

GEOQUÍMICA MULTIELEMENTAR DE SUPERFÍCIE NA DELIMITAÇÃO DE RISCOS E IMPACTOS AMBIENTAIS, ESTADO DO PARANÁ, BRASIL

Otávio.A.B Licht, otavio@pr.gov.br
Minerais do Paraná S.A. - MINEROPAR

INTRODUÇÃO

Um correto diagnóstico ambiental passa, necessariamente, pelo conhecimento adequado do químismo do meio físico. Essas características são identificadas por meio de levantamentos baseados na coleta de amostras de diversos meios, como água e sedimentos de fundo de bacias hidrográficas e solos. Mapas geoquímicos apresentam a distribuição dos elementos e compostos químicos em amostras de materiais naturais representando o somatório dos efeitos de fontes naturais ou antrópicas. Por esse motivo, têm sido considerados como instrumentos básicos para investigações ambientais multipropósito, incluindo geomedicina, geologia médica e a ecotoxicologia. A compilação de dados geoquímicos produzidos por projetos de exploração mineral e a elaboração de mapas geoquímicos integrados pode ser a primeira abordagem para indicação de áreas de risco à saúde. Entretanto, a aplicação correta dos mapas geoquímicos na investigação das correlações entre a geoquímica ambiental e doenças endêmicas será atingida apenas se os dados analíticos forem produzidos e interpretados considerando a biodisponibilidade dos elementos e compostos químicos. Extrações fracas em amostras de sedimentos ativos de drenagem e determinação de íons em amostra de água filtrada são adequa-

das a esse propósito, já que identificam a fração do conteúdo total do elemento, capaz de ser absorvida pela cadeia alimentar. A comparação dos mapas geoquímicos de alguns elementos determinados em amostras de água e de sedimentos de fundo, bem demonstra esse conceito e assim como as diferenças notáveis entre as espécies químicas em ambos meios amostrais (Figuras 7, 8, 9 e 10). A determinação da maior quantidade possível de variáveis analíticas (parâmetros físico-químicos, íons, elementos e óxidos) com os mais baixos limites de detecção possíveis, possibilitará constituir uma poderosa base de dados para a confecção de mapas de distribuição dessas variáveis. Com isso, as mais variadas interpretações são possíveis e relações de causa-efeito são obtidas quando os dados geoquímicos são comparados com a distribuição espacial de parâmetros de mortalidade humana e animal, fertilidade agrícola, fontes pontuais e dispersas de poluição, entre outros. Dessa forma, essas interpretações multi e transdisciplinares têm como resultado, desde a delimitação de áreas com potencial para a prospecção mineral até a delimitação de áreas de risco à saúde. A associação do flúor com a ocorrência de fluorose dentária bem como cloretos e brometos como indicadores de áreas de risco para câncer de fígado são relações já definidas no Estado do Paraná. Outras investigações tornam-se necessárias para

estabelecer o real significado sanitário de algumas áreas de risco indicadas pelo bário, potássio, cálcio, alumínio em águas, chumbo, lantânio, cádmio e mercúrio em sedimentos ativos de drenagem e nos solos.

LOCALIZAÇÃO

O Estado do Paraná situa-se na região sul do Brasil e ocupa uma superfície de 199.575 km² (ITCF, 1987 *apud* Licht, 2001a). Ao Norte, limita-se com o Estado de São Paulo, a Leste com o Oceano Atlântico, ao Sul com o Estado de Santa Catarina, a Sudoeste com a República da Argentina, a Oeste com a República do Paraguai e a Noroeste com o Estado de Mato Grosso do Sul (Figura 1). A Folha Curitiba (SG-22-X-D-I, 1:100.000) está localizada na região metropolitana de Curitiba, e abrange a metade norte da área urbana, além das cidades de Rio



Figura 1 – Localização do Estado do Paraná.

Branco do Sul, Almirante Tamandaré, Colombo, Piraquara, Pinhais e São José dos Pinhais (Figura 2).

OS LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS

Levantamentos geoquímicos têm sido aplicados extensivamente desde a década de 30, direcionados à prospecção mineral, sendo inúmeros os casos de sucesso em todas as regiões e ambientes do planeta. No Estado do Paraná, levantamentos geoquímicos têm sido empregados desde a década de 70, por diversas organizações estatais e privadas, possibilitando a descoberta de diversas ocorrências e mineralizações, como a jazida de fluorita de Volta Grande e os graisens mineralizados a W-Sn do Cantagalo. Em 1995, por iniciativa da Minerais do Paraná S.A. – MINEROPAR, foi iniciado o Levantamento Geoquímico Multielementar de Baixa Densidade do Estado do Paraná, baseado na coleta de 696 amostras de água e de sedimentos ativos de drenagem de bacias hidrográficas planejadas de forma a cobrir completamente os 200.000 km² do território estadual. Em 2002, foi realizada a segunda fase do levantamento, com a coleta de 307 amostras do horizonte B – dos solos em malha regular. O projeto obedece aos critérios e padrões do Mapa Geoquímico do Mundo, estabelecidos pelos projetos IGCP-259 e IGCP-360 (Darnley, 1995). Segundo essas recomendações, a partir das amostras originais foram produzidas 43 amostras compostas, cada qual representando uma célula de 80 x 80 km da malha denominada GGRN (Global Geochemical Reference Network) (Figuras 3 e 4).

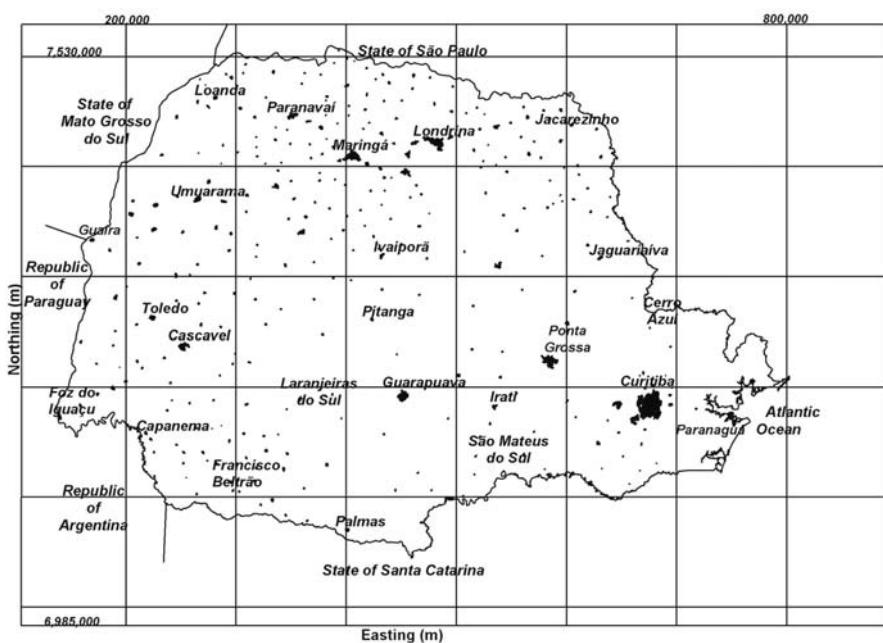


Figura 2 – Limites e principais centros urbanos do Estado do Paraná.

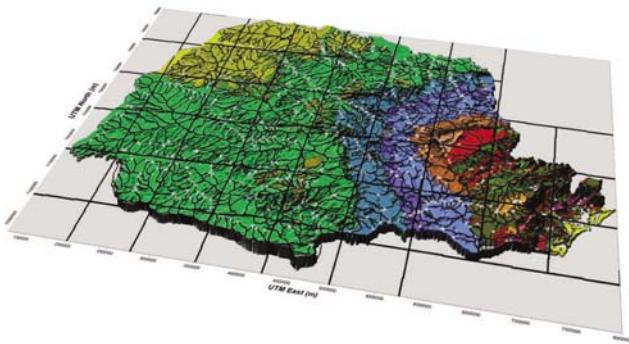


Figura 3 – As células GGRN no Estado do Paraná e as bacias e estações de coleta de sedimentos ativos de drenagem (Licht, 2001).

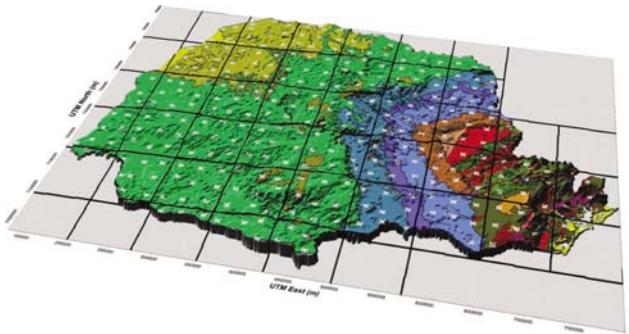


Figura 4 – As células GGRN no Estado do Paraná e as estações de coleta de solos – horizonte B, (Licht e Plawiak, 2005).

Já a campanha de amostragem geoquímica da Folha Curitiba, foi planejada e executada em 1995 em conjunto com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, sendo coletadas 392 amostras de sedimentos ativos de drenagem em bacias hidrográficas que incluíram a zona densamente urbanizada de Curitiba e cidades limítrofes (Figuras 5 e 6).

