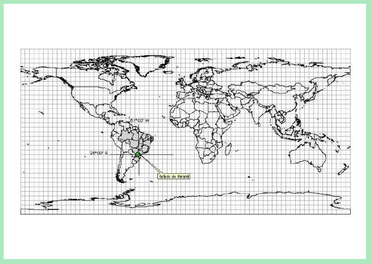
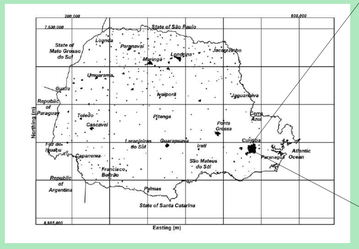
A GEOQUÍMICA MULTIELEMENTAR DE SUPERFÍCIE NA DELIMITAÇÃO DE RISCOS E IMPACTOS AMBIENTAIS. ESTADO DO PARANÁ, BRASIL

LICHT, O. A. B. (otavio@pr.gov.br)
Minerais do Paraná S. A. - MINEROPAR

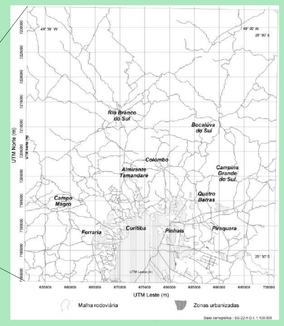
Localização



Localização do Estado do Paraná

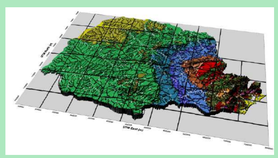


Limites e principais centros urbanos do Estado do Paraná



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

Os levantamentos geoquímicos



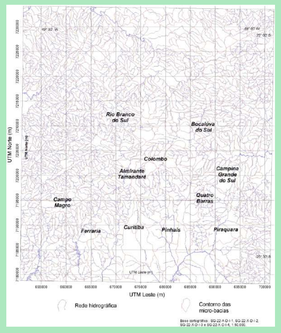
Levantamento Geoquímico Multielementar de Baixa Densidade do Paraná

696 amostras de sedimentos ativos de drenagem e 39 amostras compostas - células GGRN

1995 - 696 amostras de água de bacias hidrográficas: 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^{3-}, Sr^{2+}, pH e condutividade

1995 - 696 amostras de sedimentos ativos de drenagem de bacias hidrográficas: Co, Cu, Cr, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, V, Zn

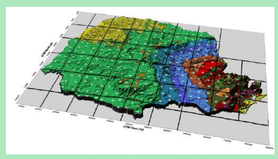
1999 - 39 amostras compostas, em células de 80 x 80 km, da malha GGRN (Global Geochemical Reference Network) - projeto IGCP-360 - Global Geochemical Baselines: Ag, Al_2O_3, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, CaO, Cd, Ce, Cl, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, F, Fe_2O_3, Ga, Gd, Ge, Hg, Ho, I, K_2O, La, Li, Lu, MgO, Mn, Mo, Na_2O, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Pd, Pr, Pt, Rb, S, Sb, Sc, Se, SiO_2, Sm, Sn, Sr, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr



Levantamento Geoquímico Multielementar da Folha Curitiba

392 amostras de sedimentos ativos de drenagem

1997 - 392 amostras de sedimentos ativos de drenagem de bacias hidrográficas: 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



Levantamento Geoquímico Multielementar de Baixa Densidade do Paraná

307 amostras de solos - horizonte B e 43 amostras compostas - células GGRN

2002 - 307 amostras do horizonte B - dos solos em malha regular: pH, $Al_{trocável}$, $Ca_{assimilável}$, $Mg_{assimilável}$, $P_{assimilável}$, $K_{assimilável}$, C, $H^{+}+Al^{3+}$, $Cu_{extrável}$, $Zn_{extrável}$, $Fe_{extrável}$, $Mn_{extrável}$, $S_{extrável}$, $B_{extrável}$, Al%, V% (Saturação de bases), T (Soma das cargas positivas trocáveis) e S (Somas das bases trocáveis); U, K, Th e contagem total e susceptibilidade magnética

2003 - 43 amostras compostas em células de 80 x 80 km, na malha GGRN (Global Geochemical Reference Network) - IGCP-360 - Global Geochemical Baselines: Ag, Al_2O_3, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, CaO, Cd, Ce, Cl, Co, $C_{orgânico}$, Cr, Cs, C_{total}, Cu, Dy, Er, Eu, F, Fe_2O_3, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, I, In, K_2O, La, Li, Lu, MgO, Mn, Mo, N, Na_2O, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Pd, Pr, Pt, Rb, S, Sb, Sc, Se, SiO_2, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn e Zr

