

ESTUDOS DE IMPACTO AMBIENTAL E IMPLICAÇÕES NA SAÚDE PÚBLICA DE RADIOELEMENTOS ASSOCIADOS ÀS MINERALIZAÇÕES DE URÂNIO DE LAGOA REAL - PGAGEM LAGOA REAL

JOSÉ ERASMO DE OLIVEIRA

erasmo@sa.cprm.gov.br

INTRODUÇÃO

O trabalho realizado segue as bases conceituais e metodológicas do Projeto Geoquímica Ambiental e Geologia Médica - PGAGEM. A área investigada abrange 1.126 km², e está localizada na região centro-oeste do Estado da Bahia, entre os paralelos de 13°45'00" e 14°07'00"S e os meridianos de 42°07'00" e 42°22'00"W.Gr.

Os aspectos geológicos e mineralógicos na área têm sido abordados por vários autores (Costa et.al.1985, Arcanjo et al. 2000, entre outros). Dominam na área rochas granito-gnáissicas mesoproterozóicas, essencialmente monzoníticas (subalcalinas). A mineralização secundária é representada por uranofano enquanto os minerais primários uraninita (principal mineral-minério) e pechblenda estão preferencialmente disseminados nas bandas máficas.

A exploração mineira pela INB (Indústrias Nucleares do Brasil S.A.) foi iniciada em 2000, como um empreendimento minero-industrial, concebido com a finalidade de promover o aproveitamento de 33 anomalias radiométricas da Província Uranífera Lagoa Real, com reservas estimadas em 100 mil toneladas de U₃O₈.

O minério é tratado através da técnica de lixiviação em pilhas (estática), onde o mineral é britado, disposto em pilhas e irrigado com solução de ácido sulfúrico, para recuperação do urânio nele contido (licor). A concentração do urânio é realizada pelo processo de extração por solventes orgânicos, seguida da separação, precipitação, secagem e acondicionamento do concentrado (*yellow cake*) em tambores. O *yellow cake* (diuranato de amônia) é transportado para Salvador (BA) por via terrestre. Ele precisa ser transformado em gás exafluoreto de urânio e enriquecido na Alemanha, Holanda ou Inglaterra, para ser utilizado no Brasil como combustível nas usinas nucleares Angra I e II.

A INB tem procurado assegurar a realização de operações de controle e remediação dos impactos ambientais. Com relação ao pessoal, cada trabalhador recebe um crachá com um dosímetro que mede a dose de radiação que está recebendo. No caso do meio ambiente é feito um acompanhamento do ar, solo, água de chuva e subterrânea, animais e plantas. A área de monitoramento se estende por um círculo de 30 km a partir da fábrica. A INB está em contato direto com órgãos que tratam do assunto, como a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), o IBAMA Subordinado ao Ministério do Meio Ambiente e o Centro de Recursos Ambientais (CRA) do Governo do Estado da Bahia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho visa contribuir para a identificação de problemas relacionados à saúde da população e à degradação do meio ambiente, assim como o gerenciamento da microbacia do riacho Fundo e áreas adjacentes, com dados de monitoramento da Província Uranífera Lagoa Real. Devido a sua complexidade o PGAGEM Lagoa Real foi dividido em três fases: 1) Avaliação de Dados; 2) Geoquímica Ambiental e Geologia Médica; e 3) Propostas de Remediação de Sítios Contaminados. A primeira fase foi concluída em junho de 2004 (Oliveira, 2004).

Na segunda fase, em andamento, foi adotada metodologia de geoquímica multielementar com multipropósito. O modelo do PGAGEM Lagoa Real é baseado nas padronizações do *International Geochemical Mapping-IGCP 259* (Danley et al. 1995), *Foregs Geochemical Mapping* (Salminen et al. 1998) e outras instituições.

A escassez de água na região, semi-árida, restringe a aplicação sistemática da geoquímica de águas superficiais. Visando suprir a deficiência de uma rede de drenagem perene, foram coletadas 42 amostras de sedimento de corrente ativo na fração granulométrica menor que 230 *mesh* (silte e argila), objetivando alcançar uma quantificação dos “*baselines*” geoquímicos enfocando o monitoramento ambiental.