AS BASES DE DADOS GEOQUÍMICOS

Água de bacias hidrográficas do Estado do Paraná – As 696 amostras originais foram analisadas no Laboratório de Análises Minerais – LAMIN/CPRM com determinação de Al^{3+} , Ba^{2+} , Br^- , Ca^{2+} , Cl^- , F^- , Fe^{3+} , K^+ , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Na^+ , NO^{2-} , NO^{3-} , PO_4^{2-} , SO_4^{2-} , Sr^{2+} , pH e condutividade (Licht, 2001b).

Sedimentos de fundo de bacias hidrográficas do Estado do Paraná – As 696 amostras originais foram analisadas no LAMIN/CPRM com determinação de Co, Cu, Cr, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, V, Zn (Licht, 2001b). As 43 amostras GGRN foram analisadas no Laboratório do Institute of Geophysical and Geochemical Exploration – IGGE, localizado em Lanfang, R.P, China, com determi-

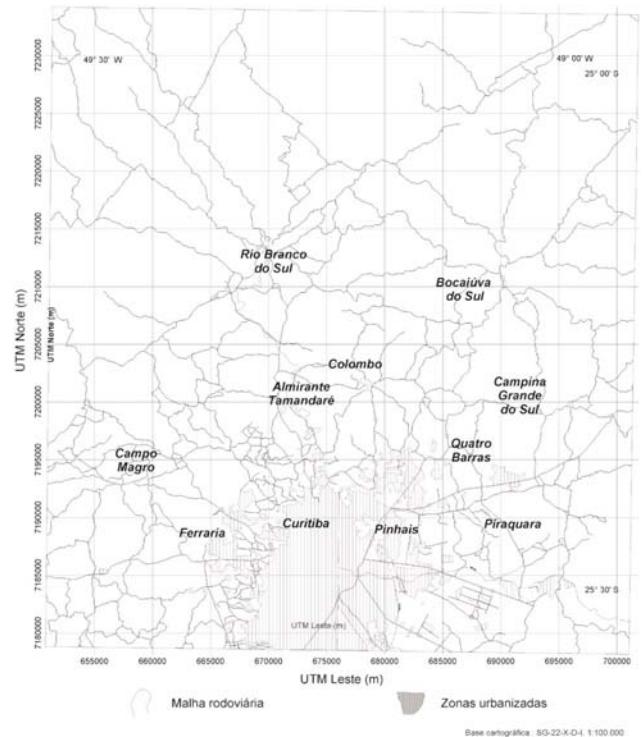


Figura 5 – Principais concentrações urbanas e rede viária da Folha Curitiba (SG-22-X-D-I) .

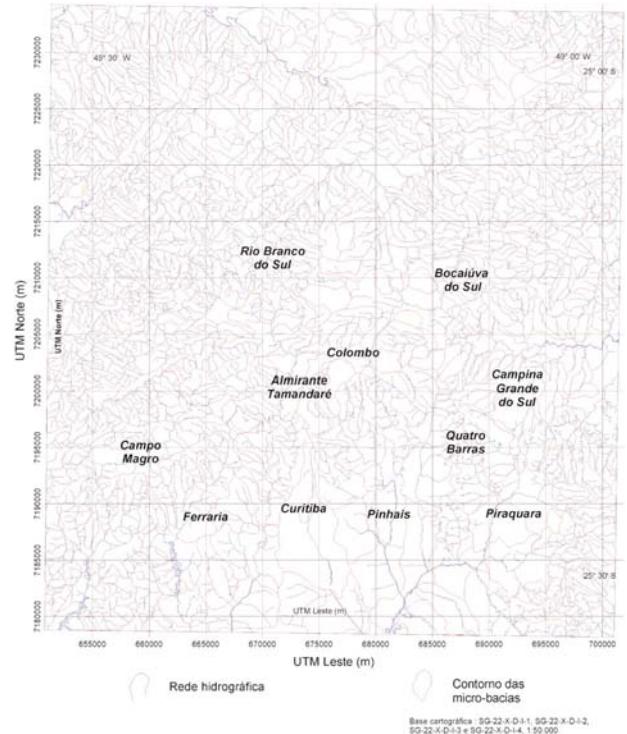


Figura 6 – Rede hidrográfica (azul) e as 392 micro-bacias (vermelho) da Folha Curitiba (SG-22-X-D-I).

nação de Ag, Al₂O₃, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, CaO, Cd, Ce, Cl, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, F, Fe₂O₃, Ga, Gd, Ge, Hg, Ho, I, K₂O, La, Li, Lu, MgO, Mn, Mo, Na₂O, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Pd, Pr, Pt, Rb, S, Sb, Sc, Se, SiO₂, Sm, Sn, Sr, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr, com limites de detecção analíticos mais baixos que o Clarke respectivo (Licht, 2001a).

Horizonte B – solos do Estado do Paraná - As amostras GGRN foram analisadas no IGGE, sendo determinados Ag, Al₂O₃, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, CaO, Cd, Ce, Cl, Co, C_{orgânico}, Cr, Cs, C_{total}, Cu, Dy, Er, Eu, F, Fe₂O₃, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, I, In, K₂O, La, Li, Lu, MgO, Mn, Mo, N, Na₂O, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Pd, Pr, Pt, Rb, S, Sb, Sc, Se, SiO₂, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn e Zr com limites de detecção analíticos mais baixos que o Clarke respectivo. Além disso, foram determinados U, K, Th e contagem total por gamaespectrometria e susceptibilidade magnética, pelo Laboratório de Pesquisas Geofísicas Aplicadas - LPGA da Universidade Federal do Paraná - UFPR. Finalmente, no Laboratório de Solos e Tecidos Vegetais do Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR, foram determinados os parâmetros de química agrícola: pH, Al_{trocável}, Ca_{assimilável}, Mg_{assimilável}, P_{assimilável}, K_{assimilável}, C, H⁺+Al³⁺, Cu_{extraível}, Zn_{extraível}, Fe_{extraível}, Mn_{extraível}, S_{extraível}, B_{extraível}, Al%, V% (Saturação de bases), T (Soma das cargas positivas trocáveis) e S (Somadas bases trocáveis) (Licht & Plawiak, 2005).

Sedimentos de fundo de bacias hidrográficas da Folha Curitiba – As 392 amostras foram analisadas no LAMIN/CPRM e em laboratório comercial, com determinação de Hg, Nb, F, Zr com extrações fortes e P, Cr, Li, W, As, V, Sc, Ni, K, Sr, La, Mg, Mn, Na, Y, Co, Pb, Cu, Ca, Zn, Al, Ba e Fe com extrações fracas (Licht, 2001c).

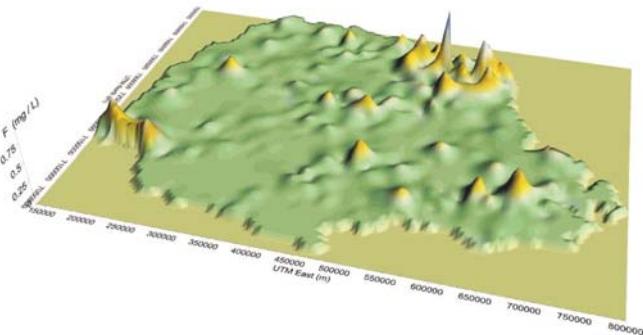


Figura 7 – Superfície geoquímica do F em 696 amostras de águas de bacias hidrográficas.

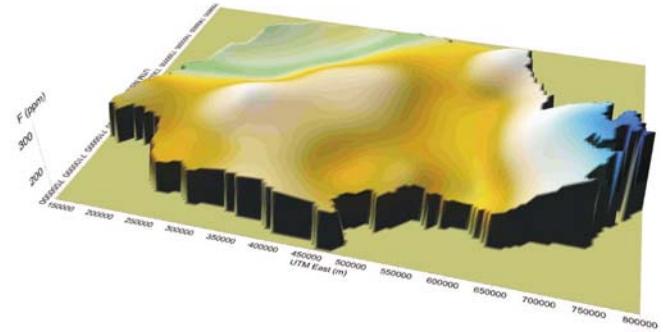


Figura 8 – Superfície geoquímica do F em 39 amostras GGRN (compostas de 698 amostras de sedimentos ativos de drenagem).

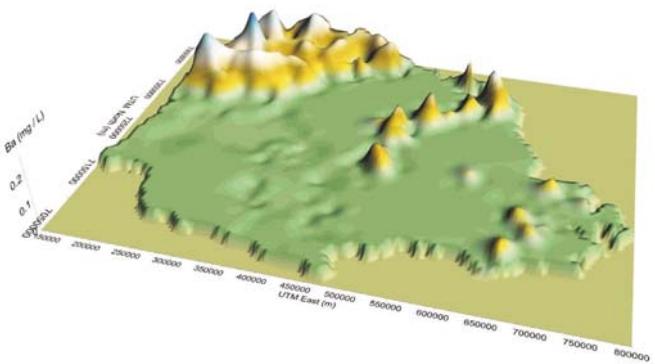


Figura 9 – Superfície geoquímica do Ba²⁺ em 696 amostras de águas de bacias hidrográficas.