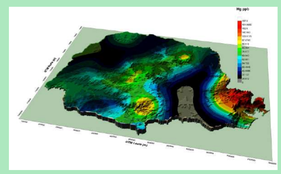
Mercúrio

A anomalia localizada no vale do rio Ribeira, na região nordeste do Paraná, está relacionada com as mineralizações de Pb-Zn-Ba que contém até 14 ppm Hg.

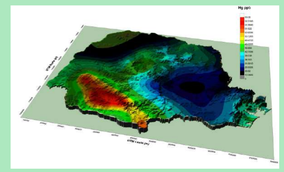
Na porção central do estado, as anomalias estariam relacionadas com Hg mobilizado, pela ação de águas termais, de rochas sedimentares ricas em matéria carbonosa, óleo e carvão. A migração ocorreria ao longo de falhas profundas até a superfície, com deposição pela queda brusca de temperatura. Mesmo que em baixos teores (40 a 80 ppb), há o transporte e a deposição do metal em corpos d'água com a possibilidade de produção de metil-mercúrio.

No litoral, no início do século XVI, ocorreram os primeiros garimpos de ouro aluvionar do país com uso freqüente de mercúrio e conseqüente geração de passivo ambiental - ainda não avaliado - seja em terra firme, seja nos sedimentos de fundo das baías de Antonina e Paranaguá.

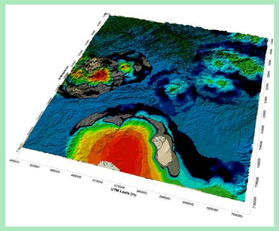
Na região de Curitiba, a anomalia indica a soma dos impactos de diversas atividades urbanas: de gabinetes odontológicos até lâmpadas de vapor de mercúrio para iluminação pública.



Hg (ppb) nas células GGRN (compostas de 696 amostras de sedimentos ativos de drenagem)



Hg (ppb) nas células GGRN (compostas de 307 amostras de solo - horizonte B)



Hg (ppb) na Folha Curitiba. A anomalia situada na porção centro sul, coincide com a área densamente urbanizada

Brometos, cloretos e neoplasias hepáticas

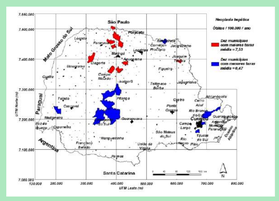
As taxas de mortalidade por neoplasias hepáticas crescem, no Brasil, da região Norte em direção à Sul, coincidindo com a tradição e a intensidade da atividade agrícola.

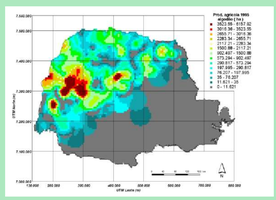
Taxas de óbito por neoplasias hepáticas. (média dos óbitos /100.000, no período 1980-1997)



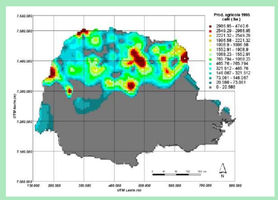
Os dez municípios do Paraná com as mais altas taxas de óbito por câncer (em vermelho) e os com as menores (em azul) (média dos óbitos /100.000, no período 1980-1997)

Nos dez municípios com as taxas de óbito mais altas, os valores são duas a três vezes maiores que a média da região Sul do Brasil

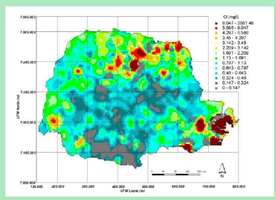




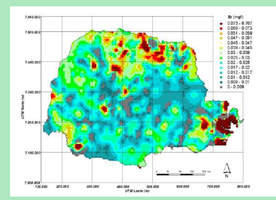
Área (em hectares) plantada com algodão na safra de 1995



Área (em hectares) plantada com café na safra de 1995



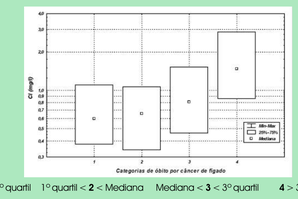
Distribuição do Cl^{-} (mg/L) nas águas de 696 bacias hidrográficas