Para estabelecer-se as bases para um modelo geoquímico, pressupõe-se diferentes migrações e concentrações de elementos químicos na interface água-solo-rocha.

As 32 amostras de solo e 30 amostras de rocha foram coletadas nas proximidades do centro da estação de amostragem, tendo como referência o poço tubular. As amostras de solo, importantes para o monitoramento de elementos radioativos e biota, foram coletadas no horizonte A no intervalo de 5 a 25 cm de profundidade. As amostras de rochas, normalmente frescas, foram coletadas em afloramentos, quando disponíveis.

As 32 amostras de água subterrânea, coletadas em poços tubulares, foram armazenadas em tubos de polietileno graduados com capacidade de 50 ml, após serem filtradas em filtro de micropore 0,45 mm para a análise de cátions. Para a preservação de cátions solúveis nas amostras foi adicionado 1 ml de HNO₃ 1:1, mantendo pH<2. Para as análises físico-químicas foram armazenados 2 litros de amostra de água que permaneceram refrigerados até o momento da análise.

As análises químicas para 42 amostras de sedimento de corrente, 32 amostras de solo e 30 amostras de rochas foram realizadas pelo *Acme Analytical Laboratories* para um pacote de 51 elementos (Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, In, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nd, Ni, P, Pb, Rb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn e Zr). Para a determinação de 72 elementos nas 32 amostras de água de poços de água subterrânea foram acrescidos ao pacote supracitado, 21 elementos (Br, Cl, Dy, Er, Eu, Gd, Ho, Ir, Lu, Nd, Os, Pd, Pr, Pt, Rb, Ru, Si, Sm, Tb, Tm, e Yb).

Os dados analíticos individuais e médios foram normalizados pelo clarke (xi/c ou x̄/c) parâmetros importante na definição de assinaturas geoquímicas da litologia e do meio secundário (sedimento de corrente e solo). Para as análises químicas de água foram utilizados os valores publicados por Levinson (1980) para águas naturais (ppb). Para os níveis considerados perigosos para a saúde dos seres vivos, foram usados os limites para a classe II, da Resolução nº 20/86, da Comissão Nacional do Meio Ambiente-CONAMA

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A execução do Projeto Geoquímica Ambiental e Geologia Médica vem preencher um importante espaço existente no conhecimento científico da Província Uranífera Lagoa Real, com avaliação baseada nos conceitos e interpretações geoquímicas uniformes, referidas à geologia, meio ambiente e a geologia médica.

Da aplicação metodológica, avaliação, interpretação e integração dos dados foram obtidas as seguintes conclusões:

- 1) Os resultados obtidos nas 42 amostras de sedimento de corrente, 32 amostras de água, 32 amostras de solo e 30 amostras de rocha, coletadas e analisadas por ICP-MS para 72 elementos, permitiram selecionar três áreas-alvo recomendadas para estudos complementares: uma para serviços de monitoramento ambiental e geologia médica, permanente, situada no complexo minero-industrial da INB; e duas outras para iniciar os serviços de geoquímica ambiental (fazenda Juazeiro e povoado Monsenhor Bastos);
- 2) Há uma ligação entre a ciclagem de elementos químicos através do ambiente natural rocha-solo-água com possíveis efeitos adversos ao corpo humano. As concentrações e migrações de elementos e compostos químicos na interface rocha-água-solo são importantes para estabelecer-se as bases para um modelo geoquímico;
- 3) Está sendo dada ênfase aos aspectos relacionados às drenagens, tanto nas áreas estereis quanto nas bacias de rejeitos. O entendimento dos processos envolvidos na migração e transferência dos elementos químicos através do solo e na recarga das águas subterrâneas é imperativo para a definição de um sistema de gestão adequado para garantir que a atividade desenvolvida pela INB não cause danos a população local;
- 4) As jazidas encontradas na Província Uranífera Lagoa Real não possuem ainda outras análogas na geologia do urânio no mundo ocidental. Depósitos similares do Casaquistão são citados em literatura especializada geralmente restrita ao mundo oriental, (ex. URSS-União das Repúblicas Socialistas Soviéticas), dificultando sobremaneira a uma interpretação mais consistente dos modelos geoquímicos;
- 5) Apesar dos avanços tecnológicos, os riscos de contaminação por urânio são sempre elevados, e são indispensáveis monitoramentos e um controle social constante. Convém observar no entanto, que a fábrica de concentrado de urânio (*yellow cake*) de Lagoa Real faz parte da primeira etapa do beneficiamento no ciclo de combustível nuclear e que a técnica de lixiviação em pilhas elimina muitas fases do processo industrial, o que significa menor risco ao meio ambiente e à saúde de seus funcionários;
- 6) Um vazamento de 5.000 m³ de licor de urânio ocorreu em abril de 2000. Embora tenha sido constatado, *a posteriori*, que o vazamento não causou danos significativos ao meio ambiente e a saúde dos funcionários da empresa, membros da comunidade, movimentos ambientalistas e outros cidadãos de Caetitê (BA) sugeriram ao promotor de justiça uma perícia independente para elucidar o caso. O promotor ficou de requisitar profissionais com experiência no assunto, com total isenção, e que os trabalhadores seriam acompanhados para tentar identificar sintomas relacionados a uma possível contaminação.
- 7) Os casos com mortes por câncer nos últimos anos em Lagoa Real são muito pequenos do ponto de vista estatístico, e não há como provar se houve aumento ou se o município tem uma taxa maior que outros. No momento, com os dados disponíveis, não há solução plausível. Recomenda-se que sejam feitos inquéritos que detectem as fases iniciais de câncer, medição da exposição dessas pessoas à radiação e trabalhos com populações controladas, expostas e não expostas às radiações emitidas pelo urânio em suas mais variadas formas de ocorrência. É uma pesquisa exaustiva e cara porém necessária à saúde pública.