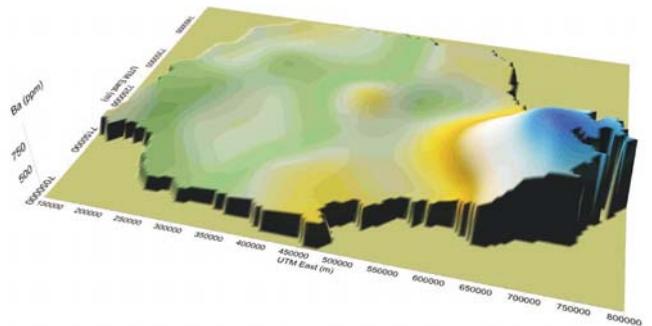


Figura 10 – Superfície geoquímica do Ba em 39 amostras GGRN (compostas de 698 amostras de sedimentos ativos de drenagem).

RESULTADOS OBTIDOS

As interpretações realizadas até o momento com a base de dados geoquímicos produzida pelos levantamentos anteriormente descritos associados a dados sanitários e epidemiológicos, permitiram delinear com clareza as relações de causa – efeito em algumas áreas de risco à saúde. Referência especial deve ser feita para os fluoretos na água e a prevalência de fluorose dentária, e para os cloretos e brometos nas águas como indicadores de áreas de risco da prevalência e elevação das taxas de mortalidade por neoplasias hepáticas. Outros resultados estão sendo estudados buscando a delimitação mais precisa da área de risco que servirá de base para estudos

epidemiológicos, como é o caso do mercúrio em sedimentos de drenagem e solos. Outros estão ainda à espera de investigações mais detalhadas, como é o caso do lantâncio, mercúrio e chumbo na região de Curitiba.

Fluoretos e fluorose dentária – é um exemplo concreto das relações de causa-efeito entre geologia e saúde humana. Sua comprovação foi baseada em duas investigações epidemiológicas realizadas na região flúor-anômala, previamente delimitada pelo levantamento geoquímico (Tabela 1).

A anomalia de aproximadamente 10.000 km², localizada no norte do Estado do Paraná (Figura 11) abrange 47 municípios e uma população de aproximadamente 700.000 habitantes. É uma região onde a captação de

Tabela 1 – Prevalência e severidade de fluorose dentária em crianças em idade escolar na vila de São Joaquim do Pontal, município de Itambaracá, Paraná.

N = 135 pacientes (Morita et al, 1998)					N = 1129 pacientes (Cardoso et al, 2001)					
Normal	Duvidosa	Muito suave	Suave	Moderada	Normal	Duvidosa	Muito suave	Suave	Moderada	Severa
52	5	31	38	9	410	30	478	165	41	5
38,52%	3,7%	22,96%	28,15%	6,67%	36,3%	2,7%	42,3%	14,6%	3,6%	0,4%

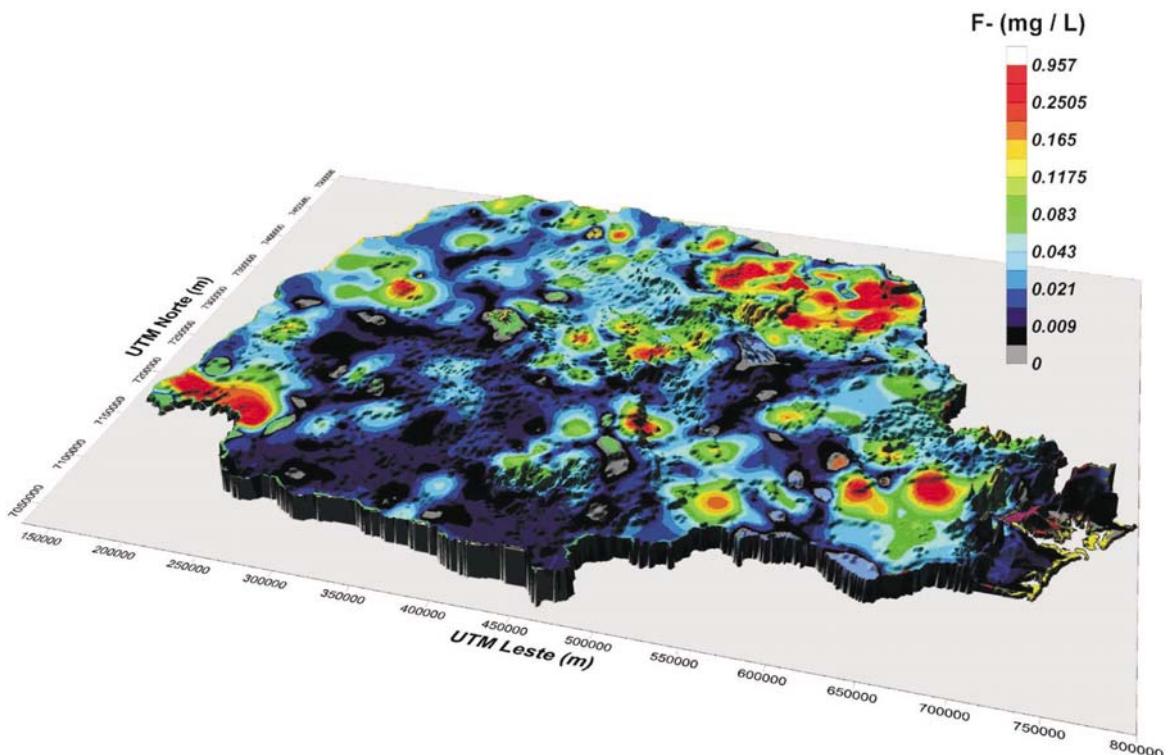


Figura 11 – Mapa geoquímico do F- (mg/L) nas águas de bacias hidrográficas. A área flúor-anômala localizada no norte do estado é a origem da elevada incidência de fluorose dentária em crianças.

água para consumo humano é freqüentemente feita por meio de poços tubulares profundos com teores elevados em fluoretos, atingindo 2,2 mg/L F⁻, causando sérios problemas sanitários com características endêmicas (Figura 12). A água das bacias hidrográficas também contém teores elevados, como foi identificado pelo Levantamento Geoquímico alcançando 0,9 mg/L F⁻.



Figura 12 – Os dentes da arcada superior estão corroídos pela ingestão continuada de água com doses elevadas de fluoretos.

Brometos, cloretos e neoplasias hepáticas - A região norte do Paraná, é produtora tradicional de café e de algodão (Figuras 13 e 14). Por muito tempo, até sua proibição legal, pesticidas clorados e bromados foram livremente aplicados no controle de pragas dessas culturas, formando um estoque / passivo ambiental de dimensões desconhecidas. Marzochi *et al.* (1976) já haviam identificado não só a prevalência mas também as elevadas taxas de óbito por neoplasias hepáticas (câncer de fígado) na região. Relacionaram esse problema de saúde com a aplicação de agrotóxicos, especialmente os clorados e os bromados.

O Levantamento Geoquímico identificou a existência de uma elevação do teor de fundo em cloretos e brometos nas águas de bacias hidrográficas (Figuras 15 e 16).

Com base nesses resultados e no Banco de Dados de Mortalidade do Ministério da Saúde - DATASUS, Licht (2001a) estabeleceu o relacionamento espacial entre as taxas de mortalidade, culturas e anomalias geoquímicas, considerando cloretos e brometos nas águas de superfície como indicadores geoquímicos para esse problema sanitário de características endêmicas.

A prevalência das neoplasias hepáticas bem como da elevação das taxas de mortalidade está realmente associada com a aplicação de agrotóxicos clorados e

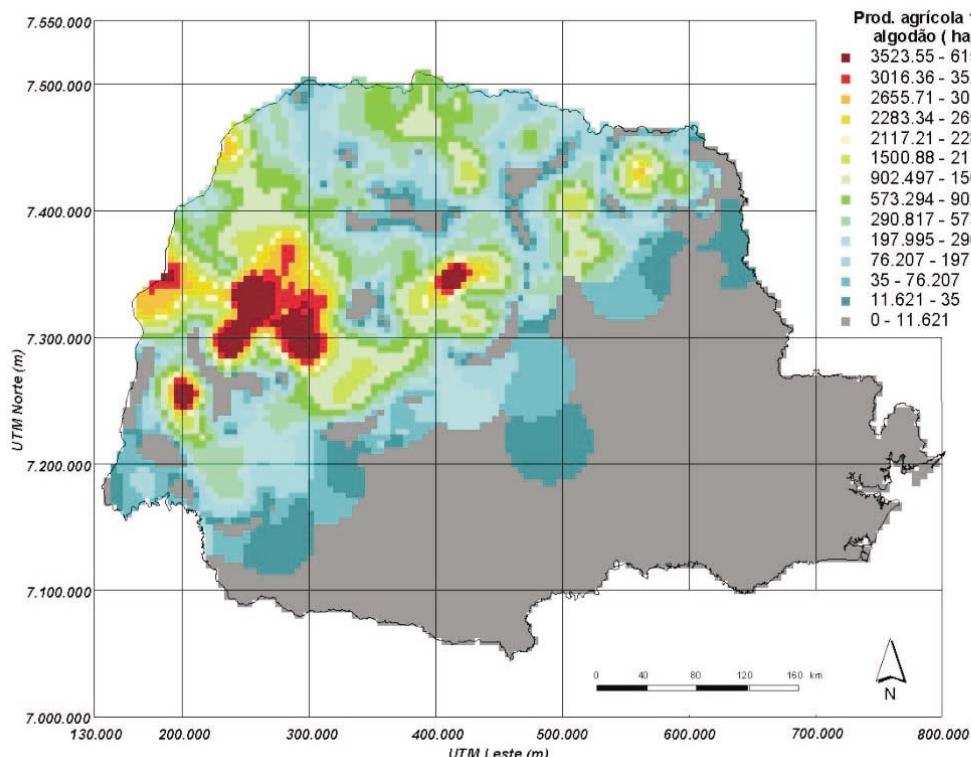


Figura 13 – Área (em hectares) plantada com algodão na safra de 1995.

