003	< 0.001	< 0.005
60829A755A-INT-55	ASB 015	Bq/l	< 0.002	< 0.001	< 0.004
60829A751A-INT-55	ASU 011	Bq/l	< 0.001	< 0.001	< 0.002
60919A806A-INT-55	ASU 022	Bq/l	< 0.003	< 0.001	< 0.003
60919A808A-INT-55	ASU 023	Bq/l	< 0.002	< 0.001	< 0.001
60829A756A-INT-55	ASU 026	Bq/l	< 0.001	< 0.001	< 0.003
60919A810A-INT-55	ASU 027	Bq/l	< 0.003	< 0.001	< 0.005
60919A812A-INT-55	ASU 045	Bq/l	< 0.003	< 0.001	< 0.006

Tabela 4.88 RESULTADOS DE ESPECTROMETRIA ALFA (Amostras Natrontec/INB) - 2ª Campanha (Dez 96) Estação Úmida

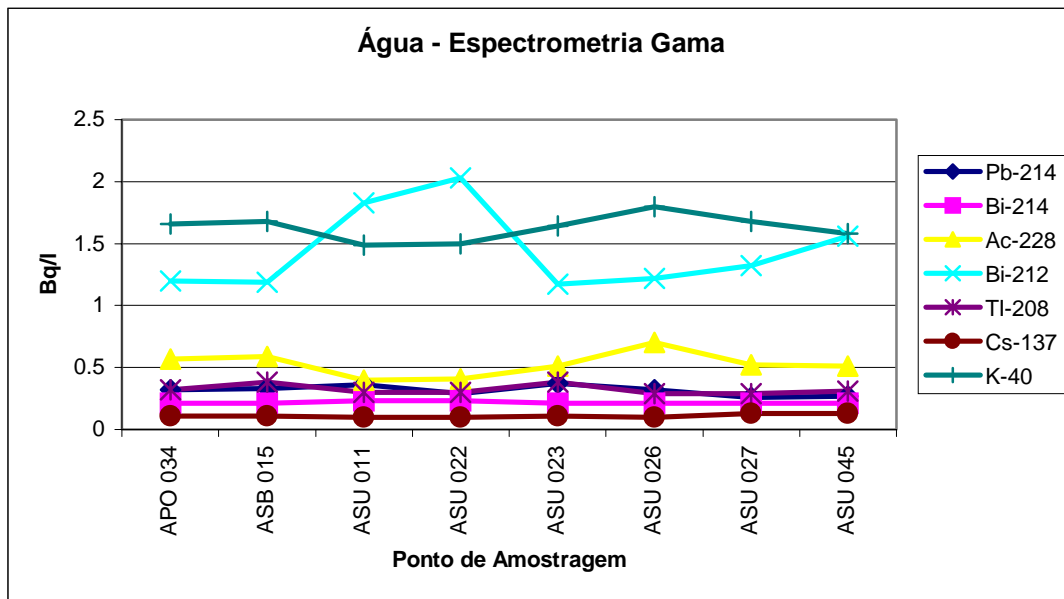
Cod. INB	Pt Amost.	Unidade	U - 238	U - 235	U - 234
61216B095A-INT-55	APO 34	Bq/l	< 0.002	< 0.001	< 0.003
61216B066A-INT-55	ASB 015	Bq/l	< 0.002	< 0.002	< 0.002
61216B084A-INT-55	ASU 011	Bq/l	< 0.003	< 0.001	< 0.004
61216B087A-INT-55	ASU 022	Bq/l	< 0.002	< 0.001	< 0.002
61216B089A-INT-55	ASU 023	Bq/l	< 0.002	< 0.002	< 0.002
61216B091A-INT-55	ASU 026	Bq/l	< 0.002	< 0.001	< 0.002
61216B093A-INT-55	ASU 027	Bq/l	< 0.002	< 0.001	< 0.002
61216B098A-INT-55	ASU 045	Bq/l	< 0.002	< 0.001	< 0.003

Estes valores se encontram bastante abaixo dos valores apresentados no gráfico de emissão alfa da página 4.258, que corresponde ao monitoramento ambiental até 1996.

Tabela 4.89 RESULTADOS DE ESPECTROMETRIA GAMA (Amostras Natrontec/INB) - 1ª Campanha (Ago 96)

Cod. INB	Pt Amost.	Unidade	Pb - 214	Bi - 214	Ac - 228	Bi - 212	Tl - 208	Cs - 137	K - 40
60830A760A-INT-55	APO 034	Bq/l	< 0.32	< 0.21	< 0.57	< 1.20	< 0.32	< 0.11	< 1.66
60829A755A-INT-55	ASB 015	Bq/l	< 0.33	< 0.21	< 0.59	< 1.19	< 0.38	< 0.11	< 1.68
60829A751A-INT-55	ASU 011	Bq/l	< 0.36	< 0.23	< 0.40	< 1.83	< 0.30	< 0.10	< 1.49
60919A806A-INT-55	ASU 022	Bq/l	< 0.29	< 0.23	< 0.41	< 2.03	< 0.30	< 0.10	< 1.50
60919A808A-INT-55	ASU 023	Bq/l	< 0.37	< 0.21	< 0.51	< 1.17	< 0.38	< 0.11	< 1.64
60829A756A-INT-55	ASU 026	Bq/l	< 0.32	< 0.21	0.70± 0.33	< 1.22	< 0.29	< 0.10	1.80±1.14
60919A810A-INT-55	ASU 027	Bq/l	< 0.26	< 0.21	< 0.52	< 1.32	< 0.29	< 0.13	< 1.68
60919A812A-INT-55	ASU 045	Bq/l	< 0.27	< 0.21	< 0.51	< 1.56	< 0.31	< 0.13	< 1.58

Não foram realizadas medidas de espectrometria gama na fase operacional pela INB.



Estas análises para radiação gama foram especialmente realizadas para complementar o acervo do Programa em curso, por solicitação da CNEN/IRD. Os resultados obtidos mostram que o *background* de radiação gama nas águas subterrânea e de superfície pesquisadas, após mais de 15 anos de manuseio de pastilhas de UO₂ enriquecido pela FEC-I, mantém-se dentro de limites características de áreas sujeitas apenas à radiação normal de fundo.