REFERÊNCIAS

ARCANJO, J. B. A. et. al. *Projeto Vale do Paramirim*: Estado da Bahia. Salvador: CPRM, 2000. 105 p.il. 3 mapas anexo. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil PLGB. Convênio CBPM/CPRM.

COSTA, P.H. O. et al. *Projeto Lagoa Real*: mapeamento geológico 1:25.000. Salvador: CBPM, 1985. 12 v.

DARNLEY, A. G et al. *A global geochemical database*: for environmental and resource management. Canadá: UNESCO, 1995. 122 p. il. (Earth Sciences, 19).

LEVINSON, A. A. *Introduction to exploration geochemistry*. 2. ed. Wilmette, USA: Applied Publishing, 1980. p. 615-924. Suplemento.

OLIVEIRA, J. E.; SILVA, V. R. 2000. *Projeto Vale do Paramirim*: relatório temático de prospecção geoquímica. Salvador: CPRM, 2000. 60 p. il. 6 mapas anexo. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil PLGB. Convênio CBPM/CPRM. Relatório interno.

OLIVEIRA, J. E. Caracterização metalogênica de corpos granitóides através de prospecção geoquímica: o exemplo da suíte intrusiva Lagoa Real relacionada à mineralizações de urânio no Estado da Bahia. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 8.: SIMPÓSIO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DO MERCOSUL, 1., 2001, Curitiba. *Boletim de Resumos*. [Curitiba: SBGq], 2001. 1 CD ROM

OLIVEIRA, J. E. Correlação geológica-geoquímica-geofísica de Lagoa Real-BA para aplicação em geologia médica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 42., 2004, Araxá. *Anais...* Araxá: SBG, 2004. 1 CD ROM.

SALMINEM, R. et al. *Foregs Geochemical Mapping Field Manual*. Espoo: Geological Survey of Finland, 1998. 39 p. Il.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece aos funcionários da INB, especialmente ao geólogo Evandro Carele de Matos, Coordenador de Desenvolvimento de Jazidas CDEJA.M, pelo incentivo e apoio ao desenvolvimento desse trabalho.