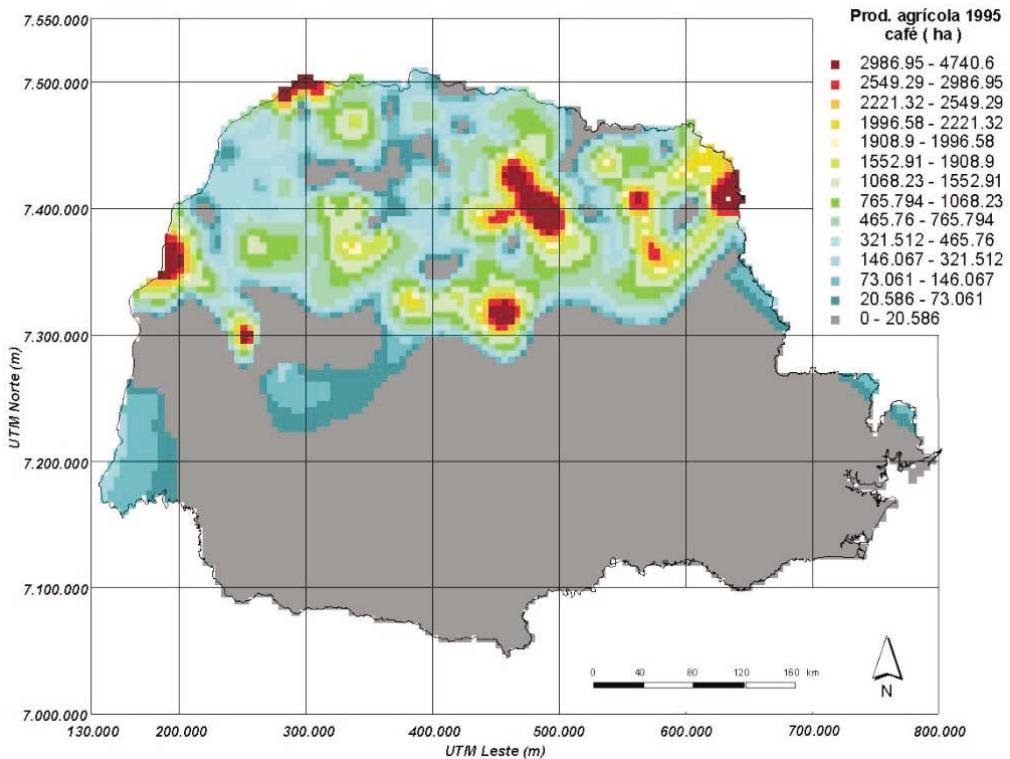


Figura 14 – Área (em hectares) plantada com café na safra de 1995.

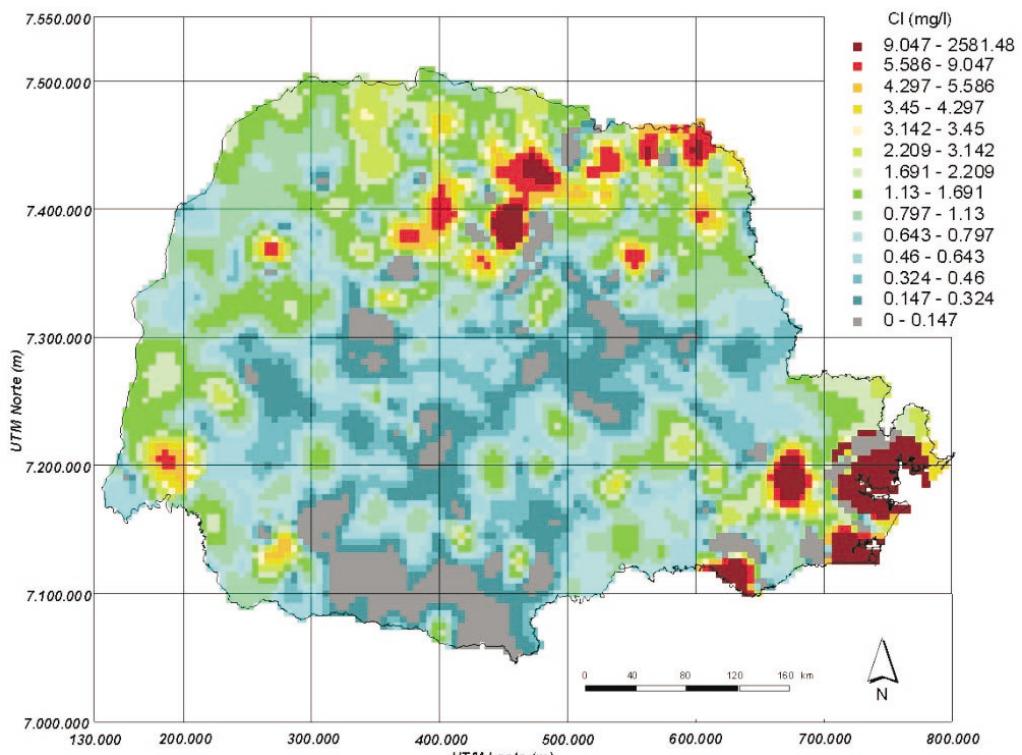


Figura 15 – Mapa da distribuição do Cl⁻ (mg/L) nas águas de 696 bacias hidrográficas.

bromados e as anomalias geoquímicas de Cl⁻ e Br⁻ à degradação ambiental ativos acumulada por décadas nas áreas das culturas de café e algodão (Figuras 17, 18 e 19).

As taxas de mortalidade por neoplasias hepáticas crescem, no Brasil, da Região Norte (2,14/100.000) em direção à Sul (3,64/100.000) (Figura 20) acompanhando a tradição e a intensidade da atividade agrícola. As taxas de óbito nos dez municípios paranaenses com os valores mais altos (de 7,47/100.000 a 9,29/100.000) (Figura 21) chegam a ser duas a três vezes mais elevadas que as da região sul do Brasil (Figura 20).

Os dez municípios com as mais altas taxas de mortalidade estão incluídos na grande mancha anômala de cloreto e brometos.

Bário - O bário não apresenta função biológica conhecida (Winter, 1998 *apud* Licht & Plawiak, 2005). Os compostos insolúveis não são perigosos à saúde e por

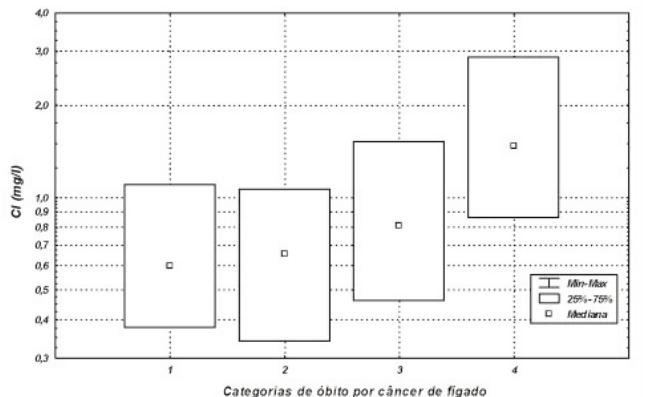


Figura 17 – Taxas de óbito por neoplasias hepáticas (período 1980-1997) contra Cl⁻ (mg/L) nas águas de 696 bacias hidrográficas.

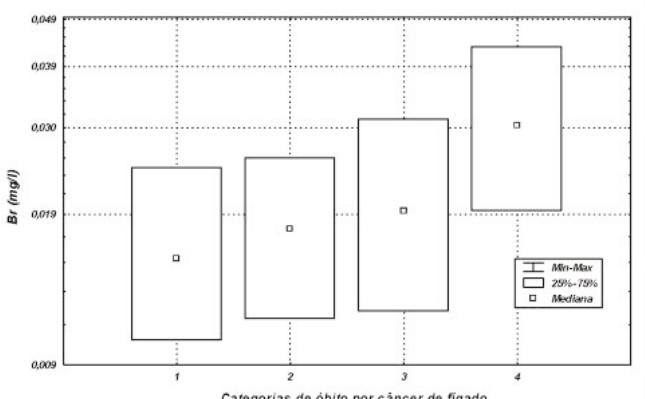


Figura 18 – Taxas de óbito por neoplasias hepáticas (período 1980-1997) contra Br⁻ (mg/L) nas águas de 696 bacias hidrográficas.

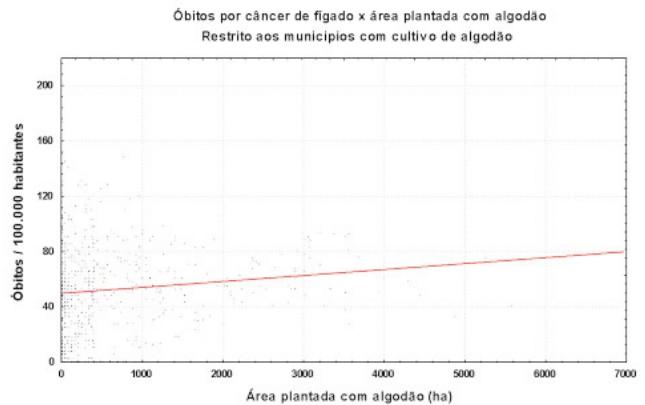


Figura 19 – Taxas de óbito por neoplasias hepáticas (período 1980-1997) contra a área plantada com algodão na safra de 1995.