Distribuição do Br^{-} (mg/L) nas águas de 696 bacias hidrográficas

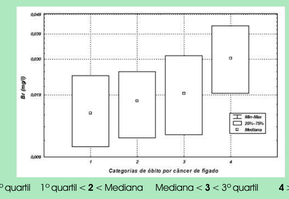
Na região norte do Paraná, que abrange cerca de 30% do estado, há uma estreita relação espacial entre:
- safras sucessivas da café e algodão (restritas a essa região);
- uso continuado, e em safras sucessivas, de pesticidas clorados e bromados;
- prevalência e taxas elevadas de óbito por neoplasias hepáticas (câncer de fígado) (Marzochi et al, 1976);
- elevação do teor de fundo em Cl- e Br- nas águas superficiais, devida à degradação do passivo ambiental de pesticidas (Licht, 2001).

Os dez municípios do Paraná com as mais altas taxas de mortalidade por câncer de fígado, estão incluídos na grande anomalia de Cl^{-} e Br^{-}



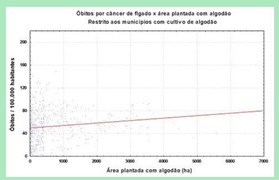
1 < 1º quartil 1º quartil < **2** < Mediana Mediana < **3** < 3º quartil **4** > 3º quartil

Taxas de óbito por neoplasias hepáticas (período 1980-1997) contra Cl^{-} (mg/L) nas águas de 696 bacias hidrográficas



1 < 1º quartil 1º quartil < **2** < Mediana Mediana < **3** < 3º quartil **4** > 3º quartil

Taxas de óbito por neoplasias hepáticas (período 1980-1997) contra Br^{-} (mg/L) nas águas de 696 bacias hidrográficas



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

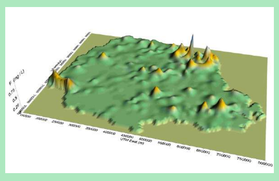
A partir desses fatos, Cl^{-} e Br^{-} nas águas de superfície foram considerados como indicadores geoquímicos para a prevalência das neoplasias hepáticas, de característica endêmica.

A bio-disponibilidade dos elementos

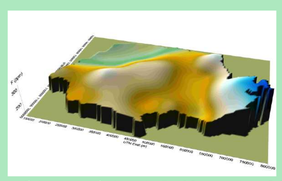
As notáveis diferenças na distribuição geográfica dos teores de alguns elementos determinados em amostras de água e de sedimentos de fundo, bem ilustram o conceito da bio-disponibilidade.

Fica evidente a dificuldade da aplicação direta dos teores obtidos por extrações fortes, para estabelecer relações entre a geoquímica e moléstias endêmicas e na identificação de indicadores geoquímicos de risco à saúde.

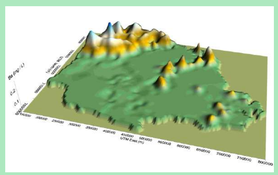
Assim, os elementos devem ser determinados na forma iônica em amostras de água ou com aplicação de extrações parciais em amostras de sedimento ativo de drenagem ou de solo.



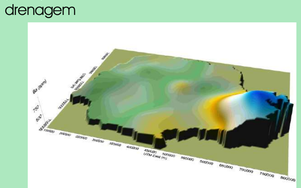
Superfície geoquímica do F^{-} - 696 amostras de águas de bacias hidrográficas



Superfície geoquímica do F - 39 amostras GGRN (compostas de 698 amostras de sedimentos ativos de drenagem

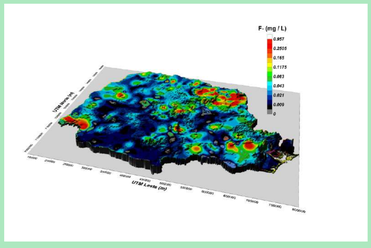


Superfície geoquímica do Ba^{2+} - 696 amostras de águas de bacias hidrográficas



Superfície geoquímica do Ba - 39 amostras GGRN (compostas de 698 amostras de sedimentos ativos de drenagem)

Fluoretos e fluorose dentária



Mapa geoquímico do F^{-} (mg/L) nas águas de 696 bacias hidrográficas. A área flúor-anômala localizada no norte do estado é a origem da elevada incidência de fluorose dentária em crianças em idade escolar.