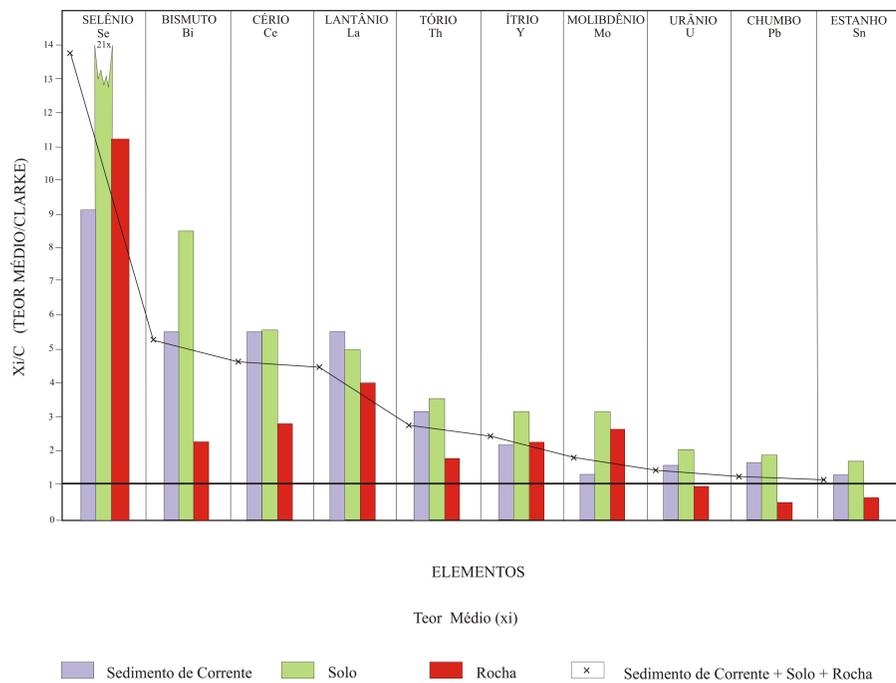


Figura 1: Assinaturas Geoquímicas em sedimento de corrente, solo e rocha

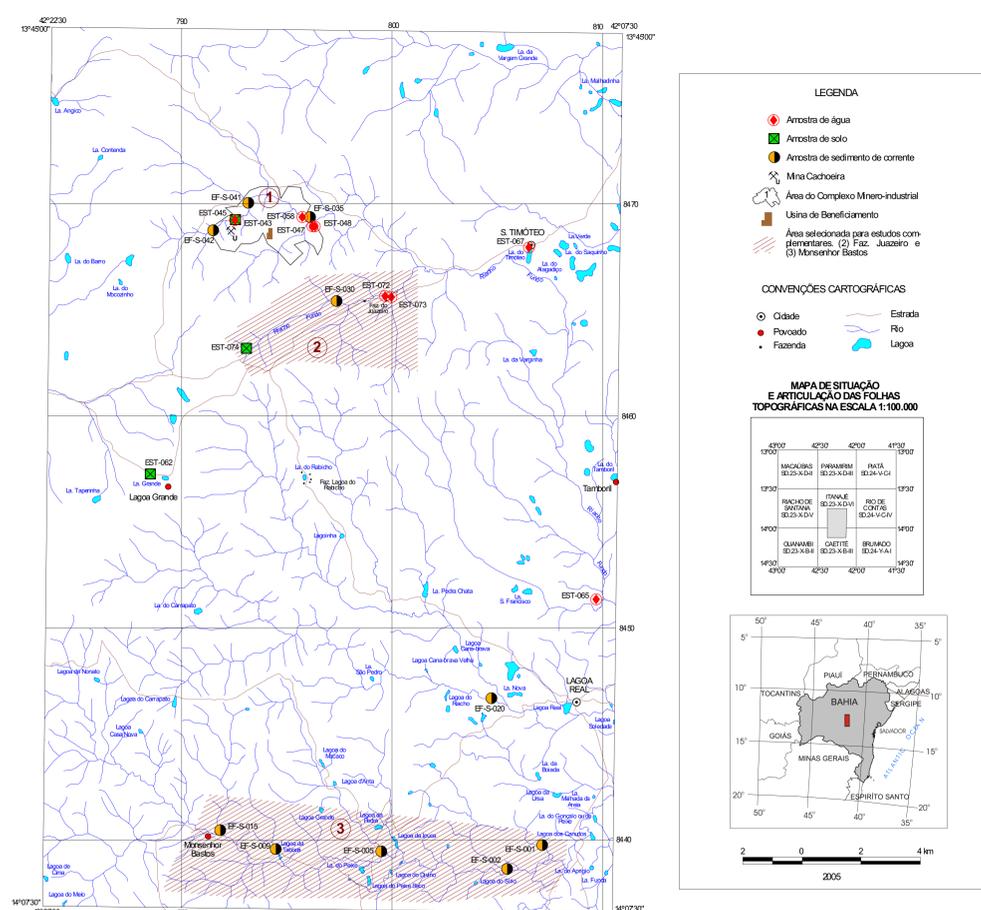


Figura 2: Mapa Geoquímico

Tabela 1: Amostra selecionadas para estudos complementares do PGAGEM Lagoa Real

ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM	ÁREA - ALVO (Nº) AMOSTRA INDIVIDUAL (*)	MATERIAL AMOSTRADO (TEOR DE URÂNIO)	LONGITUDE UTMmE	LATITUDE UTMmN
EF-S-035	(1)	S(5,2ppm)	796.109	8.469.380
EF-S-041	(1)	S(14,9ppm)	793.170	8.470.054
EF-S-042	(1)	S(6,3ppm)	791.503	8.468.748
EST-043	(1)	A(29,89ppb) R(9,9ppm),S(8,7ppm)	792.554	8.469.283
EST-045	(1)	L(13,1ppm)	792.554	8.469.283
EST-047	(1)	A(158,79ppb)	796.258	8.468.982
EST-048	(1)	A(41,39ppb)	796.349	8.468.982
EST-058	(1)	A(42,11ppb)	795.749	8.469.438
EF-S-030	(2)	S(5,0ppm)	797.341	8.465.425
EST-072	(2)	A(566,85ppb)	799.705	8.465.694
EST-073	(2)	A(105,93ppb)	799.993	8.465.635
EST-074	(2)	L(8,2ppm)	793.075	8.463.199
EF-S-001	(3)	S(5,2ppm)	807.105	8.439.738
EF-S-002	(3)	S(5,2ppm)	805.444	8.438.631
EF-S-005	(3)	S(5,8ppm)	799.481	8.439.462
EF-S-009	(3)	S(5,0ppm)	794.461	8.439.563
EF-S-015	(3)	S(6,3ppm)	791.835	8.440.462
EST-062	(*)	L(10,7ppm)	788.513	8.457.279
EST-065	(*)	A(21,03ppb)	809.690	8.451.388
EST-067	(*)	A(98,48ppb)	806.517	8.467.984

MATERIAL AMOSTRADO: A (água), L (solo), R (rocha) e S (sedimento de corrente)

Tabela 2: Neoplasias em Lagoa Real (BA)

Neoplasia	1999	2000	2001	2002