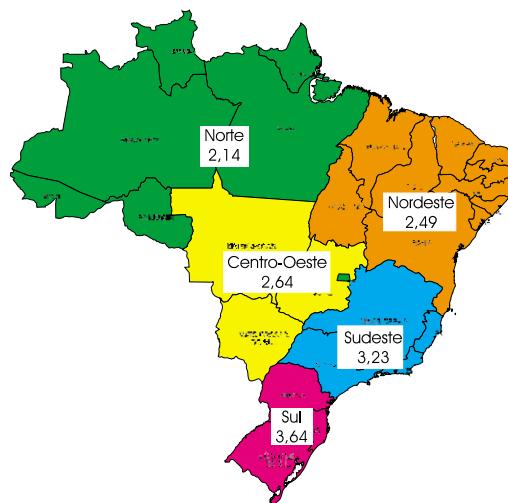


Figura 20 – As cinco regiões do Brasil com as respectivas taxas de óbito por neoplasias hepáticas. Média dos óbitos/100.000, no período 1980-1997.

isso são utilizados pela medicina como meio de contraste aos raios-X. Entretanto, os compostos de Ba muito solúveis em água podem agravar a saúde humana, já que o bário, quando na forma iônica, é altamente tóxico (Koljonen *et al.*, 1992 *apud* Licht & Plawiak, 2005). A ingestão de altos níveis de Ba pode produzir problemas no aumento da pressão sanguínea, dificuldades respiratórias, mudanças no ritmo cardíaco, irritações no estômago, flacidez muscular e danos ao coração, fígado, rins e outros órgãos (ATSDR, 1999 *apud* Licht & Plawiak, 2005).

Os dados obtidos pelo Levantamento Regional de Baixa Densidade com amostras de água de 696 bacias hidrográficas (Figura 22), delimitaram uma grande anomalia positiva, situada na região noroeste do Paraná e

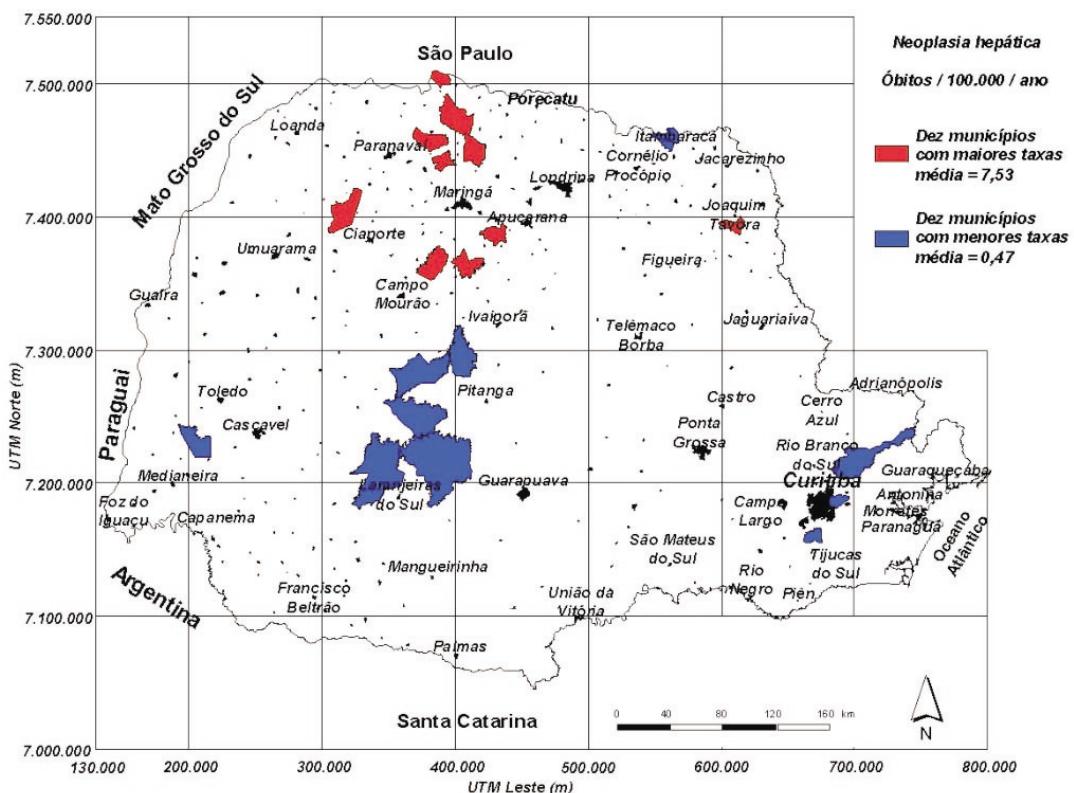


Figura 21 – Os dez municípios do Paraná com as mais altas taxas de óbito por câncer (em vermelho) e os com as menores (em azul). Média dos óbitos/100.000, no período 1980-1997.

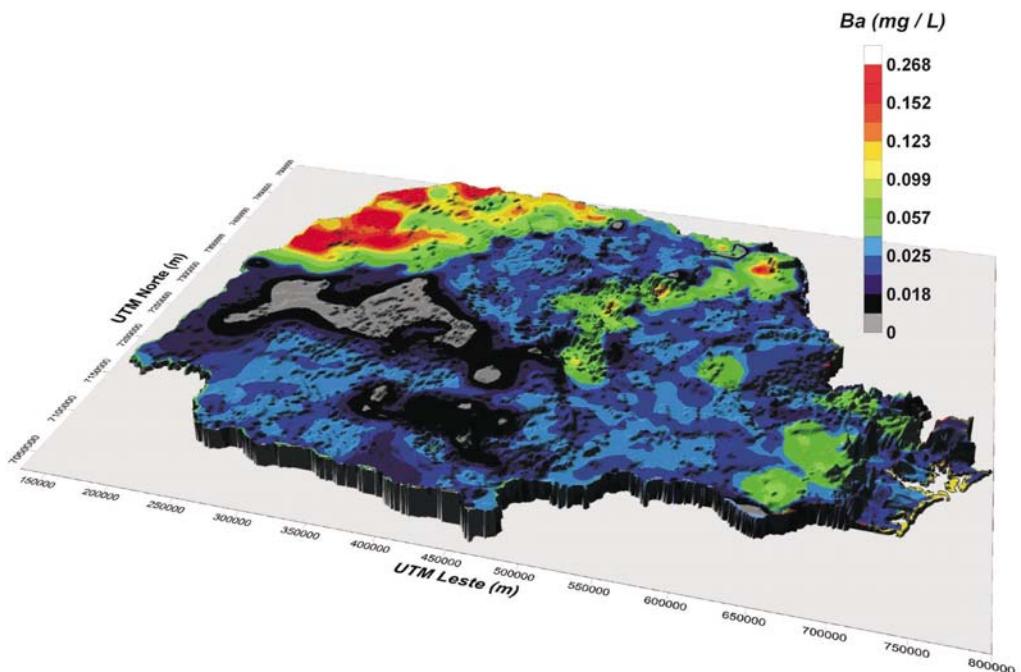


Figura 22 – Mapa geoquímico do Ba (mg/L) nas águas de 696 bacias hidrográficas do Paraná. A grande anomalia positiva a noroeste coincide com os arenitos dos grupos Bauru e Caiuá.

coincidente com a área de exposição das rochas sedimentares cretácicas dos grupos Bauru e Caiuá. Estes siltitos, arenitos e arenitos conglomeráticos foram depositados em ambiente desértico, com sedimentos químicos associados, o que justificaria a existência da anomalia hidrogeoquímica com teores de até 0,3 mg/L Ba²⁺. Nessa região o abastecimento público é feito principalmente por meio de poços tubulares com entradas d'água localizadas nessa seqüência sedimentar. O Valor Máximo Permitido - VMP estabelecido na Portaria nº 518 do Ministério da Saúde é de 0,7 mg/L Ba²⁺ mas em alguns desses poços, os teores de Ba²⁺ atingiram 1,3 mg/L, com entradas d'água localizadas a cerca de 30 metros de profundidade. A Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR, solucionou o problema com selo de cimento em locais específicos e entradas d'água mais rasas (SANEPAR, com. pessoal, 2005).

Arsênio - Concentrações maiores que 10 µg/L As na água potável são consideradas como fator de risco para a saúde humana e animal. Diversas moléstias endêmicas têm sido relatadas em regiões com teores elevados de arsênio, especialmente lesões de pele e mucosas, hiperpigmentação, queratose, câncer de pele e de pulmão, desordens vasculares periféricas, danos nos sistemas nervoso central, respiratório e circulatório (Varsányi *et al.*, 1991 *apud* Licht & Plawiak, 2005). Ao contrário do que

acontece com o mercúrio, os compostos inorgânicos de As são mais tóxicos que os orgânicos. Muitos estudos têm mostrado que o As na forma inorgânica pode aumentar os riscos de câncer de pele, pulmões, bexiga, fígado, rins e próstata (ATSDR, 1999 *apud* Licht & Plawiak, 2005).