A área fluor-anômala com cerca de 10.000 km^2, localizada na região conhecida como Norte Pioneiro do Paraná, abrange 47 municípios e uma população de quase 700.000 habitantes.

A água das bacias hidrográficas contém teores de até 0,9 mg/L F^{-}, fato identificado pelo Levantamento Geoquímico Multielementar de Baixa Densidade.

A anomalia tem origem geológica, e coincide com anomalias circulares de magnetismo residual.

É comum que a água de poços tubulares profundos, também apresente teores de até 2,2 mg/L F^{-}, cuja ingestão continuada provoca sérios problemas sanitários - fluorose dentária - de características endêmicas.



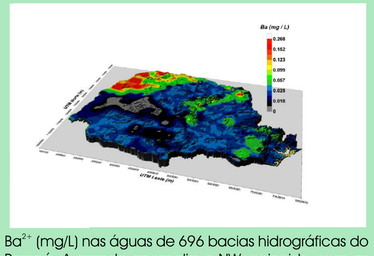
Os dentes da arcada superior estão corroídos pela ingestão continuada de água com doses elevadas de fluoretos. Criança em idade escolar, moradora da vila de São Joaquim do Pontal, município de Itambaracá, Estado do Paraná (Foto L. Cardoso).

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

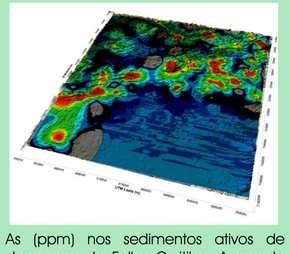
N = 135 pacientes (Morita *et al*, 1998)				
Normal	Duvidosa	Muito suave	Suave	Moderada
52	5	31	38	9
38.52%	3,7%	22,96%	28,15%	6,67%

N = 1129 pacientes (Cardoso *et al*, 2001)					
Normal	Duvidosa	Muito suave	Suave	Moderada	Severa
410	30	478	165	41	5
36.3%	2.7%	42.3%	14.6%	3.6%	0.4%

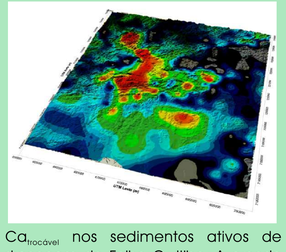
Outros possíveis indicadores geoquímicos a serem investigados



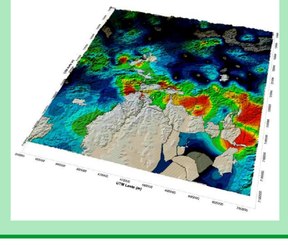
Ba^{2+} (mg/L) nas águas de 696 bacias hidrográficas do Paraná. A grande anomalia a NW, coincide com as rochas sedimentares clasto-químicas dos Grupos Bauru e Caiuá. Nessa região, o fornecimento de água para consumo humano é feito principalmente por poços tubulares, alguns deles com teores de até 1,3 mg/L Ba^{2+} (VMP = 0,7 mg/L Ba^{2+} - Portaria 518- MS).



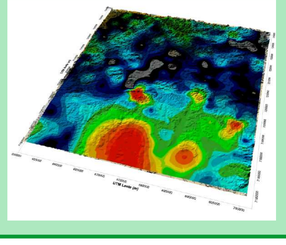
As (ppm) nos sedimentos ativos de drenagem da Folha Curitiba. A grande anomalia positiva com orientação SW-NE, coincide com a Zona de Falha da Lancinha e flancos do antiforme Setuva. Os teores nas águas de poços tubulares profundos no aqüífero *karst*, estão abaixo dos VMP de 0,01 mg/L As.



$Ca_{trocável}$ nos sedimentos ativos de drenagem da Folha Curitiba. A grande anomalia na porção noroeste coincide com a região de lavra e beneficiamento de calcário para produção de cal e cimento.



$La_{trocável}$ (ppm) nos sedimentos ativos de drenagem na Folha Curitiba, relacionada com a ocorrência de carbonatos de Nd e La(Nd-lantanita).A mancha acinzentada representa a região densamente urbanizada.



$Pb_{trocável}$ (ppm) nos sedimentos ativos de drenagem da Folha Curitiba. A anomalia situada na porção centro sul, coincide com a área densamente urbanizada, e resulta da atividade antrópica, especialmente o passivo produzido pela queima de combustíveis com chumbo tetra-etila.