Maligna do estômago	1	2	1	-
Maligna do ovário	-	-	-	1
Maligna da próstata	1	-	-	-
Linfoma não-Hodgkin	-	1	-	-
Restantes de malignas	-	-	-	1
Total	2	3	1	2

Fonte: www.datasus.gov.br

RESULTADOS

O urânio surgiu como um dos dez elementos enriquecidos em relação ao teor médio na crosta terrestre ($xi/c > 1$) nos sedimentos de corrente, solos e rochas na Província Uranífera Lagoa Real (Figura 1). Nesta perspectiva foram destacados: Se (13,78x), Bi (5,38x), Ce (4,61x), La (4,48x), Th (2,80x), Y (2,42x), Mo (1,82x), U (1,42x), Pb (1,27x) e Sn (1,14x). Os outros 41 elementos analisados, restantes, foram considerados empobrecidos ou depletados ($xi/c < 1$).

O urânio registra um padrão de distribuição associável ao Th, Y e ETRL (La e Ce) com comportamento geoquímico similar aos dos pegmatitos de elementos raros (Oliveira, 2001), caracterizado pela abundância dos *HFS* (*High Field Strength*), em conformidade com Oliveira (2004). Neste ambiente geológico também foram destacados: Se, Bi, Pb, Mo e Sn.

A abundância relativa dos valores de chumbo provavelmente está relacionada aos processos de decaimento radioativo da família urânio-actínio-tório, formando isótopos radiogênicos de chumbo, constituindo a "impressão digital" das ocorrências de urânio na Província Uranífera Lagoa Real. Uma ocorrência de chumbo foi cadastrada, na área pesquisada, anteriormente, por outros projetos desenvolvidos na região.