O mapa geoquímico do As na Folha Curitiba (Figura 23), caracteriza uma anomalia regional de orientação SW–NE coincidente com o sistema transcorrente da Falha da Lacinha, bem como com os flancos do antiforme Setuba. Os teores nas águas obtidas no aquífero *karst* por meio de poços tubulares profundos pela Companhia de Saneamento do Paraná, estão abaixo dos VMP de 0,01 mg/L As (SANEPAR, com. pessoal, 2005).

Mercúrio - A toxidez do mercúrio é reconhecida, especialmente na forma de vapor e por seus compostos orgânicos. O metil-mercúrio é produzido pela ação bacteriana sobre mercúrio metálico, especialmente em condições redutoras.

Os mapas de distribuição do mercúrio tanto em sedimentos ativos de drenagem (Figura 24) quanto nos solos (Figura 25), mostram grandes anomalias regionais. A anomalia localizada no vale do rio Ribeira (Figura 25) na região nordeste do Paraná, está relacionada com as mineralizações de Pb-Zn-Ba com teores que atingem 14.000 ppb Hg (Daitx, E.C. com. pessoal, 2005). Já as anomalias localizadas na porção central do estado, esta-

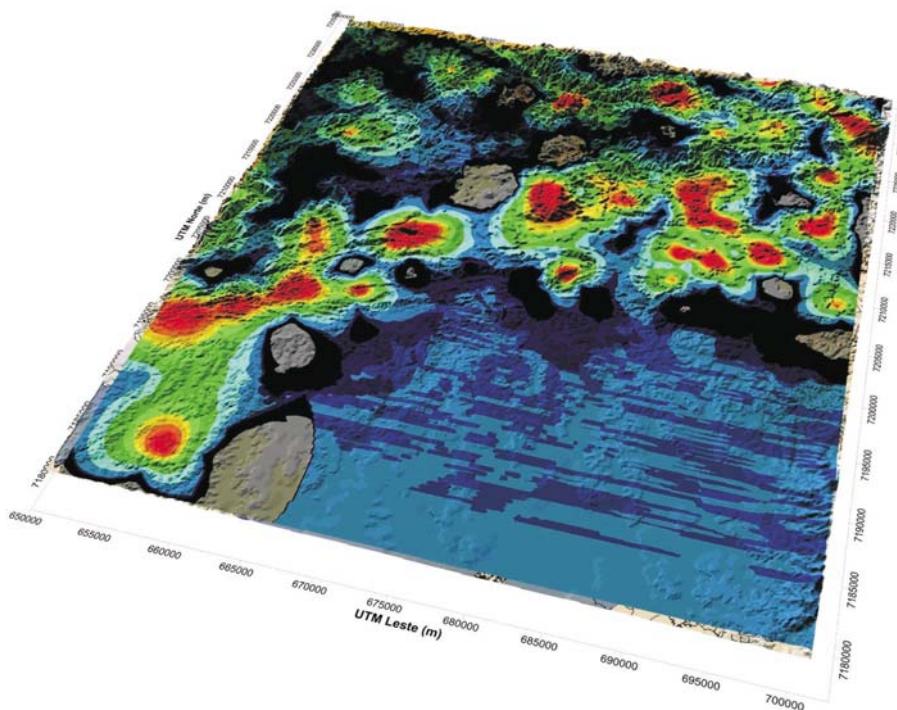


Figura 23 – Mapa geoquímico do As (ppm) na Folha Curitiba. A grande anomalia positiva com orientação SW-NE, está relacionada com a Zona de Falha da Lacinha e antiforme Setuba.

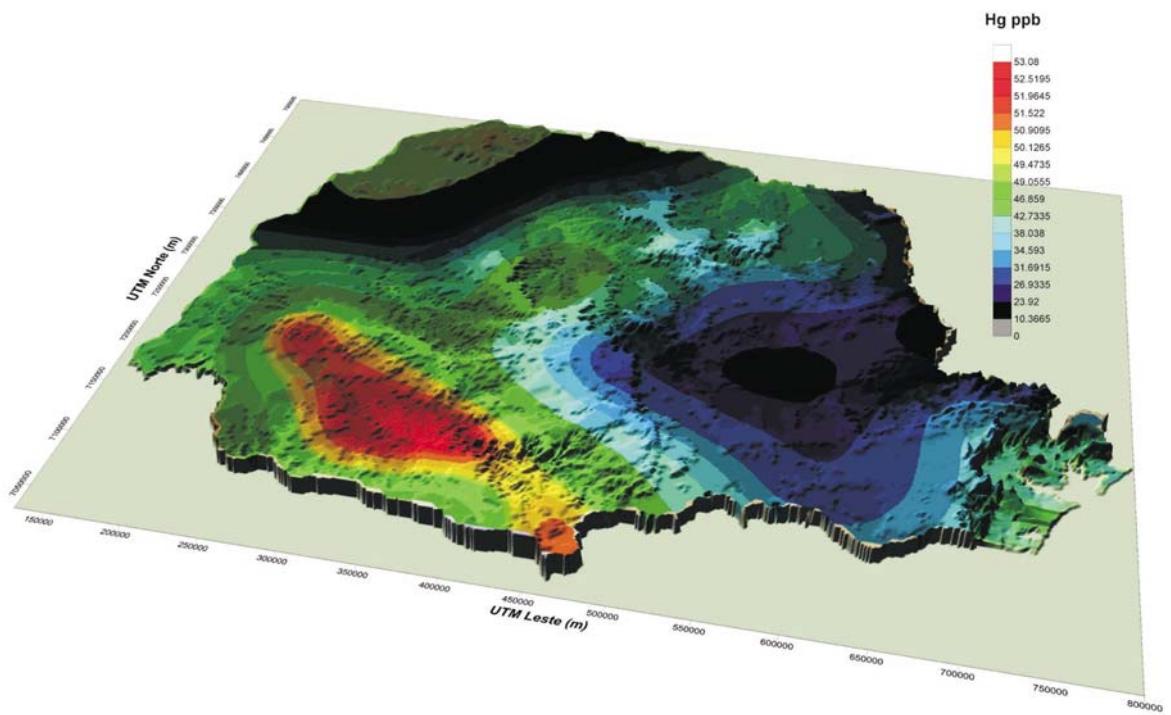


Figura 24 – Mapa geoquímico do Hg (mg/Kg) nas células GGRN (compostas de 696 amostras de sedimentos ativos de drenagem).

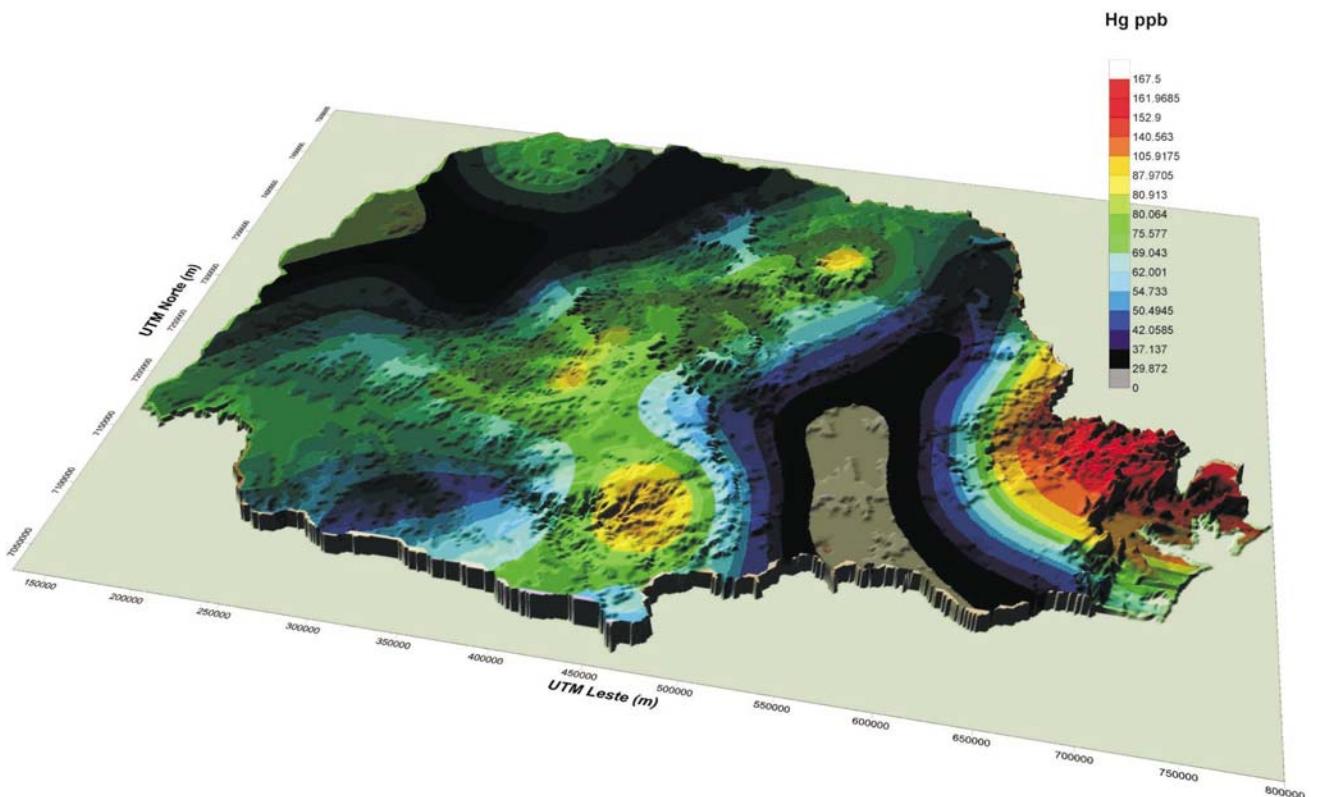


Figura 25 – Mapa geoquímico do Hg (mg/Kg) nas células GGRN (compostas de 307 amostras de solo – horizonte B).

riam relacionadas com concentrações de Hg em rochas sedimentares ricas em matéria carbonosa e carvão, que teria sido mobilizado pela ação de águas termais. Sua migração ocorreria ao longo de falhas profundas até a superfície onde seria depositado pela queda brusca de temperatura (Plawiak *et al.*, 2005). Mesmo que essa migração ocorra em baixos teores, expressos na faixa de 40 a 80 ppb, haverá transporte do metal pelas águas superficiais e deposição em corpos d'água como barragens para geração de energia. Assim, essas anomalias estão delimitando áreas de risco à saúde, constituindo alvos evidentes para investigações epidemiológicas e toxicológicas.