A ocorrência dos elementos ítrio e elementos de terras raras leves (La e Ce), estanho e molibdênio, já estavam previstos na área de pesquisa, de acordo com os estudos efetuados por Oliveira e Silva (2000) e Oliveira (2001).

Serviços de geoquímica exploratória não são geralmente dirigidos para descobrir depósitos de selênio e bismuto. Eles não formam depósitos econômicos, sendo que esses elementos são obtidos como subproduto do refino de outros metais, ou associados a depósitos polimetálicos relacionados à granitóide. Esses elementos podem, por vezes, serem usados como indicadores para alguns depósitos de urânio.

Foram destacados oito poços de água subterrâneos ditos como poluídos por poluente radioativo (urânio). Todos os outros 71 elementos analisados não apresentam, *a priori*, importância significativa à poluição radioativa dos aquíferos. O risco de contaminação de água por radiação foi definido pela probabilidade de contaminação dos poços alcançarem teores acima dos padrões de qualidade recomendados para o consumo humano (0,02 mg/l U, próximo a 20 ppbU). A conversão do risco numa ameaça de contaminação do solo e rocha (pó) foi de 5,0 ppmU. Foram selecionadas onze estações de amostragem com risco potencial de contaminação da água subterrânea e solo, quase sempre relacionadas a elevados teores de urânio em rocha, suscetíveis de trabalhos adicionais de monitoramento ambiental e geologia médica.

Foram selecionadas três áreas-alvo recomendadas para serviços de monitoramento ambiental e geologia médica. Para a área nº1 (12 km²) que contém o complexo minero-industrial da INB de Lagoa Real, prevê-se o controle/monitoramento permanente do meio ambiente e de 130 trabalhadores da mineradora que encerra a mina Cachoeira, em atividade desde 2000, com reservas superiores a 20.500 t de U₃O₈, e uma produção anual estimada em 300t de *yellow cake*. Para as duas outras áreas selecionadas, nesta pesquisa, prevê-se o início dos serviços de monitoramento ambiental e possivelmente programas relacionados à saúde pública. A área nº2 foi demarcada na região da fazenda Juazeiro com teores máximos de urânio em água subterrânea (EST-72/566, 85ppb U e EST-73/105,93ppb U) e que inclui a jazida Engenho com reserva total estimada de 27.600 t de U₃O₈, próxima a EST-74 com 8,3 ppm U em solo. A área nº3 foi delimitada a partir de "basilines" geoquímicas (5,0 ppm U), alcançados em amostras de sedimento de corrente, na parte sul da região, que contém a jazida Monsenhor Bastos com reserva total estimada em 2.200t de U₃O₈. Os poços de água subterrânea situados em São Timóteo (EST-067), faz. Muquilha (EST-065) e Lagoa Grande (EST-062) são recomendados, também, para serviços de geoquímica ambiental e geologia médica complementares (Figura 2 e Tabela 1).

Entre 20 a 23 de abril de 2000 ocorreu um vazamento de 5.000 m³ do licor uranífero na Bacia de Deposição e Reciclagem de Efluentes Líquidos provenientes da lixiviação ácida, por solução de ácido sulfúrico, da pilha de minério. É difícil estimar a extensão do vazamento e o quanto o solo ficou contaminado. A principal preocupação naquele momento de todos os envolvidos na questão foi averiguar a contaminação do lençol freático e dos rios próximos à usina de beneficiamento de U₃O₈. Em que pese teores de urânio acima do normal do solo, remediado, a INB garantiu em audiência pública que o vazamento não atingiu o lençol freático nem os rios e que nenhum funcionário da empresa foi contaminado. Segundo a Secretaria de Saúde de Caetité (BA) ninguém foi atendido no hospital do município com sintomas de contaminação por radiação ou manchas na pele.

Entretanto, não são todos os estudos que mostram um relacionamento entre a radiação devida ao urânio e o câncer. Entre 1999 (fase pré-operacional da mineralização de urânio) e 2002 (mina de urânio Cachoeira em atividade) o Sistema de Informações sobre a mortalidade por neoplasias (tumores) em Lagoa real estão restritas a oito casos (Tabela 2).