A região litorânea, no extremo-leste do Paraná, também merece investigações da mesma natureza, pois a ocupação do território paranaense pelo colonizador europeu iniciou-se pelo litoral já no século XVI, a partir da vila de Cananéia, em São Paulo, com expedição enviada por Martim Afonso de Souza em busca de ouro aluvionar (Carneiro, 1962; Martins, 1969 *apud* Licht & Plawiak, 2005). Nessa região, de grande fragilidade ambiental, ocorreram os primeiros garimpos do país, com uso frequente de mercúrio para recuperação do ouro e consequente geração de passivo ambiental seja em terra firme

seja nos sedimentos de fundo das baías de Antonina e Paranaguá. Já a anomalia localizada e coincidente com a região urbana de Curitiba, está apontando para o somatório dos impactos de diversas atividades desde gabinetes odontológicos até lâmpadas de vapor de mercúrio para iluminação pública (Figura 26).

Chumbo – As fontes industriais de chumbo estão principalmente relacionadas com baterias e acumuladores de energia (50 - 70% do consumo total), revestimento de cabos elétricos (3-4%), tubos e barras, ligas, pigmento de tinta (vermelho e branco) e como escudo anti-radiação. Seu uso como aditivos antidetonantes (5%) na gasolina está caindo rapidamente devido aos impactos ambientais (Koljonen *et al.*, 1992 *apud* Licht & Plawiak, 2005). Apesar de sua virtual eliminação como agente antidetonante nos combustíveis (gasolina e óleo diesel), os impactos do uso dessa forma de chumbo são evidentes no mapa construído com os dados de Pb_{tricável} nos sedimentos de fundo de bacias hidrográficas da Folha Curitiba (Figura 27). Uma elevação geral dos teores de fundo com fortes anomalias positivas, coincide com as concentrações urbanas bem como com os traços das principais rodovias, que abrigam um maior volume e tráfego de veículos.

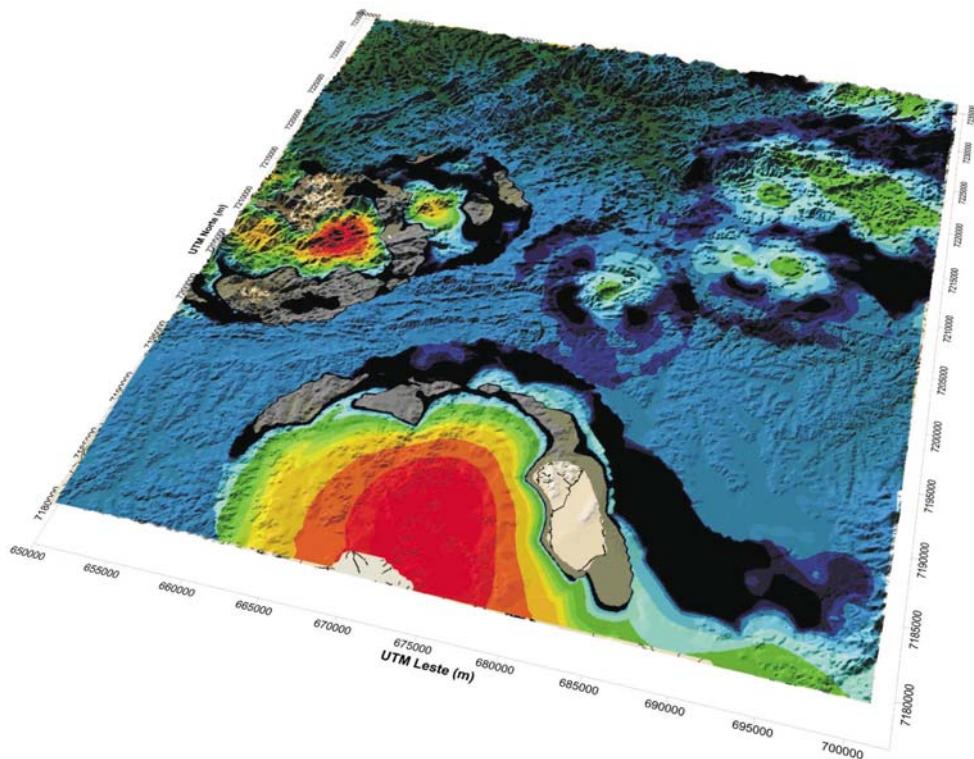


Figura 26 – Mapa geoquímico do Hg (ppb) na Folha Curitiba. A anomalia situada na porção centro-sul, coincide com a área densamente urbanizada.

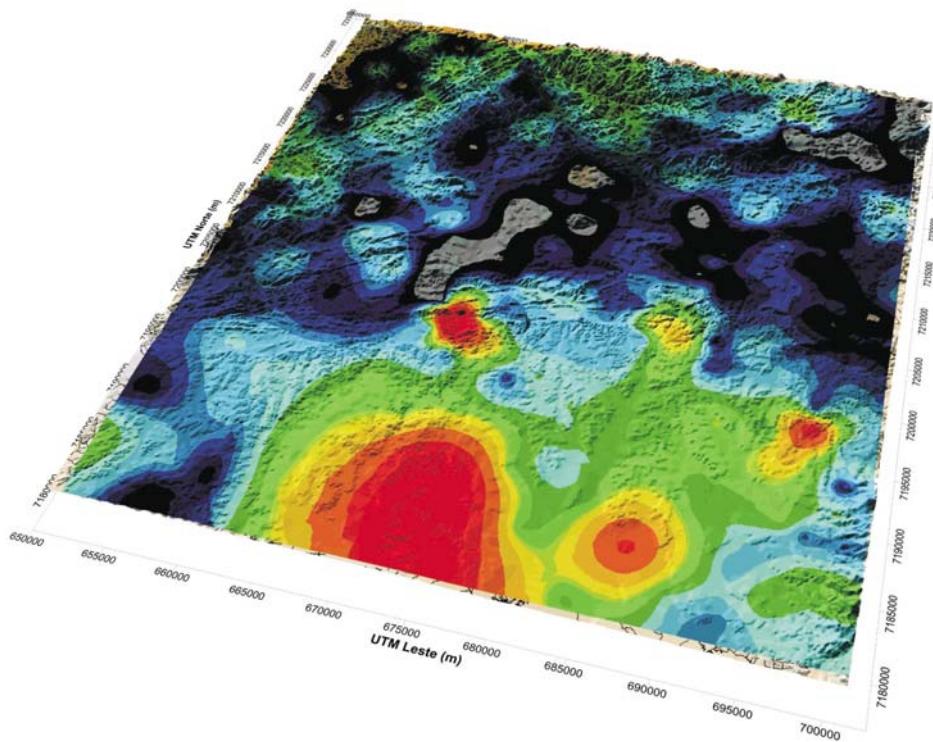


Figura 27 – Mapa geoquímico do $Pb_{trocável}$ (ppm) na Folha Curitiba. A anomalia situada na porção centro-sul, coincide com a área densamente urbanizada.

Cálcio - A região situada a noroeste de Curitiba, englobando os municípios de Almirante Tamandaré, Rio Branco do Sul e Colombo, é uma tradicional área de lavra de calcário calcítico e dolomítico usados no fabrico de cimento, cal e corretivos agrícolas. A atividade de um grande número de empresas mineradoras e de transformação dessas matérias-primas, geram um impacto ambiental na forma de poeira em suspensão que, por ação dos ventos dominantes, se dissemina e deposita-se sobre uma grande área. O mapa geoquímico do $Ca_{trocável}$ na Folha Curitiba (Figura 28) delimita com grande precisão o traço da rodovia PR-092, conhecida como *Rodovia dos minérios*, às margens da qual se concentra a atividade mineradora e de beneficiamento de rochas calcárias. Os agravos à saúde humana, porém, estão mais relacionados com a inalação dos partículados sólidos em suspensão, especialmente nas proximidades de estações de britagem e moagem, do que com impactos geoquímicos.

Lantânia - O lantânia não desempenha papel conhecido na fisiologia animal ou vegetal. Todos os compostos de La devem ser tratados como altamente tóxicos já que os sais de lantânia podem agredir e prejudicar o funcionamento do fígado (Winter, 1998 *apud* Licht & Plawiak, 2005). Nos sedimentos terciários da Formação Guabiro-

tuba, na Bacia de Curitiba, são conhecidas as ocorrências do carbonato duplo de La e Nd (Nd-lantanita) que sob condições supergênicas deposita-se na forma de cimento e venulações e filonetes em horizontes e lentes de arenitos arcossianos (Licht, 2001a). Até o momento, não são conhecidas investigações de cunho epidemiológico sobre o tema, apesar de a área anômala (Figura 29) se localizar próxima da área urbana de Curitiba e com ocupação humana relativamente densa.

CONCLUSÕES

A cartografia geoquímica tem provado sua grande utilidade como instrumento de diagnóstico e caracterização territorial. Levantamentos geoquímicos com baixa densidade de amostragem têm a capacidade de delinear as grandes estruturas que serão o objeto de investigações posteriores visando detalhar e aprofundar o conhecimento de suas características bem como sua origem e eventuais reflexos na cadeia trófica. As técnicas tradicionais de exploração geoquímica, acompanhadas por análises multielementares com baixos limites de detecção analíticos são imperativas para o sucesso desse tipo de pesquisa. Os resultados obtidos com levantamentos geoquímicos de superfície são ferramentas fundamentais na

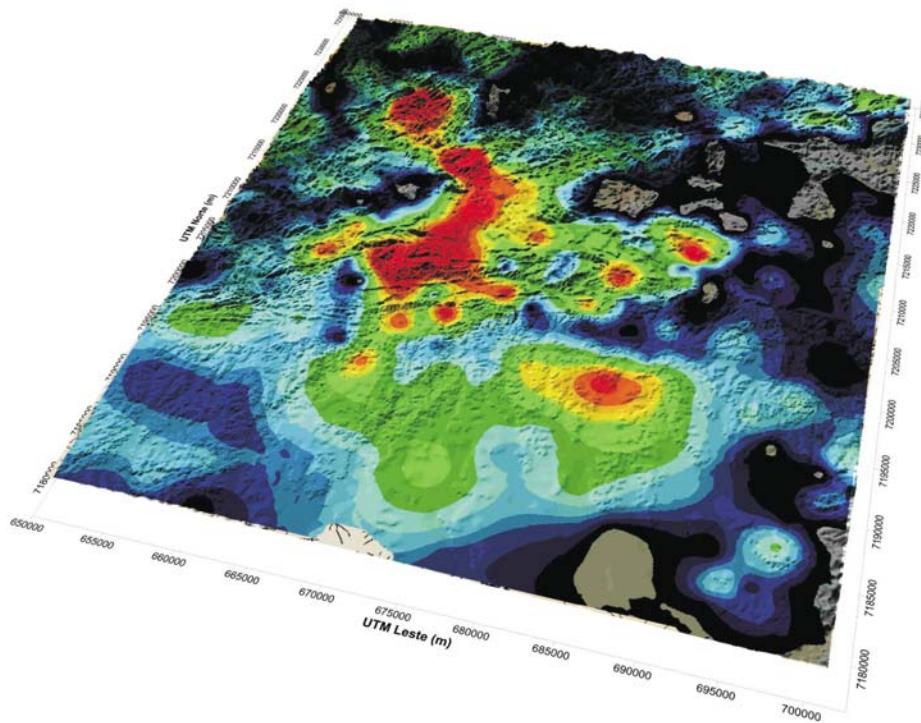


Figura 28 – Mapa geoquímico do $\text{Ca}_{\text{Itrocável}}$ na Folha Curitiba. A grande anomalia na porção noroeste coincide com a região de lavra de calcário e produção de cal e cimento.

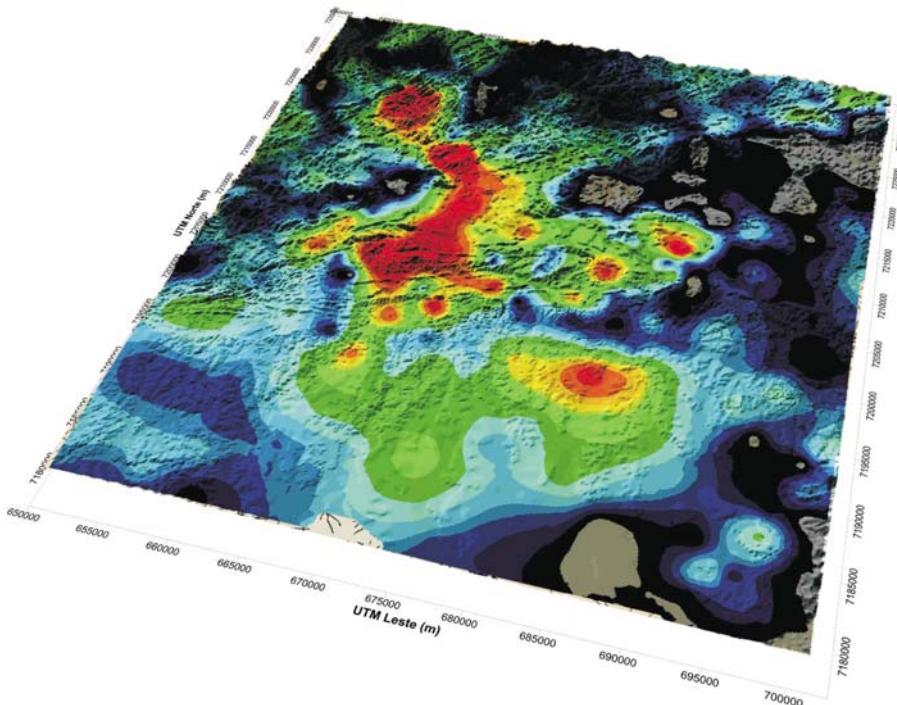


Figura 29 – Mapa geoquímico do La na Folha Curitiba. A mancha cinzentada na porção centro -sul, representa a região densamente urbanizada.

delimitação de áreas de risco à saúde, necessitando equipes multidisciplinares para que as interpretações sejam confiáveis.

AGRADECIMENTOS

Ao Presidente da MINEROPAR Dr. Eduardo Salamuni e ao Diretor Técnico Rogério da Silva Felipe pela autorização em divulgar dados da empresa. À Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR pelo fornecimento de dados de química de águas de mananciais e poços tubulares perfurados pela empresa e autorização para sua divulgação. Ao Dr. João Bosco Strozzi – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Dr. Luiz Antônio Negrão Dias – Hospital Erasto Gaertner – Liga Paranaense de Combate ao Câncer e Dra. Maria Celeste Morita – Dep. Odontologia – Universidade Estadual de Londrina, ficam registrados os agradecimentos do autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARDOSO L. MORITA, M.C., LICHT, O.A.B., ALVES, J.C. Anomalia hidrogeoquímica e a ocorrência de fluorose dentária em Itambaracá - PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 8., 2001, Curitiba; SIMPÓSIO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DO MERCOSUL, 1., 2001, Curitiba. *Anais*. Curitiba: SBGq, 2001. 1 CD-ROM.
- CARNEIRO, D. *Formas estruturais da economia do Paraná*. Curitiba: Ed. da UFPR, 1962.
- DARNLEY, A. et al. *Global geochemical database for environmental and resource management: recommendations for international geochemical mapping*: final report of IGCP Project 259. Paris : UNESCO, 1995.
- LICHT, O. A. B. *A Geoquímica multielementar na gestão ambiental*: identificação e caracterização de províncias geoquímicas naturais, alterações antrópicas da paisagem, áreas favoráveis à prospecção mineral e regiões de risco para a saúde no Estado do Paraná, Brasil. Curitiba, 2001. 236 p. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental)-Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.
- LICHT, O. A. B. 2001 b . *Atlas geoquímico do Estado do Paraná*. Curitiba : MINEROPAR, 2001. Escalas variam.
- LICHT, O. A. B. *Atlas geoquímico da Folha Curitiba*. Curitiba : MINEROPAR, 2001.
- LICHT, O.A.B.; PLAWIAK R.A.B. Projeto Geoquímica de Solos, Horizonte B: levantamento geoquímico multielementar do Estado do Paraná: relatório final. Curitiba: MINEROPAR, 2005. 2 v.
- MARZOCHI, M.C.A.; COELHO, R.B.; SOARES, D.A.; ZEITUNE, J.M.R.; MUARREK, F.J.; CECCHINI, R.; PASSOS, E.M. Carcinogênese hepática no norte do Paraná e uso indiscriminado de defensivos agrícolas. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 28, n. 8, p. 893-901, 1976.
- MORITA M.C; CARRILHO, A.; LICHT, O.A.B. Use of geochemistry data in the identification of endemic fluorosis areas. In: WORLD CONGRESS OF HEALTH IN URBAN ENVIRONMENT, 1., 1998, Madrid. *Proceedings*. Madrid: [s.n.], 1998.
- PLAWIAK R.A.B.; LICHT, O.A.B.; VASCONCELLOS, E.M.G. 2005. Mercury: natural occurrences in the State of Paraná, Brazil. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE GEOLOGIA MÉDICA, 2005, Rio de Janeiro. [*Trabalhos apresentados*]. Rio de Janeiro: CPRM, 2005.